

Évaluation du crédit d'impôt recherche

Avis de la CNEPI 2021



ÉVALUATION DU CRÉDIT D'IMPÔT RECHERCHE

Avis de la Commission nationale
d'évaluation des politiques d'innovation

Président
Gilles de Margerie

Rapporteurs
Mohamed Harfi
Rémi Lallement





AVANT-PROPOS

La commission nationale d'évaluation des politiques d'innovation (CNEPI) achève, avec le présent avis, un long cycle d'études consacrées à l'évaluation du crédit d'impôt recherche (CIR). Cette évaluation pose des problèmes de méthode. Toute entreprise engageant des dépenses de recherche et développement (R & D) éligibles peut demander à bénéficier du CIR. Il est de ce fait difficile de construire un « contrefactuel » permettant de démontrer un lien causal entre l'évolution des dépenses de R & D des entreprises et le recours au CIR. Les équipes de recherche mobilisées pour le précédent avis de la CNEPI paru en 2019 se sont efforcées de contourner cette difficulté. Avec un certain nombre de limites, elles ont établi que la réforme de ce dispositif en 2008 avait conduit les entreprises à un niveau de dépenses de R & D supérieur à ce qu'il aurait été sans cette réforme, et d'un montant à peu près équivalent à la dépense fiscale additionnelle résultant de la réforme. Sous cet angle, il était possible de dire que la réforme du CIR avait atteint l'objectif d'accroissement des dépenses de R & D qu'elle portait.

Mais ces premières études ne permettaient guère de conclure si ce surcroît de dépenses conduisait à améliorer la performance économique en France pour les entreprises concernées, ni s'il en allait de même pour les entreprises n'ayant bénéficié du CIR qu'après la réforme de 2008, ni enfin si ce crédit d'impôt avait conduit à faire de la France un pays attractif pour les implantations de centres de R & D. Ce second avis présente de nouvelles études, qui apportent des éléments de réponse à ces questions.

Les principales conclusions de ces études sont les suivantes :

- La réforme du CIR a eu des effets positifs et statistiquement significatifs sur les activités de R & D et le chiffre d'affaires mais pas sur la valeur ajoutée et l'investissement, à l'exception de l'investissement incorporel (acquisition de logiciels, de brevets, etc.). Plus précisément, pour les entreprises déjà bénéficiaires du CIR avant 2008, les effets identifiés sont positifs sur les PME, mais non significatifs sur les grandes entreprises. Ces résultats ont été établis avec des méthodes économétriques axées sur la recherche d'un éventuel lien causal, comme les résultats rappelés ci-dessus pour le montant additionnel de dépenses de R & D ;

- Les entreprises entrées dans le dispositif après 2008 ont de bons chiffres sur leur activité, mais sans qu'on puisse établir de lien de cause à effet avec le CIR, s'agissant généralement d'entreprises jeunes ayant une bonne dynamique de croissance ;
- Enfin, une étude fondée sur des données diverses et ne relevant pas toutes de sources statistiques publiques montre que le CIR n'a guère contrecarré la détérioration de l'attractivité du site France pour la localisation de la R & D des entreprises multinationales, ce dont témoignent aussi indirectement des entretiens menés avec des responsables d'entreprises ;
- Les entreprises multinationales françaises ont, quant à elles, accru la part de la France dans leurs dépenses de R & D, mais dans une période où leur part dans les dépenses mondiales engagées par les groupes les plus actifs en R & D s'est effritée, et ce plus que ce n'a été le cas pour les multinationales des États-Unis ou d'Allemagne.

Gilles de Margerie

Président de la CNEPI
Commissaire général de France Stratégie



TABLE DES MATIÈRES

Synthèse	9
CHAPITRE 1 – PRÉSENTATION DU DISPOSITIF ET DE SON ÉVOLUTION	17
1. Depuis sa mise en place en 1983, le CIR a connu une évolution continue de ses modalités.....	17
2. Plus de 6 milliards de coût budgétaire et les trois cinquièmes des soutiens publics à l'innovation.....	18
3. Le CIR en France est le plus généreux des dispositifs fiscaux d'aides à la R & D des pays de l'OCDE.....	20
4. La distribution du CIR selon le secteur d'activité.....	22
5. La répartition du CIR selon la taille des entreprises reflète-t-elle leurs poids dans les dépenses de R & D déclarées ?.....	24
6. Les grandes entreprises concentrent toujours l'essentiel de la créance totale.....	27
6.1. Deux tiers de la créance bénéficient aux entreprises qui recouraient déjà au CIR avant 2008.....	27
6.2. Cinquante grandes entreprises concentrent près de la moitié de la créance totale.....	28
CHAPITRE 2 – LE CIR ET LES PERFORMANCES DES ENTREPRISES EN FRANCE	31
1. Forte baisse induite du taux implicite d'imposition sur les sociétés.....	32
2. Effets du CIR sur les entreprises entrées dans le dispositif depuis 2008.....	34
2.1. Doublement du nombre de bénéficiaires depuis 2008, avec des entreprises nouvelles plus petites et plus jeunes.....	34
2.2. Des effets positifs du CIR sur la R & D et l'innovation et sur les performances économiques (chiffre d'affaires, investissement et exportations), mais un impact causal non confirmé.....	36
3. Analyse d'impact du CIR sur les performances des entreprises entrées dans le dispositif avant 2008.....	37
3.1. Des effets positifs, mais modérés sur les activités de R & D et d'innovation.....	39
3.2. Le CIR n'a pas eu d'impact significatif sur la valeur ajoutée et sur l'investissement, à l'exception de l'investissement incorporel.....	40
3.3. Un impact important sur le chiffre d'affaires, mais à relativiser.....	40

3.4. Des effets positifs sur les PME, mais pas d'effet significatif sur les ETI et les grandes entreprises	41
4. Quels sont les effets du CIR au niveau macroéconomique ?	42
4.1. Évolution des aides fiscales et de l'effort de R & D des entreprises entre 2007 et 2019.....	42
4.2. Les impacts du CIR simulés <i>via</i> un modèle macroéconométrique.....	47

CHAPITRE 3 – LE CIR ET LA LOCALISATION DE LA R & D

DES MULTINATIONALES	55
1. Évolution comparée au niveau mondial de la R & D des groupes français.....	56
1.1. Dans le classement mondial des grands groupes investisseurs en R & D, le nombre de groupes français est assez stable entre 2005 et 2016, mais le poids de leurs R & D baisse d'un tiers	57
1.2. Une forte concentration de la R & D des groupes français et peu de renouvellement au sein des groupes leaders du classement	60
1.3. Une intensité de la R & D des groupes français et européens, plus faible que celles des concurrents américains et asiatiques.....	63
2. La R & D des entreprises étrangères en France s'est accrue mais faiblement au regard de l'importance des investissements des groupes étrangers au niveau mondial.....	64
2.1. Une croissance de la R & D des entreprises étrangères en France plus faible que celles des entreprises françaises.....	65
2.2. Le renforcement du CIR n'a pas empêché la perte d'attractivité de la France en termes de localisation de la R & D des groupes étrangers	68
3. La globalisation de la R & D des groupes français se traduit par un déficit croissant de la balance des services de R & D, malgré la présence du CIR.....	70
3.1. Les dépenses externes de R & D des entreprises de France vers l'étranger augmentent fortement	71
3.2. Avec des financements reçus qui croissent moins que les financements versés, le déficit de la balance extérieure des services en R & D s'est creusé.....	74
4. La localisation des activités de R & D de 81 groupes français à l'étranger : un faisceau d'indicateurs complémentaires	75
4.1. Les enseignements fournis par l'analyse des dépôts de brevets.....	76
4.2. Une propension plus ou moins forte à produire des publications scientifiques, sans lien évident avec les investissements en R & D	77
4.3. L'apport des données sur les investissements directs de R & D à l'étranger.....	78
4.4. Les centres de R & D à l'étranger au vu des rapports d'activités	78
4.5. Bilan d'ensemble	79
5. L'approche qualitative suggère que l'aide à la R & D n'est pas le facteur décisif pour la localisation des activités de R & D des firmes multinationales	83
5.1. Élément central : l'existence préalable d'un écosystème local dynamique	83
5.2. Garanties institutionnelles : les aides à la R & D et le respect de la propriété intellectuelle....	84
5.3. Deux facteurs de contingence : le niveau technologique et l'histoire des entreprises.....	86
Conclusion	89

ANNEXES

Annexe 1 – Mandat de la commission	95
Annexe 2 – Composition de la commission	99
Annexe 3 – Évolution des dispositions du crédit d’impôt recherche, 1983-2021	101
Annexe 4 – Compléments au chapitre 2	115
Annexe 5 – Compléments au chapitre 3	121
Annexe 6 – Remerciements	129
Annexe 7 – Sigles et abréviations	133



SYNTHÈSE

Avec un coût budgétaire de plus de 6 milliards d'euros par an, le crédit d'impôt recherche (CIR) représente à lui seul les trois cinquièmes de l'ensemble des soutiens publics à l'innovation en France

Le CIR, depuis sa mise en place en 1983, a connu de nombreuses modifications

Le crédit d'impôt recherche représente une dépense fiscale annuelle supérieure à 6 milliards d'euros. Mis en place depuis 1983, ce dispositif a connu de nombreuses évolutions qui ont concerné l'assiette des dépenses prises en compte et son mode de calcul (incrémental à sa création, en volume une courte période entre 1989 et 1991, puis une part en volume et une autre en accroissement depuis 2004, et enfin exclusivement en volume depuis 2008). Aujourd'hui, et depuis sa réforme de 2008, il correspond à une aide proportionnelle au volume des dépenses éligibles (et non plus à leur croissance), auxquelles s'appliquent un taux de 30 % dès le premier euro. Le montant de la dépense éligible n'est pas plafonné, et le taux est peu dégressif (seuls les montants de dépenses éligibles au-delà de 100 millions d'euros se voient appliquer un taux réduit de 5 %). En outre, les plafonds de dépenses éligibles se calculent société par société et peuvent être cumulés dans un groupe de sociétés. En pratique, les groupes d'entreprises peuvent limiter l'application du taux réduit en répartissant leurs dépenses de R & D dans plusieurs filiales.

En 2018, on dénombre cinq fois plus d'entreprises bénéficiaires qu'en 2003

En 2018, dernière année pour laquelle on dispose de données estimées¹, 26 358 entreprises ont déclaré des dépenses au titre du CIR, soit près de 2,7 fois leur nombre de 2007 (9 886 déclarants, un an avant la réforme de 2008) et plus de cinq fois leur nombre de 2003 (5 833). Ce dispositif a généré une créance fiscale de 6,8 milliards d'euros en 2018, soit 3,8 fois plus qu'avant la réforme (1,8 milliard en 2007). On note toutefois depuis 2010 une moindre croissance de l'usage de ce dispositif en termes de créance fiscale

¹ Les entreprises disposent de trois ans pour déposer des déclarations rétroactives. En conséquence, les données du CIR de l'année n ne sont définitives qu'en l'année $n+3$.

(200 millions supplémentaires par an) et une stabilisation du nombre d'entreprises depuis 2014.

Le CIR est le dispositif le plus généreux des aides fiscales des pays de l'OCDE

Alors qu'en l'an 2000, seuls 19 pays de l'OCDE s'étaient dotés de dispositifs fiscaux en faveur de la R & D, ceci a été le cas en 2019 pour 30 des 36 pays de l'OCDE, ainsi que pour d'autres acteurs majeurs de l'économie mondiale tels que la Chine¹. Quant à l'Allemagne, elle a mis en place un tel dispositif depuis janvier 2020. En tout cas, la France est actuellement considérée comme le pays où le poids relatif de l'ensemble des aides à la R & D privée par rapport au PIB est le plus élevé, devant la Fédération de Russie et le Royaume-Uni². Pour les seules aides fiscales, la France (avec un ratio de 0,29 % du PIB) se situe également au tout premier rang, devant le Royaume-Uni (0,25 %), l'Autriche, l'Italie et la Belgique (environ 0,18 % dans les trois cas), le Portugal (0,17 %), l'Australie et les Pays-Bas (0,14 % dans les deux cas), ainsi que la Corée (0,13 %).

Une évaluation du CIR en deux phases

La commission nationale d'évaluation des politiques d'innovation (CNEPI) arrive au terme de ses travaux d'évaluation du CIR sur la base de méthodes microéconométriques, qui ont duré cinq ans. Cette durée assez longue a été nécessaire pour construire un avis éclairé sur les impacts du dispositif :

- d'une part, les moyens mobilisés sont conséquents et justifiaient des études approfondies. La créance additionnelle annuelle par rapport à la période d'avant 2008 est de l'ordre de 4,5 milliards d'euros et en cumul sur les douze dernières années représente un montant de 54 milliards d'euros, soit l'équivalent du total des financements directement mobilisés par l'ensemble des PIA³. Désormais, après la fin des paiements aux entreprises des dernières créances CICE⁴, le CIR sera la première dépense fiscale en France et, avec les trois cinquièmes de l'ensemble des aides publiques à l'innovation, il en est de loin la première composante.
- d'autre part, il a fallu aussi du temps pour disposer des données nécessaires notamment pour pouvoir mener des analyses économétriques avec un recul temporel suffisant. En effet, les données définitives sur les créances du CIR d'une année ne

¹ OECD (2020), *The effects of R & D tax incentives and their role in the innovation policy mix: Findings from the OECD microBeRD project, 2016-19*, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, n° 92, OECD Publishing, Paris.

² Sur l'importance de ces aides et sur leur lien avec le poids de la fiscalité en France, voir notamment les travaux de France Stratégie (2020), *Les Politiques industrielles en France. Évolutions et comparaisons internationales*, rapport, novembre.

³ PIA : Programme d'investissements d'avenir.

⁴ CICE : Crédit d'impôt pour la compétitivité et l'emploi.

sont disponibles que trois ans plus tard, durée pendant laquelle les entreprises ont la possibilité d'imputer effectivement la créance sur leur impôt sur les bénéfices. En conséquence, les travaux de la CNEPI ont été menés en deux phases.

La CNEPI a achevé une première étape d'évaluation du dispositif en 2019. Dans le premier avis publié en mars 2019¹, qui en a rendu compte, ont été présentés les résultats de trois études sur le CIR commandées par la CNEPI à des laboratoires de recherche, ainsi que d'une étude lancée par le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. Les conclusions étaient convergentes : les entreprises qui bénéficiaient déjà du CIR avant la réforme de 2008 ont augmenté leurs dépenses de recherche et développement d'un montant globalement égal au surcroît d'aide dont elles ont bénéficié. Mais de nombreuses questions restaient en suspens, notamment celle de l'analyse des effets de ce dispositif selon la taille des entreprises.

La CNEPI a donc lancé une seconde étape d'évaluation de ce dispositif, achevée en mai 2021, qui vise à répondre aux questions suivantes : quel a été l'impact du CIR sur les entreprises entrées dans le dispositif postérieurement à la réforme de 2008 ? quels sont les impacts du CIR sur les performances économiques des entreprises (valeur ajoutée, création d'emploi, exportations, etc.) ? quel a été l'impact sur l'attractivité du site France comme pays d'implantation d'activités de recherche et développement des entreprises étrangères et françaises ? Des études ont donc été confiées, après un appel à projets de recherche en 2019, à l'Institut des politiques publiques (IPP, de l'École d'économie de Paris, PSE) et à une équipe d'enseignants-chercheurs de Neoma Business School (NEOMA-BS). Ces études intègrent dans leurs analyses les grandes entreprises. Le présent avis en synthétise les conclusions².

Les principales conclusions qui s'en dégagent sont les suivantes.

Des effets positifs mais modérés sur les activités de R & D et d'innovation, et pas d'impact significatif sur la valeur ajoutée et sur l'investissement, à l'exception de l'investissement incorporel

Les estimations de l'étude IPP-PSE portent sur l'évolution des entreprises entrées dans le dispositif de 2004 à 2007. Elles montrent que l'impact sur la R & D est positif mais modéré. En effet, le nombre d'ingénieurs augmente en moyenne de 2 %, avec un surcroît d'heures

¹ Voir CNEPI (2019), *L'impact du crédit d'impôt recherche*, avis de la commission nationale d'évaluation des politiques d'innovation, mars.

² Ces études sont publiées simultanément à cet avis et disponibles sur le site de France Stratégie. Voir Bach L., Bozio A., Guillouzouic A., Malgouyres C., Serrano-Velarde N. (2021), *Les impacts du crédit impôt recherche sur la performance économique des entreprises*, rapport de recherche IPP n° 32, Paris, février. Lhuillery S., Menu S., Tellechea M., Thiéry S. (2021), *La R&D des groupes français et le CIR*, NEOMA Business School, rapport de recherche pour la CNEPI, Reims, Rouen et Paris, mars.

travaillées par les ingénieurs, ainsi qu'une probabilité significativement accrue d'employer un certain nombre d'ingénieurs. L'effet causal de l'augmentation de la créance CIR sur le niveau de l'emploi d'ingénieur dans l'entreprise ne semble pas spécifique aux ingénieurs, car l'ensemble de la masse salariale augmente consécutivement à celle de la créance du CIR.

Cet effet modéré sur les activités de R & D est confirmé par des études récentes de l'OCDE¹ qui a mené des travaux relatifs à sept pays² dotés de dispositifs d'aide fiscale à la R & D. Les résultats montrent d'une part qu'en moyenne un euro additionnel de dépense fiscale entraîne un surcroît de dépenses de R & D d'environ un euro chez les entreprises bénéficiaires, mais avec de fortes disparités entre pays. D'autre part, l'effet est en général plus fort dans le cas des PME et plus faible pour les grandes entreprises. Dans le cas de la France, l'OCDE observe que ce ratio est plus faible que pour les autres pays, où l'aide fiscale est moins généreuse et *de facto* ciblée généralement sur les entreprises de taille modeste. Du reste, l'OCDE précise que ce ratio est malgré tout proche de 1 pour la France quand sont retirées de l'échantillon les grandes entreprises qui biaisent la comparaison.

En ce qui concerne les performances en aval de la R & D, l'étude IPP-PSE n'observe pas d'impact significatif sur la probabilité de déposer un brevet. Elle n'en détecte pas non plus sur la valeur ajoutée des entreprises bénéficiaires. En outre, si l'étude montre que le CIR n'a pas eu d'effet causal sur le taux d'investissement global des entreprises, elle souligne que l'impact est positif et significatif sur les seuls investissements incorporels (par exemple l'acquisition de logiciels ou de brevets).

Des effets positifs sur les PME, mais pas d'effet significatif établi en ce qui concerne les ETI et les grandes entreprises

En termes d'analyse causale, l'étude IPP-PSE s'est concentrée sur les entreprises bénéficiaires du dispositif avant 2008. Elle a ainsi conduit des travaux d'estimation sur la période 2008-2012, en distinguant les entreprises selon leur taille. Les résultats mettent en évidence que l'essentiel des impacts positifs sont identifiés pour les petites et moyennes entreprises (micro et PME). En revanche, pour les relativement plus grandes entreprises (y compris les ETI), l'étude n'identifie pas d'effet positif significatif des créances du CIR dont elles ont bénéficié en matière de R & D, d'innovation et d'investissement. Le CIR a malgré tout pu aider certaines ETI à surmonter des difficultés liées notamment à la crise de 2008-2009. Les auteurs de l'étude en déduisent que « l'accès à un CIR plus généreux après 2008 semble donc surtout avoir desserré les contraintes financières des

¹ Travaux résumés dans la note OCDE (2020), « [Qu'en est-il de l'efficacité des incitations fiscales en faveur de la R-D? Nouveaux éléments issus du projet microBeRD de l'OCDE](#) », *Note sur les politiques STI*, septembre. Cette étude considère comme grandes entreprises celles qui emploient au moins 250 salariés.

² L'Australie, la Belgique, la France, la Norvège, le Portugal, la République tchèque et la Suède.

bénéficiaires dans une période de crise économique, leur permettant ainsi de développer leur activité sans nécessairement privilégier une stratégie d'innovation ».

En ce qui concerne l'impact du CIR sur les entreprises selon leur taille, les travaux de l'OCDE précités¹ corroborent les résultats de l'étude IPP-PSE. En effet, l'OCDE avance « que l'impact des incitations fiscales en faveur de la R-D serait inversement proportionnel à la taille des entreprises. Pour chaque euro d'aide fiscale reçue, les petites entreprises (moins de 50 salariés) investissent plus de 1,4 euro dans la R-D, les moyennes entreprises (50-249 salariés) 1 euro et les grandes entreprises (250 salariés ou plus) seulement 0,4 euro. ».

Le CIR réduit de 5 à 15 points le taux implicite d'imposition sur les sociétés

L'étude IPP-PSE a pu estimer l'avantage que procure le CIR aux entreprises en termes de taux d'imposition sur les sociétés. Elle a calculé le taux implicite d'imposition, défini comme l'impôt sur les sociétés (IS) effectivement payé par les entreprises, rapporté à leur excédent brut d'exploitation (EBE). Les calculs montrent que, globalement, les entreprises qui recourent au crédit d'impôt recherche bénéficient d'une forte réduction de leur taux d'imposition. Cette réduction atteint 8 points l'année du recours au CIR et tend vers 15 points les années suivantes pour les entreprises les moins imposées (IS rapporté à l'EBE autour de 15 %) et passe de même de 5 à 10 points pour les entreprises plus imposées (IS rapporté à l'EBE voisin de 27 %).

Un effet modeste sur l'attractivité du site France pour la localisation de la R & D des entreprises multinationales

L'étude NEOMA-BS a analysé l'évolution de la place des groupes français dans l'internationalisation de la R & D des multinationales, ainsi que le rôle que le crédit d'impôt recherche a pu jouer dans les choix de localisation de ces activités. Cette étude se singularise par le fait qu'elle se fonde à la fois sur des bases de données très diverses et sur les rapports d'activité des groupes, afin d'appréhender l'importance des dépenses de R & D réalisées par les groupes à l'étranger, ainsi que pour en identifier les principales tendances et caractéristiques.

Dans le classement mondial des grands groupes investisseurs en R & D, le poids de la R & D des groupes français a baissé d'un tiers entre 2005 et 2019

Un des faits marquants de l'évolution du nombre de groupes par pays dans le classement mondial des 2 500 entreprises effectuant le plus de dépenses de R & D est la forte croissance du nombre des groupes chinois sur la période 2005-2019. Ces derniers ont vu

¹ OCDE (2020), *op. cit.*

leur nombre multiplié par cinq pour atteindre 243 en 2019, soit le double du nombre d'entreprises françaises dans ce classement. Si la croissance importante du nombre de groupes mondiaux concerne aussi d'autres pays de l'OCDE comme l'Autriche, l'Allemagne ou la Corée, le positionnement de la France en nombre de groupes (6^e) reste relativement stable dans ce classement, avec un nombre de groupes autour de 117 unités depuis 2005, à l'exception de la période 2010-2011.

Sur un total de 861 milliards d'euros de dépenses de R & D en 2019 des groupes classés dans la base des principaux 2 000 investisseurs mondiaux en R & D, près de 12 % sont désormais effectués par des groupes chinois, contre seulement 0,2 % en 2005. L'étude souligne les performances des groupes des États-Unis et de la Suisse, qui ont maintenu des poids en valeur en 2019 équivalents à ceux de 2005, mais qui ont connu des évolutions contrastées durant la période. Le poids relatif de la R & D des groupes français baisse d'un tiers (4,6 % en 2019 contre 6,8 % en 2005¹), même si la R & D des groupes français reste en valeur au cinquième rang mondial. La baisse du poids des groupes français est plus marquée (un tiers de moins), que celle des groupes de l'Allemagne (un quart) et du Japon (un cinquième) et a fortiori que celle des groupes des États-Unis et du Royaume-Uni (un dixième de moins dans les deux cas). En outre, l'étude souligne une forte concentration de la R & D des groupes français et peu de renouvellement au sein des groupes leaders du classement, à la différence de la situation observée pour les groupes de pays tels que les États-Unis.

La R & D des entreprises étrangères en France s'est faiblement accrue, au regard des investissements des groupes étrangers au niveau mondial

Les données de R & D consolidées par groupes permettent de montrer le poids prépondérant et plutôt croissant des groupes français dans les dépenses de R & D des entreprises en France. Selon les données de 2016, leurs efforts en R & D s'élevaient à 23,7 milliards d'euros sur 32,2 milliards du total des dépenses intérieures de R & D des entreprises (DIRDE), soit un peu moins des trois quarts (contre 68 % en 2000). Les groupes étrangers investissent en France 6,3 milliards d'euros, soit une part de 20 % de la DIRDE en France. Le reste, soit environ 7 %, provient des entreprises indépendantes des groupes, y compris les startups.

Les données sur l'évolution de la R & D en France couplées avec celles sur la R & D des groupes étrangers dans le monde font ressortir une certaine perte d'attractivité de la France pour les groupes étrangers. Si les investissements étrangers ont augmenté en France durant la période, la croissance de ces investissements n'est donc ni à la mesure

¹ Sur la période, la baisse de la part de la France dans le PIB mondial est d'un ordre de grandeur équivalent.

des efforts français en R & D en France et encore moins à la mesure de celle des efforts mondiaux des groupes étrangers.

L'approche qualitative suggère que l'aide à la R & D n'est pas le facteur décisif pour la localisation des activités de R & D des firmes multinationales

Enfin, l'étude NEOMA-BS a complété l'analyse de l'évolution de la R & D des groupes par une approche qualitative. L'analyse se fonde sur des entretiens auprès de 18 décideurs de 17 grands groupes français interrogés sur les facteurs de localisation de leurs activités de R & D. Ces informations ont été croisées avec les données quantitatives analysées précédemment. Dans l'ensemble, les décideurs mentionnent cinq principaux déterminants de la localisation de la R & D, qui sont autant de caractéristiques importantes de l'existence et du dynamisme d'un écosystème local et d'excellence (compétences, qualité du personnel, vivier de startups, etc.). À ces facteurs s'ajoutent, d'une part, des critères liés aux garanties institutionnelles (les aides directes et indirectes à la R & D et à l'innovation et le respect de la propriété intellectuelle) et, d'autre part, des facteurs spécifiques à l'histoire de l'entreprise ainsi qu'à l'intensité technologique du secteur dans lequel elle opère. L'analyse montre que le CIR ne semble pas être le critère décisif pour la localisation des activités de R & D.

Enfin, France Stratégie a souhaité compléter ces approches microéconométriques par une étude macroéconomique mesurant l'impact du CIR sur l'économie française ; de premières simulations ont été menées avec le modèle Nemesis par Seureco¹. Compte tenu des spécifications du modèle, elle conclut sans surprise que le surcroît de dépenses d'innovation est favorable à la croissance, avec un impact sur la période 2008-2030 d'autant plus important que le levier de dépenses de R & D additionnelles par euro de crédit d'impôt, retenu comme hypothèse, est élevé (levier de l'ordre de 1, plus ou moins 20 %). Ces travaux de simulation macroéconomique pourraient être prolongés et affinés notamment pour prendre en compte les impacts de politiques de soutien aux entreprises autres que le CIR, comme la baisse des charges sociales ou celle des impôts de production, et pour différencier les effets sur la croissance en tenant compte de la décroissance marquée du levier de dépenses d'innovation qu'engendre le CIR selon la taille de l'entreprise.

Depuis sa mise en place, le CIR s'est vu assigner des objectifs explicites ou implicites, dont les trois principaux sont : inciter les entreprises à s'engager dans des activités de R & D ou à en faire davantage, accroître les performances économiques des entreprises,

¹ Le Mouël P. et Zagamé P. (2020), *Évaluation économique du renforcement du CIR. Exercice de simulation avec le modèle NEMESIS*, rapport final, Seureco/ERASME, novembre.

faire de la France un site attractif pour la localisation des activités de R & D des entreprises multinationales étrangères ou françaises.

Au regard de ces trois objectifs, la CNEPI considère que :

- Le CIR est un dispositif qui stimule les activités de R & D des entreprises, mais ses effets sont perceptibles surtout sur les PME. En ce qui concerne les entreprises entrées dans le dispositif avant 2008, les travaux sur la période 2008-2012 n'identifient pas d'impact significatif du CIR pour les grandes entreprises et les ETI. Seules les microentreprises et les PME montrent un surcroît significatif d'investissement en R & D et de performance économique (notamment pour le chiffre d'affaires et l'investissement incorporel), sous l'effet des créances du CIR additionnelles dont elles ont bénéficié depuis 2008.
- Quant aux entreprises entrées dans le dispositif seulement après 2008, qui sont plus jeunes et plus petites, l'analyse statistique identifie des gains de performance économique (effort d'investissement, chiffre d'affaires et exportations). Toutefois, l'étude IPP-PSE estime que ces gains sont caractéristiques d'entreprises très jeunes et, ne pouvant mener une analyse causale, elle ne peut confirmer que ces gains soient imputables au CIR.
- Concernant les entreprises qui ont bénéficié du CIR avant la réforme de 2008, les impacts positifs sur la R & D ne se transforment de manière significative que sur certains indicateurs de performance économique (chiffre d'affaires, masse salariale et investissement incorporel) mais rien de tel n'apparaît sur d'autres (valeur ajoutée, emploi, exportations).
- Si le CIR a pu contribuer à ce que les entreprises françaises ont proportionnellement augmenté davantage leurs dépenses de R & D en France qu'à l'étranger, leurs niveaux d'effort en R & D est toutefois faible au regard du fort dynamisme des grandes entreprises qui investissent le plus en R & D dans le monde, y compris pour celles originaires de pays ne disposant pas d'une aide fiscale aussi généreuse. En conséquence, avec un effectif assez stable, le poids relatif des multinationales françaises a reculé d'un tiers dans la R & D totale des 2 000 principaux investisseurs mondiaux en R & D. En outre, et contrairement à d'autres pays, il n'y a eu presque pas de renouvellement au sein des groupes leaders français dans ce classement.
- Certes, le CIR a pu contribuer à ce que la R & D des multinationales non françaises localisent des activités de R & D en France. Mais cette augmentation est plus faible que celle observée pour les entreprises françaises et elle est encore plus faible que celle de la R & D de ces mêmes groupes dans le monde. En outre, ces multinationales étrangères ne privilégient pas particulièrement notre pays : la France, comme pays d'accueil, a vu au contraire baisser ou rester à un niveau modeste sa part relative dans leurs dépenses mondiales de R & D.



CHAPITRE 1

PRÉSENTATION DU DISPOSITIF ET DE SON ÉVOLUTION

1. Depuis sa mise en place en 1983, le CIR a connu une évolution continue de ses modalités

Le crédit d'impôt recherche a été établi en France en 1983, avec pour but d'inciter les entreprises à accroître leurs dépenses de recherche et développement (R & D), en réduisant le coût de leurs activités dans ce domaine. Depuis lors, le CIR a connu de profondes évolutions. De 1983 à 2003, il était calculé en fonction de l'effort additionnel des entreprises et ne bénéficiait ainsi qu'aux entreprises qui augmentaient leurs dépenses de R & D (avec des crédits négatifs en cas de réduction). Il est devenu en 2004 un dispositif mixte combinant une part en accroissement et une part en volume, qui a augmenté jusqu'en 2007. Depuis 2008, le dispositif au titre de la R & D est assis uniquement sur le volume des dépenses des entreprises en la matière, avec un taux de crédit d'impôt de 30 % pour les dépenses inférieures à 100 millions d'euros et de 5 % au-delà de ce seuil (calculé par filiales). Le CIR comporte aussi des mesures visant à inciter les entreprises à recourir à des institutions de recherche académique pour effectuer leurs travaux de R & D (taux de 60 %), ainsi qu'à embaucher de jeunes docteurs (voir encadré 1).

Quant au **crédit d'impôt innovation** (CII), qui a été instauré par la loi de finances 2013, il est formellement rattaché au CIR, même si en l'espèce son assiette porte sur des dépenses relatives non pas à la R & D mais à l'innovation : conception de prototypes de nouveaux produits ou installations pilotes pour de nouveaux produits.

Par ailleurs, le CIR s'est vu attribuer des objectifs complémentaires, explicites ou implicites, notamment le recrutement de jeunes docteurs dans les services de R & D des

entreprises et le développement des coopérations public-privé, mais aussi la compétitivité des entreprises et l'attractivité de la France pour leurs activités de R & D¹.

2. Plus de 6 milliards de coût budgétaire et les trois cinquièmes des soutiens publics à l'innovation

Dans le projet de loi de finances pour 2021 (PLF2021) le montant de la dépense fiscale au titre du CIR est estimé à 6,3 milliards d'euros². Avec 14,1 % de la totalité des dépenses fiscales, le CIR est la deuxième dépense fiscale du budget de l'État. Il sera la première dépense fiscale après la fin des créances au titre du crédit d'impôt pour la compétitivité et l'emploi (CICE), estimées dans le PLF2021 à 8 milliards d'euros.

Tableau 1 – Entreprises déclarantes et bénéficiaires du CIR selon le type de dépenses déclarées, 2018

Type de dépenses déclarées	Nombre de déclarants (a)	Nombre de bénéficiaires (a)	Dépenses déclarées (en M€)	% des dépenses	Créance (en M€)	% de créance
Recherche	18 385	15 691	23 252	94,2	6 521	95,7
<i>dont recherche uniquement (b)</i>	<i>14 766</i>	<i>12 152</i>	<i>21 994</i>	<i>89,1</i>	<i>6 143</i>	<i>90,2</i>
Innovation	8 106	7 895	1 267	5,1	254	3,8
<i>dont innovation uniquement (b)</i>	<i>4 559</i>	<i>4 423</i>	<i>719</i>	<i>2,9</i>	<i>145</i>	<i>2,1</i>
Collection	929	893	179	0,7	36	0,5
<i>dont collection uniquement (b)</i>	<i>785</i>	<i>759</i>	<i>149</i>	<i>0,6</i>	<i>30</i>	<i>0,5</i>
Ensemble	26 358 (c)	21 024 (c)	24 698	100	6 812	100

Champ : Recherche : entreprises déclarant des dépenses de recherche (ligne 1 à 30 de la déclaration CIR 2069A au titre des dépenses déclarées au CIR de 2018) ; Collection : entreprises déclarant des dépenses de collection (lignes 32 à 37) ; Innovation : entreprises déclarant des dépenses d'innovation (L70 à 81).

(a) Bénéficiaire : entreprise bénéficiant effectivement du CIR. Il s'agit de l'entreprise déclarante lorsque l'entreprise est indépendante et de la mère du groupe lorsque le groupe est fiscalement intégré. Dans ce dernier cas, les filiales du groupe déclarent le CIR chacune de leur côté et la mère bénéficie du CIR consolidé de l'ensemble du groupe.

(b) « dont recherche/innovation/collection uniquement » : entreprises ne déclarant que des dépenses de recherche/d'innovation/de collection dans leurs déclarations. (c) hors doubles comptes pour le nombre de déclarants et de bénéficiaires : le total est obtenu par la somme des lignes « Recherche », « Innovation uniquement », « Collection uniquement », à laquelle sont ajoutés le nombre d'entreprises ne déclarant que des dépenses d'innovation et de collection et le nombre d'entreprises ne déclarant pas de dépenses.

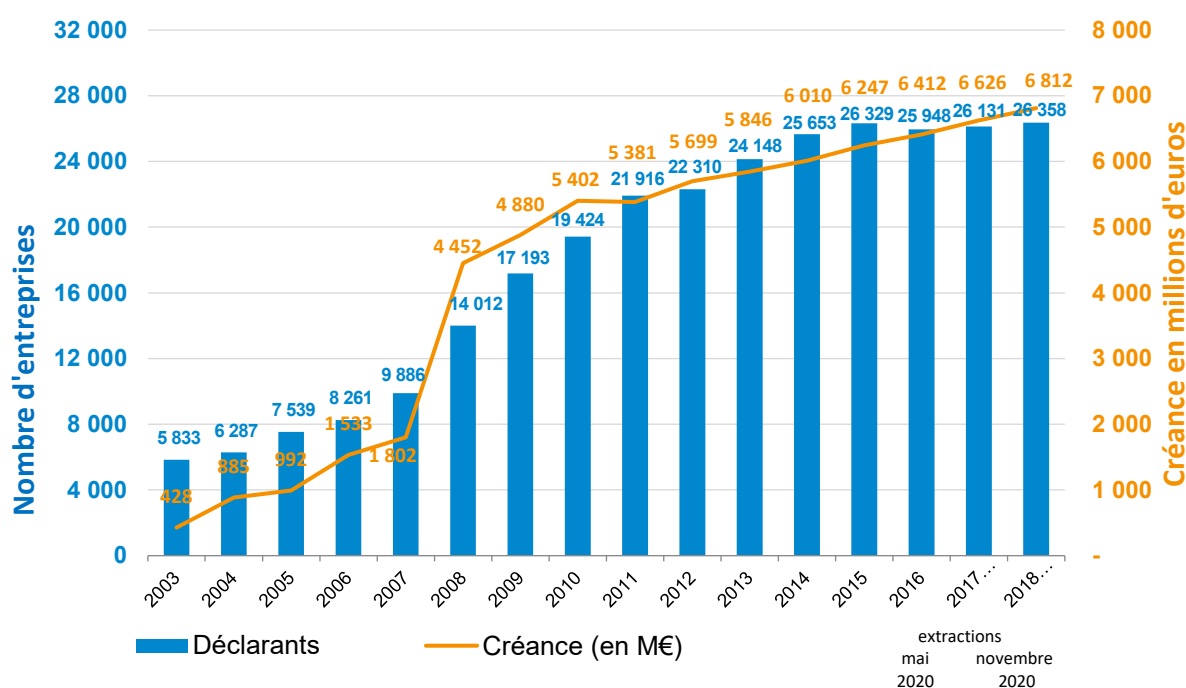
Source : MESRI-DGRI-Sittar, GECIR novembre 2020 (données provisoires)

¹ En 2008, la réforme du CIR a pu être en partie motivée par des considérations de concurrence fiscale, dans le contexte d'une fiscalité des entreprises considérée comme lourde en comparaison internationale. Voir OCDE (2014), *Examens de l'OCDE des politiques d'innovation: France 2014*, Éditions OCDE, décembre, ainsi que l'entrevue de D. et Mairesse J. (2009), « A policy to boost R&D: does the R&D tax credit work? », EIB Papers, vol. 14 n°1, Banque européenne d'investissement.

² Projet de loi de finances pour 2021, évaluations des voies et des moyens, Tome II, les dépenses fiscales.

En France, le CIR est devenu le principal instrument de soutien public à la R & D des entreprises. Selon les estimations de la CNEPI (2016), actualisées en 2020 par France Stratégie¹ le CIR représente à lui seul près de 60 % de l'ensemble des aides publiques à l'innovation. En 2018, dernière année pour laquelle on dispose de données estimées², 26 358 entreprises ont déclaré des dépenses au titre du CIR, soit près de 2,7 fois leur nombre de 2007 (9 886 déclarants, un an avant la réforme de 2008) et plus de cinq fois leur nombre de 2003 (5 833). Ce dispositif a généré une créance fiscale de 6,8 milliards d'euros en 2018, soit 3,8 fois plus qu'avant la réforme (1,8 milliard en 2007). On note toutefois depuis 2010 une moindre croissance³ de l'usage de ce dispositif en termes de créance fiscale (200 millions supplémentaires par an, voir Graphique 1) et une stabilisation du nombre d'entreprises depuis 2014.

Graphique 1 – Évolution du nombre de déclarants et de la créance du CIR, 2003-2018



Source : GECIR juillet 2018 - MESRI-DGRI-SITTAR ; tous volets du dispositif confondus (recherche, innovation et collection)

¹ Chapitre 5 du rapport *Les politiques industrielles en France – Évolutions et comparaisons internationales*, Volume 1, France Stratégie, novembre 2020.

² Les entreprises disposent de trois ans pour déposer des déclarations rétroactives. En conséquence, les données du CIR de l'année n ne sont définitives qu'en l'année $n+3$.

³ Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation (2019), « Le crédit d'impôt recherche (CIR) en 2015 », octobre.

3. Le CIR en France est le plus généreux des dispositifs fiscaux d'aides à la R & D des pays de l'OCDE

Le développement des aides fiscales à la R & D en faveur des entreprises a été l'une des grandes tendances des politiques de R & D et d'innovation dans les pays de l'OCDE depuis une vingtaine d'années. Alors qu'en 2000 seuls 19 pays de l'OCDE s'étaient dotés de dispositifs fiscaux en faveur de la R & D, c'était le cas en 2019 pour 30 des 36 pays de l'OCDE, pour la Russie ainsi que pour d'autres acteurs majeurs de l'économie mondiale tels que la Chine (OCDE, 2020)¹. Quant à l'Allemagne, qui s'en était passée précédemment, elle a mis en place un tel dispositif depuis janvier 2020 (encadré 1).

Encadré 1 – L'aide fiscale à la R & D des entreprises récemment mise en place en Allemagne : principaux traits et motivations

L'Allemagne, qui n'avait pas de dispositif de ce type, a récemment mis en place un dispositif d'incitation fiscale à la R & D des entreprises. Cette aide fiscale est entrée en vigueur début janvier 2020. Pour un bénéficiaire donné, l'assiette des dépenses éligibles est limitée aux dépenses de personnel consacrées à la R & D et à 60 % de la valeur des contrats de R & D sous-traités à des tiers. Le montant de dépenses éligibles a été initialement plafonné à 2 millions d'euros par entreprise. Dans le contexte du plan de relance consécutif à la crise du Covid-19, son plafond a été rehaussé en juin 2020 à 4 millions d'euros. Sachant que le taux de cette aide est fixé uniformément à 25 %, le montant maximal de l'aide allouée a été lui aussi doublé et correspond désormais à 1 million d'euros par entreprise et par exercice comptable. Outre-Rhin, une entreprise donnée² peut bénéficier en parallèle de cette aide fiscale et d'aides directes à la R & D (subventions, prêts bonifiés, etc.) mais pas pour les mêmes dépenses de R & D. Pour elle et concernant l'ensemble de ces deux catégories d'aides publiques, le montant maximum de l'aide allouée est limité à 15 millions d'euros par projet de R & D, sur l'ensemble de la durée du projet. Initialement, début 2020, le coût annuel de la mesure pour les budgets publics a été estimé par le gouvernement fédéral à un total d'environ 1,4 milliard d'euros. Il convient cependant de réviser ce chiffrage à la hausse, notamment depuis le renforcement introduit en juin 2020, qui devrait sans doute augmenter sensiblement la dépense fiscale annuelle au titre de ce dispositif.

La principale motivation avancée par le gouvernement fédéral allemand pour l'introduction de ce dispositif est de contribuer à l'objectif, fixé début 2018 par Berlin en concertation avec les *Länder* et le monde de l'entreprise, consistant à porter l'effort de

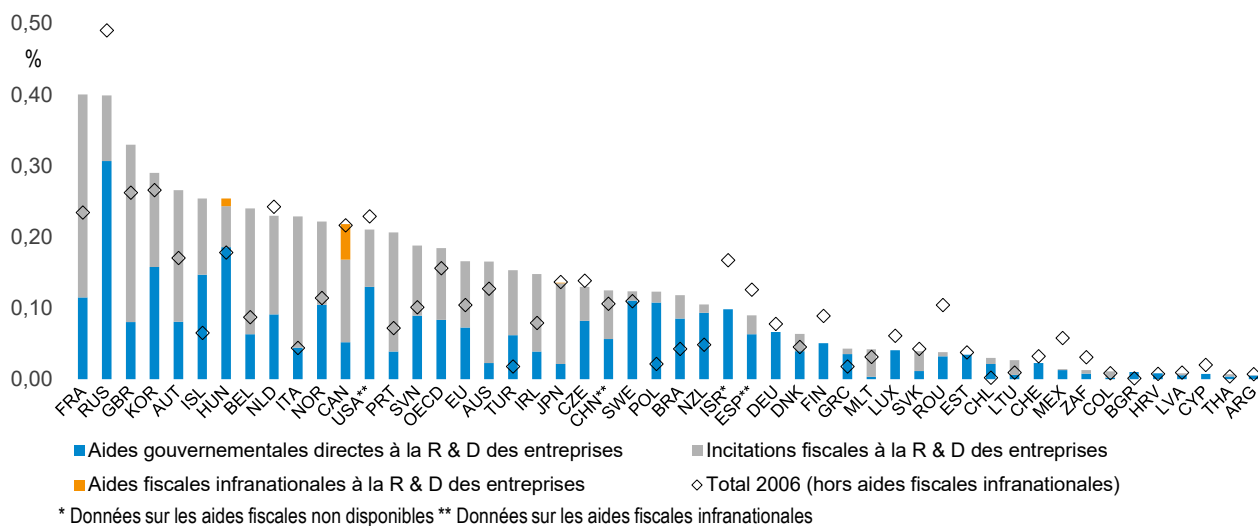
¹ OECD (2020), *The effects of R & D tax incentives and their role in the innovation policy mix: Findings from the OECD microBeRD project, 2016-19*, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, n° 92, OECD Publishing, Paris.

² Lorsqu'une entreprise fait partie d'un groupe, ces indications en termes de plafonnement sont consolidées à l'échelle de l'ensemble de ce groupe. Il n'y a donc pas en Allemagne de possibilité de rester en partie en deçà de ces plafonds en répartissant les dépenses éligibles sur plusieurs filiales.

R & D du pays à au moins 3,5 % du PIB d'ici 2025. Au-delà de cet objectif global et compte tenu du faible niveau du plafond de dépenses éligibles, le dispositif vise *de facto* à y renforcer plus spécifiquement l'effort de R & D des entreprises de relativement faible taille. Ce ciblage répond au constat que, ces dernières années, l'effort de R & D des entreprises en Allemagne a été de plus en plus concentré sur les grandes entreprises, au détriment de son nécessaire renouvellement *via* à les PME et les startups¹. *A contrario*, l'introduction de ce dispositif fiscal en Allemagne ne semble guère avoir répondu à des considérations d'attractivité internationale, c'est-à-dire à une volonté de davantage attirer ou retenir en Allemagne les activités de R & D des grands groupes multinationaux.

En tout cas, la France est actuellement considérée comme le pays où le poids relatif de l'ensemble des aides à la R & D privée par rapport au PIB est le plus élevé, devant la Fédération de Russie et le Royaume-Uni (voir Graphique 2). Pour les seules aides de nature fiscale, la France (avec un ratio de 0,29 % du PIB) se situe également au tout premier rang, devant le Royaume-Uni (0,25 %), l'Autriche, l'Italie et la Belgique (environ 0,18 % dans les trois cas), le Portugal (0,17 %), l'Australie et les Pays-Bas (0,14 % dans les deux cas), ainsi que la Corée (0,13 %).

Graphique 1 – Aides gouvernementales directes et incitations fiscales à la R & D des entreprises en 2018



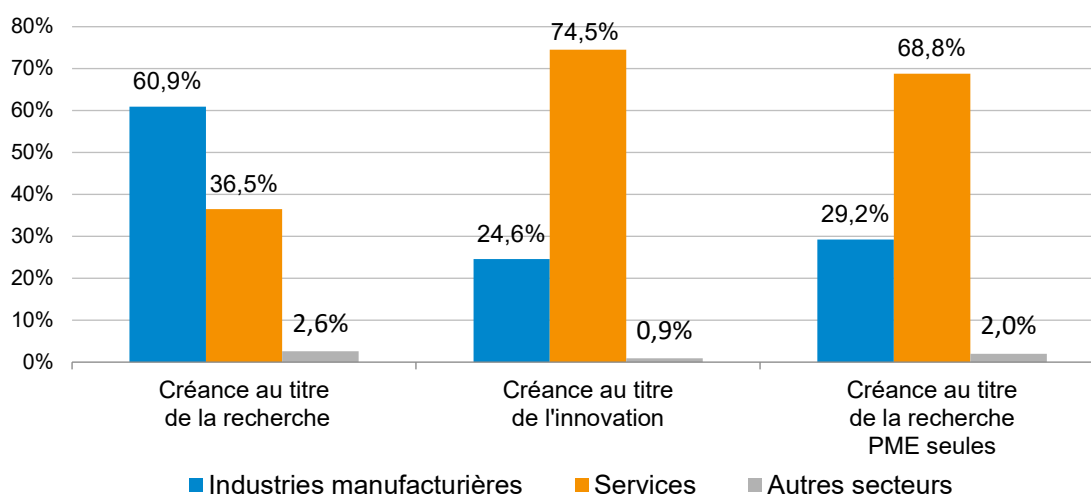
Source : OCDE (*Indicateurs d'incitations fiscales à la R & D*), mars 2021

¹ Voir Rammer C. et Schubert T. (2016), *Concentration on the Few? R & D and Innovation in German Firms 2001 to 2013*, ZEW Discussion Paper No. 16-005, Mannheim. Voir aussi KfW (2017), *KfW-Innovationsbericht Mittelstand 2016 – Innovationen konzentrieren sich auf immer weniger Unternehmen*, KfW-Research, Frankfurt am Main, avril.

4. La distribution du CIR selon le secteur d'activité

Pour construire le Tableau 2 (page suivante), les services statistiques du MESRI opèrent un travail de réaffectation qui permet de faire abstraction du rôle d'écran joué par la catégorie « Holdings et services de R & D », qui pouvait suggérer à tort dans le passé qu'une part importante du CIR était indûment captée par le secteur des banques et de la finance. En effet, certaines entreprises déclarent leur R & D *via* la holding financière du groupe. Ainsi, le Tableau 2 donne la répartition sectorielle des bénéficiaires du CIR au titre de son volet recherche qui correspond très étroitement à celle des dépenses de R & D déclarées au CIR.

Graphique 2 – Distribution des créances de recherche et d'innovation par grand secteur en 2018



Champs : entreprises ayant déclaré des dépenses de R&D au titre de la recherche ou de l'innovation. Le secteur d'activité correspond à l'activité principale (APE) de l'entreprise déclarante.

Source : MESRI-DGRI-Sittar, GECIR novembre 2020 (données provisoires) et Insee, répertoire Sirene

Les données de 2018, dernière année disponible, montrent que 60 % du crédit d'impôt octroyé au titre de la recherche bénéficient aux entreprises du secteur manufacturier (Graphique 3). Avec 14,6 % ce sont d'abord les entreprises de l'industrie électrique et électronique qui constituent la plus grande part de la créance recherche. Elles sont suivies par le secteur des industries pharmaceutiques, parfumerie et entretien qui totalisent 10,8 % et l'industrie automobile (7,5 %). Viennent ensuite, à part assez équivalente de l'ordre de 6 % pour chaque secteur, les entreprises de la construction navale, de l'aéronautique et du ferroviaire, et celles de la chimie, du caoutchouc et des plastiques.

Concernant les entreprises de services, elles représentent 40 % de la créance recherche. Le conseil et l'assistance en informatique est le principal bénéficiaire et représente à lui seul le tiers de cette créance (14,35 %). Il est suivi des secteurs des services d'architecture et d'ingénierie (6,4 %) et du commerce (5,1 %).

Tableau 2 – La répartition du CIR selon le secteur d'activité en 2018 (en pourcentage)

Secteur d'activité (APE) de l'activité de recherche	Part des dépenses recherche (en %)	Part de la créance recherche (en %)	Part de la créance collection (en %)	Part de la créance R&D+THC (en %)	Part de la créance innovation (en %)
Industries manufacturières	63,30	60,93	92,85	61,11	24,58
Industrie électrique et électronique	14,14	14,60	0,70	14,52	6,80
Pharmacie, parfumerie et entretien	12,34	10,83	Nd	10,77	0,44
Industrie automobile	9,02	7,46	Nd	7,42	1,63
Construction navale, aéronautique et ferroviaire	7,42	6,51	Nd	6,47	0,58
Chimie, caoutchouc, plastiques	5,12	5,47	Nd	5,44	1,72
Industrie mécanique	3,81	4,08	0,70	4,06	5,54
Métallurgie et transformation des métaux	2,77	2,96	Nd	2,95	2,42
Hydrocarbures, production d'énergie	2,43	2,35	Nd	2,33	0,16
Industrie agricole et alimentaire	2,24	2,40	Nd	2,39	0,75
Textile, habillement, cuir	0,46	0,49	88,93	0,98	0,95
Autres industries manufacturières	3,54	3,78	1,91	3,77	3,59
Services	34,31	36,50	7,15	36,33	74,49
Conseil et assistance en informatique	13,41	14,35	Nd	14,28	43,43
Services d'architecture et d'ingénierie	6,54	7,01	Nd	6,97	8,46
Recherche et développement	4,57	4,91	Nd	4,88	0,85
Commerce	2,03	2,17	5,11	2,19	6,79
Conseil et assistance aux entreprises	1,75	1,88	Nd	1,87	5,82
Services bancaires et assurances	1,74	1,86	Nd	1,86	0,81
Services de télécommunications	1,69	1,56	Nd	1,55	0,94
Autres services	2,57	2,75	1,27	2,74	7,39
Autres secteurs	2,39	2,57	Nd	2,56	0,93
Agriculture, sylviculture, pêche	1,64	1,77	Nd	1,76	0,09
Bâtiment, travaux publics	0,75	0,80	Nd	0,79	0,84

Champs : dépenses de recherche (lignes 1 à 31b de la déclaration 2069A au titre des dépenses de l'année 2018), de collection (L32 à L38b) et d'innovation (L70 à 82b). Un travail de réaffectation a été effectué pour les secteurs Holdings et Services de R & D : les sociétés mères du secteur Holdings ont été réaffectées au secteur d'activité de leur filiale réalisant le plus de dépenses de recherche ; les sociétés issues des services de R & D ont été réaffectées d'après leur branche de recherche déclarée dans l'enquête R & D.

Source : MESRI-DGRI-Sittar, GECIR novembre 2020 (données provisoires) et Insee, répertoire Sirene

5. La répartition du CIR selon la taille des entreprises reflète-t-elle leurs poids dans les dépenses de R & D déclarées ?

À première lecture, la répartition du CIR par taille des entreprises¹ est globalement proportionnelle au poids de celles-ci en termes de R & D. En effet, parmi les entreprises ayant bénéficié du CIR en 2018 (au titre de la recherche, voir annexe 3 pour le mode de calcul), les entreprises de moins de 250 salariés ont représenté 90 % des bénéficiaires mais seulement 32 % du total des dépenses de recherche déclarées au titre du CIR et 34 % de la créance fiscale du CIR dans son volet recherche (voir Tableau 3). L'évolution sur la période 2009-2018 montre aussi que le poids des PME a augmenté au détriment des grandes entreprises et surtout des entreprises de taille intermédiaire (ETI). Les entreprises de 250 à 4 999 salariés ont ainsi vu leur part relative baisser dans le nombre total de bénéficiaires (de près d'un point), ainsi que dans les dépenses déclarées (près de 6,8 points) et le CIR (- 6 points). À l'inverse, en 2018 les entreprises de moins de 250 salariés ont représenté 90 % des entreprises bénéficiaires, soit 4,1 points de plus qu'en 2009. Pour les PME, cette croissance relative s'est traduite aussi en termes de dépenses déclarées (+ 7,5 points) et de créances fiscales de CIR (+ 4,2 points).

Tableau 3 – Distribution des bénéficiaires, des dépenses déclarées et du CIR au titre des dépenses de recherche, par taille d'entreprise (2009-2018, en pourcentage)

Effectif	2009*			2018		
	Part des bénéficiaires	Dépenses déclarées	Montant du CIR	Part des bénéficiaires	Dépenses déclarées	Montant du CIR
1 à 249	85,9	24,5	29,8	90	32	34
250 à 4 999	9,8	35,9	36,2	9	28	30
5 000 et plus	0,6	37,8	31,7	1	40	36
Non renseigné	3,7	1,8	2,4			
Total	100	100	100	100	100	100

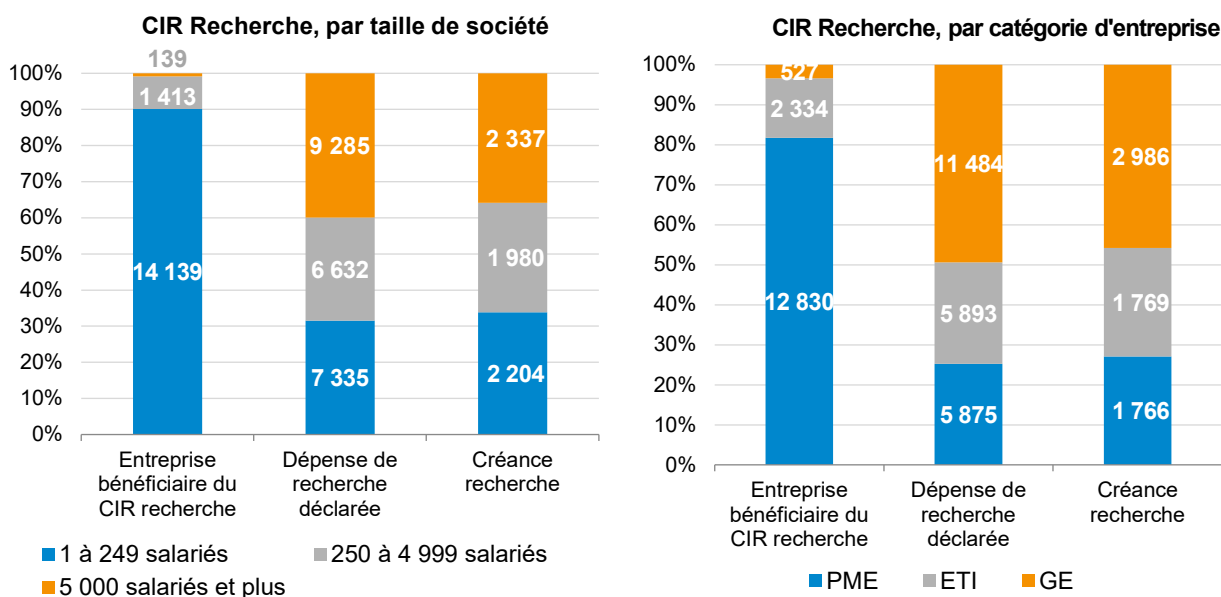
* Les données disponibles en 2009 ne permettent pas de ventiler correctement selon la taille des entreprises. De plus, il s'agit dans ce tableau de la taille d'unités légales et non de celle d'entreprises au sens de la Loi de modernisation économique (LME) de 2008.

Source : base GECIR novembre 2020 pour le CIR2018 (données provisoires), et mai 2011 pour le CIR2009 (MENESR-DGRI-SITTAR-C1)

¹ Le mode de calcul du CIR relatif aux groupes d'entreprises se fonde sur les montants de CIR déclarés par les filiales et consolidés par les sociétés mères. L'étude de la distribution selon la taille des entreprises s'opère donc au niveau de ces ensembles consolidés.

Toutefois, si on considère la répartition par catégories d'entreprise selon la définition de la Loi de modernisation de l'économie (LME, voir Encadré 2 page suivante), la taille de l'entreprise bénéficiaire est celle obtenue en sommant les effectifs salariés de chaque entreprise déclarante du groupe fiscal, les résultats obtenus sont significativement différents (Graphique 4). En 2018, alors que les entreprises de moins de 250 salariés représentaient 33,8 % de la créance du CIR, ces entreprises selon la définition de la LME ne représentaient que 27,1 %. De même pour les entreprises de taille intermédiaire qui, selon la catégorie LME, bénéficient seulement de 27,1 % de la créance alors que sans tenir compte des intégrations fiscales elles représentent un peu plus de 30,4 %. En conséquence, les grandes entreprises voient leur part passer à 45,8 % selon la définition LME alors que sans tenir compte des intégrations fiscales leur part serait de 35,8 %, soit 600 millions d'euros de créance de plus que la répartition selon la seule taille.

Graphique 3 – Comparaison des répartitions par taille et catégorie des entreprises bénéficiaires du CIR 2018 au titre des dépenses de recherche



Note de lecture : seules les dépenses de recherche ou d'innovation et la créance afférente pour 2018 sont représentées ici. En cas d'intégration fiscale, la taille de l'entreprise bénéficiaire est celle obtenue en sommant les effectifs salariés de chaque entreprise déclarante du groupe fiscal.

Champ : France entière, ensemble des entreprises bénéficiaires du CIR au titre des dépenses de recherche.

Source : MESRI-DGRI-C1, Gecir novembre 2020 - données 2018 provisoires et Insee, répertoire Sirene pour la tranche d'effectif et la catégorie. Catégories LME : voir encadré 2

Encadré 2 – De l'analyse par taille d'unité légale à l'analyse par catégorie d'entreprises

La façon d'appréhender sur le plan statistique les différences de tailles entre unités productives est modifiée. En effet, la taille est maintenant mesurée :

- au niveau de l'entreprise définie au sens de la LME (prise en compte de l'organisation d'une partie des entreprises en groupe de sociétés) ;
- sur la base des valeurs consolidées de trois variables comptables distinctes (les effectifs salariés, le chiffre d'affaires et le total de bilan).

Tableau 4 – Les catégories d'entreprises par taille et selon le décret d'application de la loi de modernisation de l'économie (LME) de 2008

Chiffre d'affaires	Total de bilan	Effectif			
		Moins de 10 salariés	De 10 à 249 salariés	De 250 à 4 999 salariés	5 000 salariés ou plus
2 millions d'euros au plus	2 millions d'euros au plus	Microentreprises (MIC)	Petites et moyennes entreprises hors microentreprises (PME hors MIC)	Entreprises de taille intermédiaire (ETI)	Grandes entreprises (GE)
Plus de 2 millions d'euros à 50 millions d'euros inclus	Plus de 2 millions d'euros				
Plus de 50 millions d'euros à 1,5 milliard d'euros inclus	2 millions d'euros au plus	MIC	PME (hors MIC)	ETI	
	Plus de 2 millions d'euros à 43 millions d'euros inclus				
Plus de 1,5 milliard d'euros	Plus de 43 millions d'euros				
	2 millions d'euros au plus	MIC			
	Plus de 2 millions d'euros à 43 millions d'euros inclus				
	Plus de 43 millions d'euros à 2 milliards d'euros inclus				
	Plus de 2 milliards d'euros				

Note : le cumul des zones prunes et oranges correspond à la catégorie PME au sens de la loi de modernisation de l'économie (LME).

Source : « Photographie du tissu productif en 2017 », Insee références, décembre 2019

Par ailleurs, en 2018, le seuil de 100 millions d'euros de dépenses de R & D déclarées n'est atteint que par une faible proportion d'entreprises déclarantes. Seules 28 groupes cumulent des dépenses de recherche de leurs filiales, dont seuls 14 ont au moins une filiale qui déclare plus de 100 millions d'euros de dépenses. Ces 28 groupes totalisent à eux seuls 7,3 milliards d'euros de dépenses de R & D déclarées, soit le tiers du total. Ils ont une créance moyenne de 62 millions d'euros et leur part dans la créance totale du CIR s'élève à 27 %.

Tableau 5 – Bénéficiaires du CIR 2018 en fonction du seuil de 100 millions d’euros de dépenses de recherche

Bénéficiaires ayant un cumul des dépenses recherche de ses filiales	Dépenses recherche déclarées (milliards €)	%	Nombre de bénéficiaires recherche	Créance recherche (milliards €)	%	Créance moyenne (millions €)	Créance / dépenses
jusqu'à 100 M€	15,938	69 %	15 663	4,787	73 %	0,3	30 %
supérieur à 100 M€	7,314	31 %	28*	1,734	27 %	61,9	24 %
Total	23,252	100 %	15 691	6,521	100 %	0,4	28 %

Champ : dépenses de recherche (lignes 1 à 31 de la déclaration 2069A au titre des dépenses de l'année 2017).

* Dont 14 groupes ayant au moins une filiale à plus de 100 millions d'euros de dépenses.

Source : MESRI-DGRI-Sittar, GECIR novembre 2020 (données provisoires)

6. Les grandes entreprises concentrent toujours l'essentiel de la créance totale

L'évolution de la créance du CIR montre une forte concentration des bénéficiaires selon les cohortes. Ainsi les deux tiers de la créance bénéficient aux seules entreprises déjà présentes dans le dispositif avant la réforme de 2008¹ et les 50 premières entreprises qui ont les CIR les plus élevés totalisent à elles seules la moitié de la créance totale.

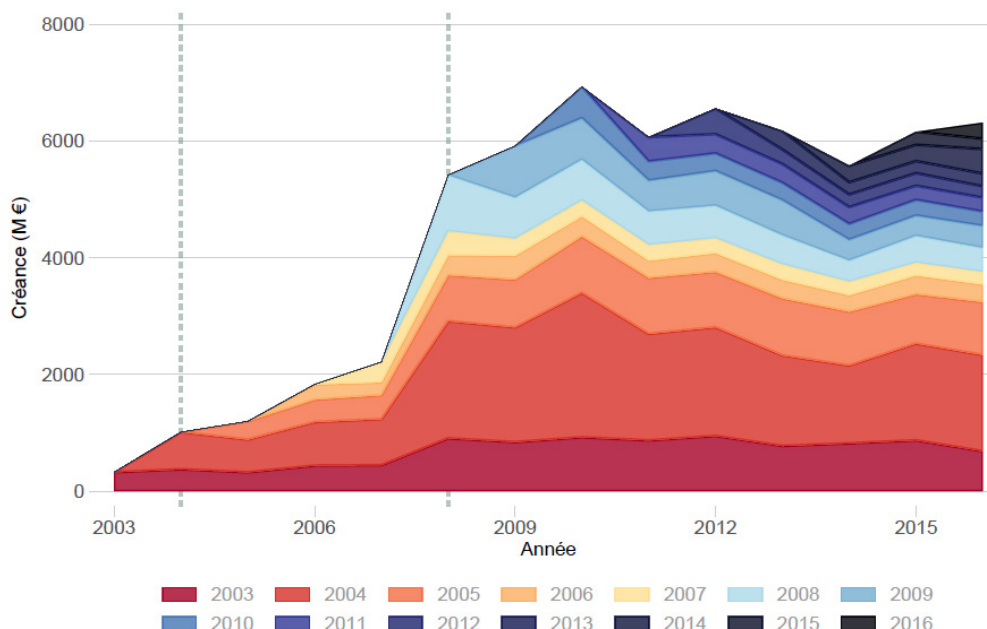
6.1. Deux tiers de la créance bénéficient aux entreprises qui recouraient déjà au CIR avant 2008

Le Graphique 5 montre la forte concentration des créances du CIR. Les entreprises qui recouraient au CIR avant 2004 ont bénéficié dans un premier temps de la prise en compte d'une part des dépenses en volume pour le calcul de leurs créances à partir de 2004. Les données de l'étude montrent aussi qu'il s'agit d'entreprises de grande taille, qui ont bénéficié de manière considérable de la réforme de 2008 avec l'augmentation du taux du CIR à 30 % jusqu'au seuil de 100 millions euros de dépenses de R & D. Par contre, les cohortes composées d'entreprises entrées les années suivant la réforme de 2008 sont constituées d'entreprises ayant des activités de R & D plus modestes. Comme le souligne l'étude Neoma BS, il n'y a pas eu de renouvellement au sein de la liste des

¹ Parmi les entreprises présentes dans le dispositif en 2004, celles dont les salaires se situent entre 50 % et 75 % de la masse salariale pour l'ensemble de la population se situent entre la 91^e et la 99^e centiles de la distribution des masses salariales des entreprises (voir tableau 2-1, page 34 du rapport IPP).

groupes français qui figurent parmi les leaders mondiaux qui investissent le plus en R & D (voir point 1.2 du chapitre 3). En effet, plus de 10 000 entreprises, soit la moitié des entreprises bénéficiaires du CIR, reçoivent seulement un tiers de la créance. Parmi ces entreprises, celles qui sont entrées dans le dispositif sur la période 2010-2016 ont des activités de R & D encore plus modestes et apparaissent plus homogènes (voir rapport de l'étude IPP). L'étude souligne donc la part très forte et persistante en fin de période du poids dans la créance des entreprises qui étaient déjà dans le dispositif avant la réforme de 2004 et de 2008.

Graphique 4 – Montant annuel de la créance de CIR des entreprises selon leur année de premier recours



Source : étude IPP-PSE, 2021

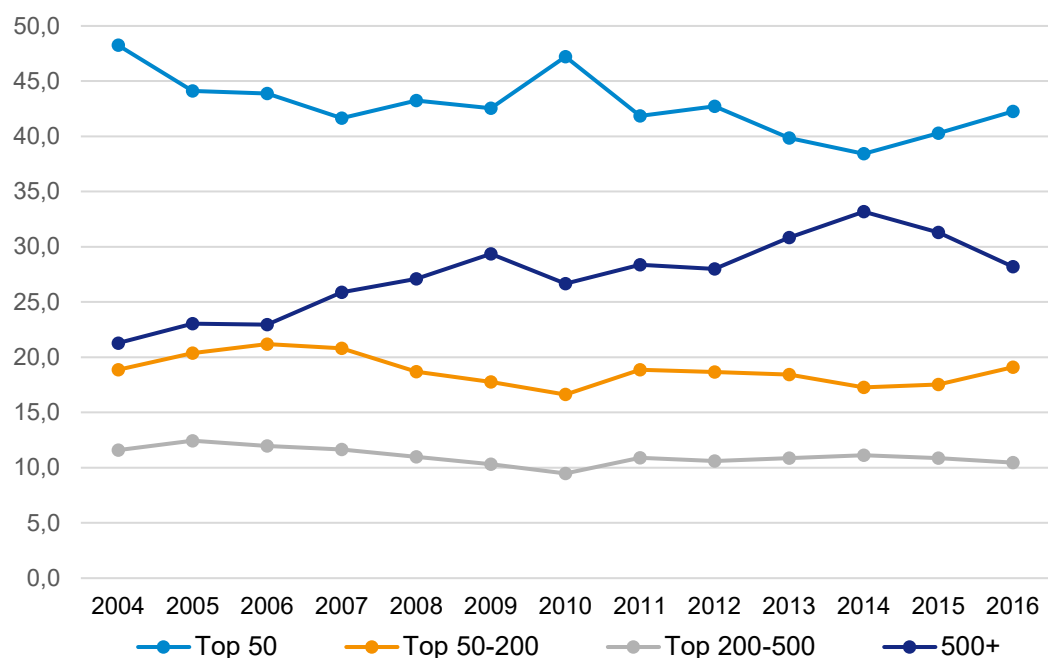
6.2. Cinquante grandes entreprises concentrent près de la moitié de la créance totale

Les entreprises¹ sont réparties selon le montant de leur créance CIR en différentes classes : les 50 premières entreprises ayant les montants de CIR les plus élevés, suivies de la classe de la 51e à la 200e entreprise, puis de la 201e à la 500e et enfin les

¹ « L'une des avancées de ce rapport par rapport à Bozio *et al.* (2019) est de construire le recours au CIR et en analyser les transformations induites au niveau des groupes économiques plutôt qu'au niveau des unités légales, niveau auquel il est observé dans les données (*via* la tête du groupe fiscal bénéficiaire) », voir page 27 du rapport d'étude IPP.

entreprises classées au-delà du top 500 (Graphique 6). Les données 2004-2016 montrent que les 50 entreprises ayant les créances de CIR les plus importantes représentent à elles seules 50 % de la créance totale. Si cette part a légèrement baissé à 45 % au cours des années 2010, il faut rappeler que le CIR a été multiplié par trois durant cette même période. Cette baisse s'est opérée au profit des entreprises bénéficiaires classées à partir du 500^e rang, qui gagnent 8 points de pourcentage et représentent désormais près de 30 % du total. Les entreprises classées de la 50^e à la 200^e places maintiennent leur poids autour de 20 %. Enfin, les entreprises bénéficiaires classées de la 200^e à la 500^e maintiennent également leur poids autour de 10 %.

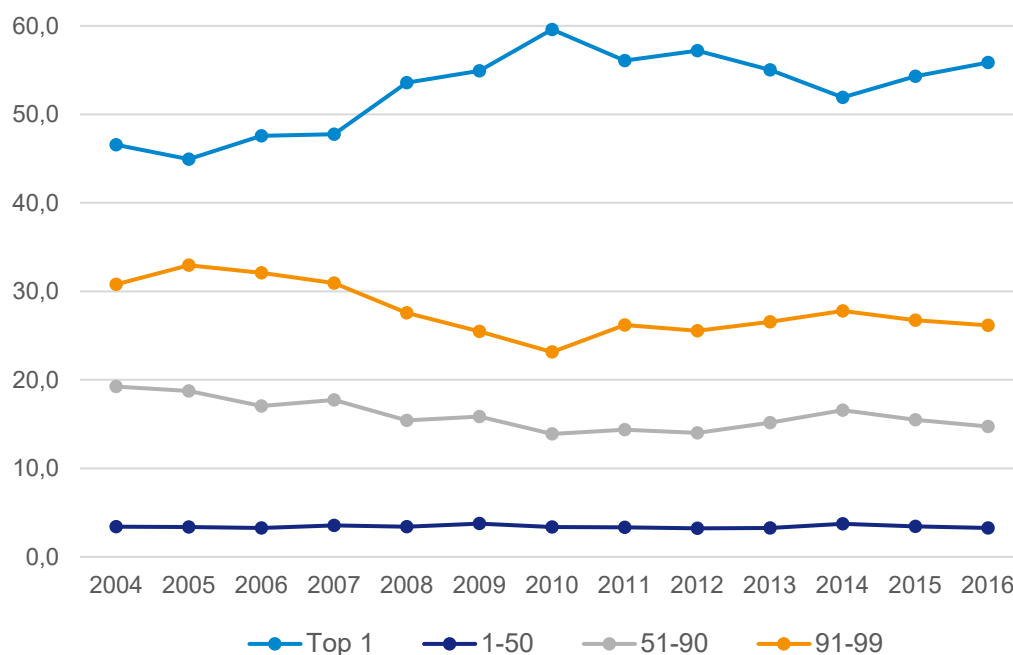
Graphique 5 – Part de la créance associée aux groupes d'entreprises en fonction de leur rang dans le classement selon le montant des créances du CIR



Note : évolution de la part annuelle dans la créance totale de chaque groupe d'entreprises construit selon le rang dans la créance totale (50 premières entreprises qui ont les plus grandes créances de CIR, puis le groupe du top 50 à 200, suivi du groupe du top 200 à 500 et enfin les entreprises classées au-delà de 500.

Source : étude IPP-PSE, 2021

Graphique 6 – Part de la créance associée aux groupes d'entreprises en fonction de leur centile d'appartenance



Note : évolution de la part dans la créance totale de chaque groupe de quantiles (50 % les plus bas, 51 à 90 %, 91 à 99 % et top 1%), où les entreprises sont classées selon leur part dans le total de la créance CIR, et chaque centile représente 1 % des entreprises

Source : étude IPP-PSE, 2021

Cette forte concentration des créances selon le rang des entreprises dans la distribution des créances de CIR, et qui reflète la taille des activités de R & D des entreprises, s'observe aussi quand on compare les créances selon les centiles d'entreprises (Graphique 7). En effet, au-delà du rang absolu la prise en compte des centiles permet de tenir compte aussi de l'augmentation du nombre d'entreprises ayant recours au dispositif au cours de la période. Les données montrent que le top 1 % des entreprises qui ont les créances les plus élevées représente à lui seul 48 % de la créance totale du CIR au début de la période et connaît même une augmentation de 7 points de pourcentage, passant 55 % en fin de période (2016)¹. Cette évolution se traduit par une baisse équivalente des groupes situés entre la médiane et le 99^e centile, tandis que la part des petites créances (en dessous de la médiane) reste stable au cours de la période. Ce constat est corroboré par une analyse plus approfondie qui tient compte du poids des entreprises selon leur taille d'effectif salarié dans la valeur ajoutée.

¹ Les entreprises disposent de trois ans pour déposer des déclarations rétroactives. En conséquence, les données du CIR de l'année n ne sont définitives qu'en l'année n+3.



CHAPITRE 2

LE CIR ET LES PERFORMANCES DES ENTREPRISES EN FRANCE

Le premier avis de la CNEPI sur l'impact du CIR, publié en mars 2019, a marqué l'achèvement de la première étape d'évaluation du dispositif en 2019¹. Il a rendu compte de ces travaux et présenté les résultats de trois premières études qui ont été commandées par la CNEPI à des laboratoires de recherche, ainsi que d'une étude lancée par le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. Si ces travaux ont pu apporter des éléments sur l'impact du CIR sur les activités de R & D, de nombreuses questions sont restées en suspens : quel a été l'impact du CIR sur les entreprises entrées dans le dispositif postérieurement à la réforme de 2008 ? quels sont les impacts du CIR sur les performances économiques des entreprises (valeur ajoutée, création d'emploi, exportations, etc.) ? quel a été l'impact du CIR sur l'attractivité du site France comme pays d'implantation d'activités de recherche et développement des entreprises étrangères et françaises ?

Pour y répondre, la CNEPI a donc lancé une seconde étape d'évaluation, achevée en mai 2021. Dans ce cadre, des études ont été confiées, après un appel à projets de recherche en 2019, à l'Institut des politiques publiques (IPP) de l'École d'économie de Paris (PSE), et à une équipe d'enseignants-chercheurs de Neoma Business School. Ces études apportent aussi des éléments d'analyse sur l'impact du CIR selon la taille des entreprises. Ce chapitre synthétise les conclusions de l'étude IPP-PSE. Le chapitre 3 suivant présente celles de l'étude NEOMA-BS. Par ailleurs, les premières estimations de l'avantage que procure le CIR en point d'impôt sur les sociétés payé par les entreprises bénéficiaires de ce dispositif ont été produites. Enfin, France Stratégie a souhaité compléter ces approches microéconométriques par une étude macroéconomique mesurant l'impact du CIR sur l'économie française. Les premières simulations présentées ici, avec le modèle Nemesis de Seureco, sont des résultats provisoires et devront donc être approfondis et affinés.

¹ CNEPI (2019), *L'impact du crédit d'impôt recherche*, op. cit.

1. Forte baisse induite du taux implicite d'imposition sur les sociétés

Comme tout crédit d'impôt, le CIR se traduit par une réduction des impôts effectivement payés par les entreprises. Toutefois, le CIR étant fonction du niveau d'activité de R & D, il n'est pas possible d'apprécier directement son impact effectif sur le taux d'imposition des sociétés. L'étude IPP-PSE a donc calculé le taux implicite d'imposition, défini comme l'impôt sur les sociétés effectivement payé par les entreprises rapporté à leur excédent brut d'exploitation (EBE). Les calculs descriptifs par cohortes montrent que, globalement, les entreprises qui recourent au CIR bénéficient d'une forte réduction de leur taux d'imposition. Cette réduction atteint 8 points l'année du recours au CIR et tend ensuite vers 15 points les années suivantes pour les entreprises les moins imposées (IS rapporté à l'EBE autour de 15 %) et passe de même de 5 à 10 points pour les entreprises plus imposées (IS rapporté à l'EBE autour de 27 %). La baisse observée du taux effectif d'imposition sur les bénéficiaires un an après le premier recours au CIR est considérablement plus forte pour les entreprises entrées dans le dispositif du CIR après sa réforme de 2008 (Graphique 8, page suivante). Toutefois, si les entreprises qui recouraient au CIR avant les deux réformes de 2004 et 2008 bénéficient donc d'une réduction deux fois moindre que les entreprises des cohortes post réforme, les taux d'imposition convergent pour les deux groupes d'entreprises.

L'étude IPP-PSE a approfondi ce point d'analyse par cohorte par une étude économétrique. Les estimations confirment que la réforme a bien engendré une forte baisse de leur taux d'imposition¹. Pour le groupe d'entreprises composant les cohortes 2008-2016, c'est-à-dire les entreprises ayant eu recours pour la première fois au CIR après la réforme du CIR de 2008, la baisse du taux implicite d'imposition est estimée à 20 points de pourcentage. Le groupe d'entreprises existantes avant 2004 ou des cohortes 2004-2007 bénéficient aussi d'une baisse de même ampleur. Au total, la baisse du taux implicite d'imposition, de l'ordre de 13 points de pourcentage sous l'effet de la réforme de 2008, s'ajoute donc à la réduction de 8 points obtenue au moment du premier recours². Cet effet causal reflète ainsi le triplement³ (hausse de près de 200 %) du taux nominal de la partie en volume du CIR.

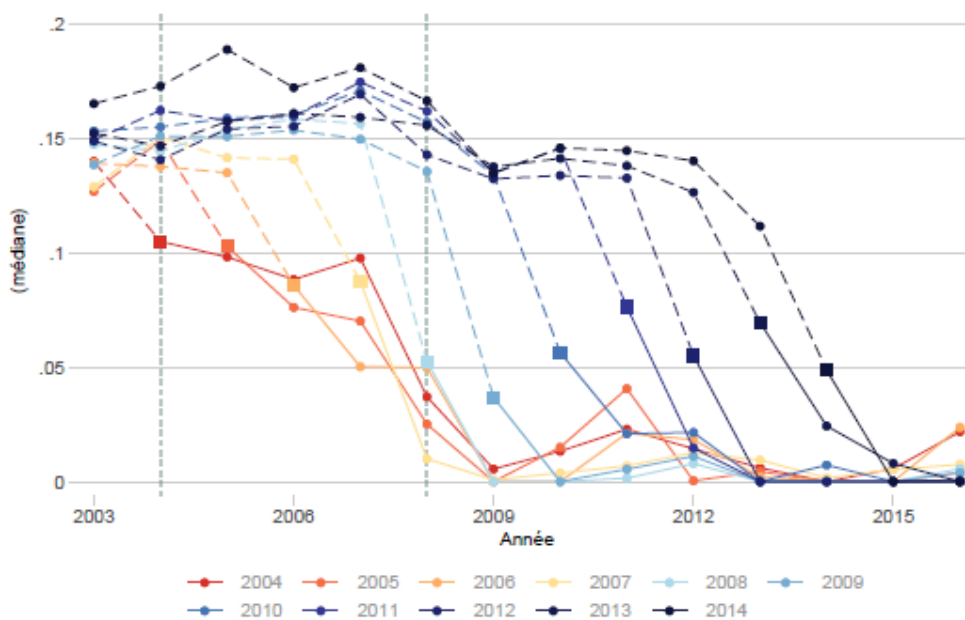
¹ Pour la créance rapportée à l'actif, surcroît de près de 10 points de pourcentage, succédant à un effet légèrement inférieur à 5 points d'actif pendant la période pré-réforme de 2008.

² L'ordre de grandeur de l'effet global correspond ainsi à l'effet supérieur à 20 points obtenu par ailleurs par l'analyse descriptive sur la base des cohortes successives de bénéficiaire du CIR entrés dans le dispositif sur la période 2008-2016.

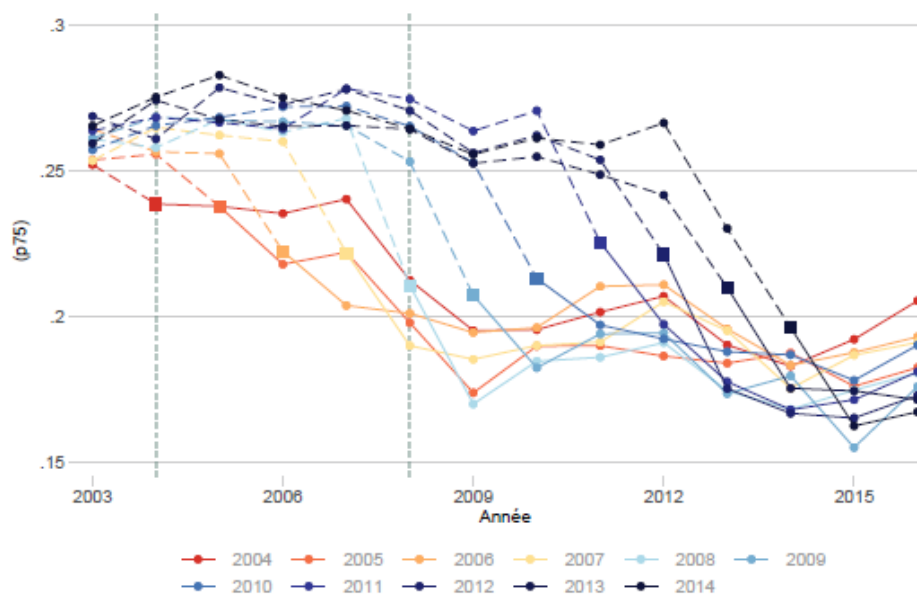
³ La réforme de 2008 a notamment conduit à faire passer le taux d'aide assis sur le volume de dépenses de R & D de 10 % à 30 % (et à 5 % au-dessus du seuil de 100 millions d'euros de dépenses).

**Graphique 8 – Taux effectif d'imposition sur les bénéfices
(Impôt sur les bénéfices/Excédent brut d'exploitation) par cohorte**

a) Pour l'entreprise médiane



b) Pour l'entreprise au 3^e quartile



Note : taux effectif d'imposition (IS rapporté à l'EBE) pour les entreprises ayant recours au CIR chaque année pour l'entreprise médiane (a) et l'entreprise au 3^e quartile (b) dans chaque cohorte.

Source : étude IPP-PSE, 2021

2. Effets du CIR sur les entreprises entrées dans le dispositif depuis 2008

L'analyse porte ici sur les effets du CIR sur les performances des entreprises ayant eu recours pour la première fois au CIR entre 2008 et 2016. C'est ce que les économistes appellent les effets à la marge extensive. L'analyse permet ici de s'intéresser aux entreprises ayant bénéficié du même dispositif réformé en 2008 (crédit d'impôt en volume à hauteur de 30 % de l'assiette des dépenses éligibles de recherche et développement). Avant d'en présenter les principaux résultats, il est utile d'appréhender les caractéristiques de ces entreprises nouvellement entrées dans le dispositif CIR depuis 2008.

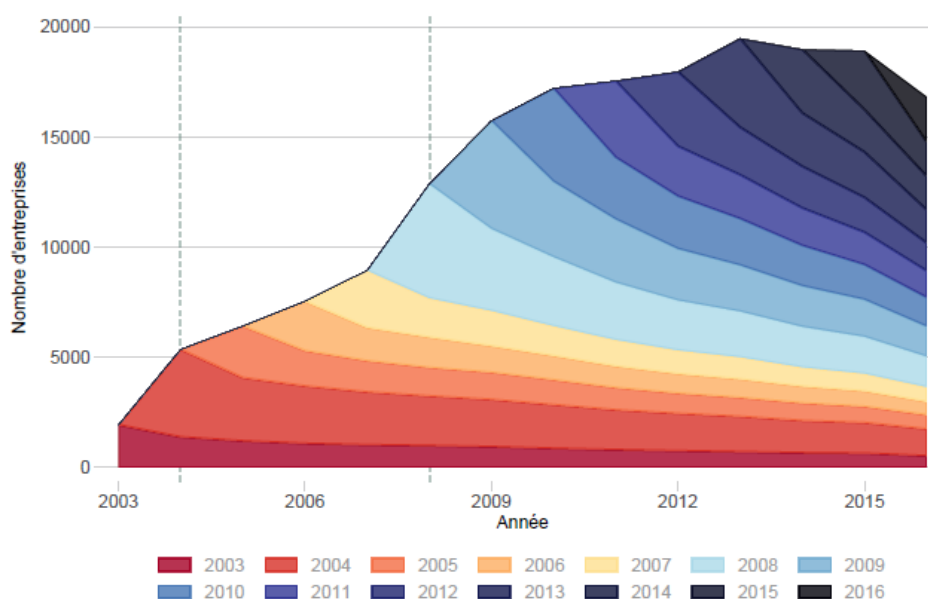
2.1. Doublement du nombre de bénéficiaires depuis 2008, avec des entreprises nouvelles plus petites et plus jeunes

Le doublement du nombre d'entreprises entrées dans le dispositif s'accompagne de taux de sortie du dispositif élevés

Les cohortes 2004 et 2005 se traduisent par un doublement du nombre d'entreprises entrantes dans le dispositif par rapport aux entreprises qui y étaient en 2003. Cette forte variation correspond à la réforme de 2004 introduisant pour la première fois une part en volume¹. Mais c'est la réforme de 2008 qui s'est traduite par la plus forte croissance des entreprises bénéficiaires, avec plus de 10 000 entreprises entrées dans entre 2007 et 2010 (Graphique 9).

Ces entrées se traduisent aussi par des taux de sortie du dispositif très élevés. Ainsi, près d'un quart des entreprises entrées une année donnée sortent au bout d'un an. Ce taux de sortie connaît ensuite un tassement, puis un recul progressif vers un taux de 5 % dans les années suivantes. Dans la plupart des cas, ces niveaux de taux de sortie reflètent sans doute une activité discontinuée de R & D chez les entreprises de taille modeste.

¹ Avant 2004, le calcul de la créance était exclusivement basé sur la variation de dépenses de R & D relativement aux années précédentes. La réforme de 2004 a introduit une partie en volume, c'est-à-dire basée sur le niveau de dépenses R & D.

Graphique 7 – Nombre d’entreprises ayant recours au CIR par année de premier recours

Source : étude IPP-PSE, 2021

La population d’entreprises entrant dans le dispositif CIR depuis 2004 et depuis 2008 se distingue nettement en termes d’âge, de taille et de niveau de productivité

L’âge moyen des entreprises qui entrent dans le dispositif CIR pour la première fois s’est réduit fortement au cours de la période, avec 6,5 ans pour les dernières cohortes, alors même qu’il est resté stable à 10,3 années dans la population totale des entreprises. En conséquence, cet effet global de rajeunissement de la population des entreprises bénéficiaires s’opère naturellement *via* la marge extensive. De même, la baisse sous l’angle de la taille des entreprises est soulignée (à en juger par leur masse salariale).

Les écarts entre ces deux populations portent aussi sur le niveau de productivité. En début de période, les entreprises entrant dans le dispositif qui se situent à la médiane sont au 67^e centile de la distribution de la productivité, mais cette position diminue tout au long de la période pour atteindre le 55^e centile en 2016, soit un niveau de productivité très proche de l’entreprise médiane dans l’économie. La même tendance est observée lorsque l’on compare les entreprises qui entrent dans le dispositif du CIR avec la population d’entreprises du même secteur. En effet, l’entreprise médiane se situe au 58^e centile en 2004 mais seulement au 44^e centile en 2016. Les entreprises qui entrent dans le dispositif depuis la réforme de 2008 sont moins productives que l’entreprise médiane de leur secteur. Le constat reste valide lorsque l’on s’intéresse au 3^e quartile de la distribution plutôt qu’à la médiane.

2.2. Des effets positifs du CIR sur la R & D et l'innovation et sur les performances économiques (chiffre d'affaires, investissement et exportations), mais un impact causal non confirmé

Par rapport à un groupe contrefactuel d'entreprises non bénéficiaires du CIR, une analyse menée *via* une approche par étude d'événements et menée à l'échelle des groupes d'entreprises et dans les secteurs intensifs en CIR montre que, pour les cohortes 2008-2016, un premier recours au CIR est associé à :

- *Une hausse de l'effort de R & D*, tant l'année de leur premier recours au CIR qu'au cours des (quatre) années suivantes. Cet effort est mesuré par la hausse de l'activité de R & D approximée *via* l'emploi d'ingénieurs, à la fois en niveau (mesuré *via* le volume d'heures travaillées par les ingénieurs ou *via* la probabilité d'employer un certain nombre d'ingénieurs) et en part de l'emploi (part des salaires versés à des ingénieurs). L'étude IPP-PSE estime que cette hausse se traduit par une augmentation d'environ 10 % du nombre d'ingénieurs dans l'entreprise et d'environ 6 points de pourcentage la probabilité d'employer au moins trois ingénieurs à partir de l'année de premier recours, et des augmentations respectives de 4,5 et 3 points de pourcentage d'employer au moins 5 et ou 10 ingénieurs. Elle souligne aussi la transformation dans la structure de l'emploi dans les entreprises concernées, avec une augmentation pérenne de la part des ingénieurs dans l'emploi total.
- *Une hausse de la probabilité de déposer un brevet* (auprès de l'INPI ou de l'OEB), dès l'année du premier recours au CIR et avec une hausse qui culmine à environ deux points de pourcentage au cours des deux et trois années qui suivent l'entrée dans le dispositif. Sachant qu'il existe en général un décalage de plusieurs années entre le début d'une activité de R & D et le fait de breveter une invention susceptible d'en découler, cela corrobore l'hypothèse que le recours au CIR est endogène pour une part. En d'autres termes, le recours au CIR ne se produit pas de manière aléatoire mais plutôt à un moment où l'entreprise concernée juge que son activité de R & D le rend possible et nécessaire, y compris dans la mesure où un dépôt de brevet permet de documenter et donc pouvoir justifier cette activité de R & D dans l'éventualité d'un contrôle fiscal.
- *Une hausse de l'effort d'investissement et notamment du taux d'investissement incorporel* mais déjà selon une tendance perceptible au cours des (trois) années précédant le premier recours au CIR (et la hausse est transitoire : elle s'inverse au cours des années qui suivent l'année du premier recours). Ceci, là encore, corrobore l'hypothèse de l'endogénéité du recours au CIR : les dépenses de R & D sont en général engagées plusieurs années avant que l'entreprise concernée ne demande à bénéficier du CIR.

De même, l'association entre recours au CIR et d'autres variables de performance économique montre que :

- La part relative des salaires dans la valeur ajoutée augmente et la productivité totale des facteurs diminue à court terme. Cette baisse de la productivité et la transformation dans l'affectation de la valeur ajoutée (VA) sont cependant transitoires : elles se résorbent assez rapidement, en quelques années.
- Le chiffre d'affaires et les exportations des entreprises bénéficiaires affichent une hausse importante dès l'année du recours et de façon persistante pendant les (quatre) années suivantes. Un phénomène imputé par les auteurs au fait qu'il s'agit en grande partie d'entreprises très jeunes, qui commencent souvent leur activité commerciale au moment où elles se lancent aussi dans le recours au CIR.
- Par ailleurs, l'étude calcule le poids de la créance en pourcentage de l'impôt sur les sociétés. L'entrée dans le dispositif se traduit ainsi par un montant de crédit d'impôt à la fois important et pérenne, correspondant à une baisse de leur taux implicite d'imposition (dans le cas d'un EBE positif) de l'ordre de 20 points de pourcentage, l'année même du premier recours et encore quatre ans après.

Cette analyse ne prétend pas confirmer une relation de cause à effet entre ces résultats positifs du CIR sur la R & D et les autres performances économiques de ces entreprises entrées dans le dispositif depuis 2008. En effet, l'étude souligne que l'événement étudié – le recours au CIR à une date donnée – présente un caractère endogène, c'est-à-dire qu'il correspond aux choix stratégiques des entreprises dans leur dynamique d'investissement en R & D et dans celle de leurs activités d'innovation. En d'autres termes, des choix d'investissement en R & D auraient aussi pu avoir lieu même en l'absence du CIR. Néanmoins, cette analyse apporte une description précise de la manière dont ont évolué les performances économiques des entreprises avant et après le recours au CIR depuis 2008¹.

3. Analyse d'impact du CIR sur les performances des entreprises entrées dans le dispositif avant 2008

L'approche adoptée par l'étude IPP-PSE repose sur l'étude des changements de dynamiques autour de l'année 2008 d'entreprises entrées dans le dispositif avant 2008 mais à des dates différentes (voir encadré 3). Elle permet d'appréhender l'impact du CIR

¹ Appliquée aux cohortes 2004-2007 (donc dans le contexte pré-réforme de 2008), cette approche montre qu'un premier recours au CIR est associé à des résultats globalement similaires à ceux qui caractérisent les cohortes ultérieures mais d'ampleur généralement moindre. Pour ces cohortes, l'analyse causale est possible et ses résultats sont présentés dans le point 4.

sur les activités de R & D et d'innovation d'une part et sur les performances économiques d'autre part (valeur ajoutée, emploi, etc.).

Encadré 3 – Aspects méthodologiques de l'étude IPP-PSE

Le rapport de recherche analyse notamment le fait de démarrer un investissement en R & D pour la première fois et de commencer à recourir au dispositif du CIR. Pour surmonter les limites des données de l'enquête R & D, il se fonde notamment sur les données DADS Postes, en se focalisant sur les emplois consacrés à la R & D, *via* certains postes d'ingénieurs et de techniciens. Cette base de données couvre en effet, sur l'ensemble de la période étudiée (2004-2016), toutes les entreprises, y compris avant leur éventuelle entrée dans le dispositif du CIR.

De nouvelles données mobilisées

À l'aide des données DADS Postes, l'équipe IPP propose une mesure de l'emploi R & D reposant sur l'identification des occupations consacrées à la R & D, en particulier les postes d'ingénieurs et de techniciens. L'avantage de cette mesure est d'être disponible sur l'ensemble de la période d'étude pour toutes les entreprises, y compris celles qui n'ont pas encore recours au dispositif du CIR. Il s'agit d'un élément crucial pour évaluer l'impact du CIR sur la marge extensive, c'est-à-dire le fait de démarrer un investissement en R & D pour la première fois.

L'étude montre que des indicateurs relatifs au fait d'employer des ingénieurs (mesuré par les effectifs d'ingénieurs et, plus encore, par la masse salariale des ingénieurs rapportée au chiffre d'affaires) constituent une manière satisfaisante d'approximer l'activité de R & D des entreprises, même si elle ne permet pas une mesure précise des montants de dépense de R & D engagés par ces entreprises.

Les données fiscales d'entreprises (BIC-RN, BIC-IS) permettent de documenter pour toutes les entreprises l'évolution de leurs performances économiques, et ainsi de mesurer l'impact du CIR sur des dimensions plus larges que les dépenses R & D qui ont été privilégiées par les évaluations jusqu'alors : chiffre d'affaires, valeur ajoutée, emploi, productivité, etc.

Les données de contrôles du CIR permettent d'identifier les entreprises qui ont eu une baisse d'accès au dispositif suite à un contrôle négatif sur l'éligibilité des dépenses de R & D. Ces données collectées par le MESRI n'avaient encore jamais été mobilisées à des fins d'évaluation du CIR.

Sur la base de ces « nouvelles » données (DADS, etc.), les auteurs réexaminent l'impact de la réforme de 2008 à la marge intensive, c'est-à-dire sur les entreprises qui ont bénéficié du CIR avant et après cette réforme. Dans la mesure où cette dernière, qui a accru la générosité du CIR, peut être considérée comme (purement) exogène, cette analyse permet d'identifier des liens de cause à effet entre le

bénéfice du CIR réformé et certaines variables d'activité de R & D et de performance économique. À cet égard, une autre différence par rapport au précédent rapport IPP¹ pour France Stratégie est que celui-ci repose non pas sur la comparaison avec un contrefactuel d'entreprises n'ayant pas recours au CIR mais sur une approche de régression sur discontinuité (*regression discontinuity design*). Cela revient à examiner les changements de trajectoire intervenus autour de l'année 2008 pour des entreprises entrées dans le dispositif du CIR à une époque antérieure et à des dates différentes. Cela permet d'identifier séparément la dynamique autour de l'année du recours au CIR et l'effet de la réforme du CIR opérée en 2008. Le rapport identifie de la sorte une série d'impacts significatifs propres à la réforme, à court terme et dans les secteurs intensifs en CIR. La méthode d'estimation adoptée par l'IPP revient à identifier des effets de court terme, puisqu'elle utilise les années relatives $d = 1$ à $d = 3$, d étant pour une entreprise i le temps écoulé entre une année calendaire t et l'année de traitement notée ti_0 , avec donc $d = t - ti_0$.

Pour plus d'éléments sur les hypothèses et la méthodologie, voir le rapport de recherche IPP-PSE.

3.1. Des effets positifs, mais modérés sur les activités de R & D et d'innovation

Les estimations de l'étude qui portent sur le groupe d'entreprises existantes ou celles des cohortes d'entrée dans le dispositif de 2004 à 2007 montrent que le recours aux ingénieurs augmente quelque peu : avec premièrement un surcroît d'heures travaillées par les ingénieurs (croissance estimée autour de 2 %²) et deuxièmement, une probabilité significativement accrue d'employer un certain nombre d'ingénieurs. Toutefois, la croissance du nombre d'ingénieurs au sein de l'entreprise ne se traduit pas par une augmentation de leur part dans la masse salariale. Ceci revient à dire que leur volume global d'effectifs employés augmente sous l'effet de la réforme mais pas leur intensité en R & D. L'effet causal de l'augmentation de la créance CIR sur le niveau de l'emploi ingénieur dans l'entreprise ne serait donc pas spécifique aux ingénieurs, puisque l'ensemble de la masse salariale augmente consécutivement à celle de la créance du CIR.

En outre, l'étude n'observe pas d'effet supplémentaire sur la probabilité de déposer un brevet. L'étude avance deux explications possibles : il existe en général un délai de

¹ Bozio A, Cottet S. et Py L. (2019), *Impact de la réforme de 2008 du CIR sur la R & D et l'innovation*, rapport IPP n° 22, mars.

² Estimation statistiquement presque significative au seuil de 10 %.

plusieurs années entre l'activité de R & D et les dépôts de brevets sur les inventions susceptibles d'en découler¹. Et au-delà du nombre de brevets, il est possible que d'éventuels changements se soient opérés au niveau de la qualité des brevets.

3.2. Le CIR n'a pas eu d'impact significatif sur la valeur ajoutée et sur l'investissement, à l'exception de l'investissement incorporel

L'étude ne détecte pas d'impact significatif de la réforme de 2008 sur la valeur ajoutée des entreprises bénéficiaires². Elle observe néanmoins des effets sur son allocation, avec une forte hausse de la part des salaires (mesurés au coût du travail) dans la valeur ajoutée. En d'autres termes, les estimations indiquent un impact de l'augmentation de la créance du CIR sur l'intensité en facteur travail des entreprises. L'étude trouve aussi un impact négatif à court terme sur la productivité totale des facteurs (PTF).

En outre, l'étude montre que la réforme du CIR de 2008 n'a pas eu d'effet sur le taux d'investissement global des entreprises lorsque l'ensemble des immobilisations non-corporelles sont considérées. En revanche, l'impact est positif et significatif sur les seuls investissements incorporels (par exemple via l'acquisition de logiciels ou de brevets)³.

3.3. Un impact important sur le chiffre d'affaires, mais à relativiser

L'étude constate une hausse de 15 % des ventes. Certes, l'ampleur de cet impact est cependant nettement moindre que l'effet de corrélation mis en évidence précédemment par le biais d'une approche descriptive analysant – donc à la marge extensive – les trajectoires des cohortes successives d'entreprises entrant dans le dispositif du CIR. Il reste difficile d'interpréter le décalage entre l'absence d'effet sur la valeur ajoutée et l'important impact sur le chiffre d'affaires.

Enfin, une baisse du taux d'imposition des entreprises notamment du fait de la réforme de 2008, observée à partir des données descriptives, est confirmée par les estimations économétriques. En effet, les coefficients obtenus sur les variables de créance CIR rapportée à l'actif non financier de l'exercice précédent, ainsi que l'impôt sur les sociétés

¹ Ces résultats corroborent plus ou moins la précédente recherche de l'IPP (Bozio, Cottet et Py, 2019, *op. cit.*), menée à partir d'une approche et de données très différentes et qui a de même « montré que la réforme de 2008 s'est traduite par une augmentation de 5 % de la probabilité que les entreprises bénéficiaires déposent un brevet » (CNEPI, 2019).

² La précédente analyse de l'IPP (Bozio, Cottet et Py, 2019), à la marge intensive, n'est pas parvenue à identifier d'impact causal sur la performance économique des bénéficiaires du CIR.

³ Guillou S., Mini C, et Lallement R. (2018), *L'investissement des entreprises françaises est-il efficace ?*, copublié par La Fabrique de l'Industrie et France Stratégie, Presses des Mines, octobre.

(IS) rapporté à l'excédent brut d'exploitation (EBE), éclairent sur l'ampleur du bénéfice financier que les entreprises en tirent. Les estimations indiquent que les entreprises appartenant aux cohortes CIR 2004 à 2007 auraient bénéficié d'un surplus de créance rapportée à leur actif équivalent au triplement de la créance, ce qui est relativement cohérent avec la variation nominale du taux du crédit d'impôt. En conséquence, l'impact associé à la réforme de 2008 sur le taux implicite d'imposition des entreprises est estimé à environ 13 points de pourcentage. Si l'on y ajoute l'effet initial (antérieur à 2008) lié au recours de l'entreprise au CIR, estimé à 8 points, l'effet total du CIR sur le taux d'imposition des entreprises présentes ou entrées dans le dispositif entre 2004 et 2007 est estimé à environ 20 points. C'est un niveau presque équivalent à celui dont ont bénéficié les entreprises des autres cohortes entrées plus tard dans le dispositif, c'est-à-dire sur la période post réforme de 2008 (2008-2016).

3.4. Des effets positifs sur les PME, mais pas d'effet significatif sur les ETI et les grandes entreprises

Dans différents contextes et en particulier en période de crise, ce sont les entreprises de taille modeste qui sont le plus sensibles aux contraintes financières. D'où l'intérêt d'une décomposition des résultats par taille d'entreprise, fondée en l'espèce sur la définition LME des tailles d'entreprises, avec un clivage entre entreprises relativement grandes (ETI et grandes entreprises) et entreprises de taille plus modeste (microentreprises et PME).

Concernant les effectifs d'ingénieurs et les brevets, les impacts sont très proches des résultats généraux pour les entreprises de taille modeste et sont non significatifs sur les entreprises relativement grandes. Or, l'étude a souligné que les effets du CIR en termes de baisse du taux d'imposition sur les sociétés sont significatifs pour les deux groupes d'entreprises, mais de plus grande ampleur pour les entreprises de taille modeste. La créance du CIR desserre les contraintes financières des entreprises mais, selon l'étude IPP-PSE, ne les inciterait pas particulièrement à innover. Les estimations concernant l'impact sur l'investissement corroborent en effet le constat selon lequel en présence de contraintes de crédit, l'obtention du CIR rend possibles certaines décisions d'investissement, y compris celles qui ne concernent pas la R & D et relèvent indirectement de l'innovation (acquisition de logiciels, de brevets, etc.). Cette hypothèse sur le rôle purement financier du CIR incite toutefois à analyser les impacts de ce dispositif selon la taille des entreprises, notamment pour vérifier si cet effet joue surtout pour les entreprises les plus petites et qui connaissent souvent plus de contraintes financières que les grandes.

Des travaux d'estimation complémentaires ont donc été menés en distinguant les entreprises selon leur taille. Globalement, les résultats mettent en évidence que l'essentiel des impacts positifs sont identifiés pour les petites et moyenne entreprises (micro et PME). En revanche, l'étude ne trouve pas d'effet positif significatif pour les relativement plus

grandes entreprises, y compris les ETI (innovation, investissement, chiffres d'affaires, VA, exportations, etc.). Par ailleurs, la réforme du CIR a malgré tout pu aider certaines ETI à surmonter des difficultés liées notamment à la crise de 2008-2009.

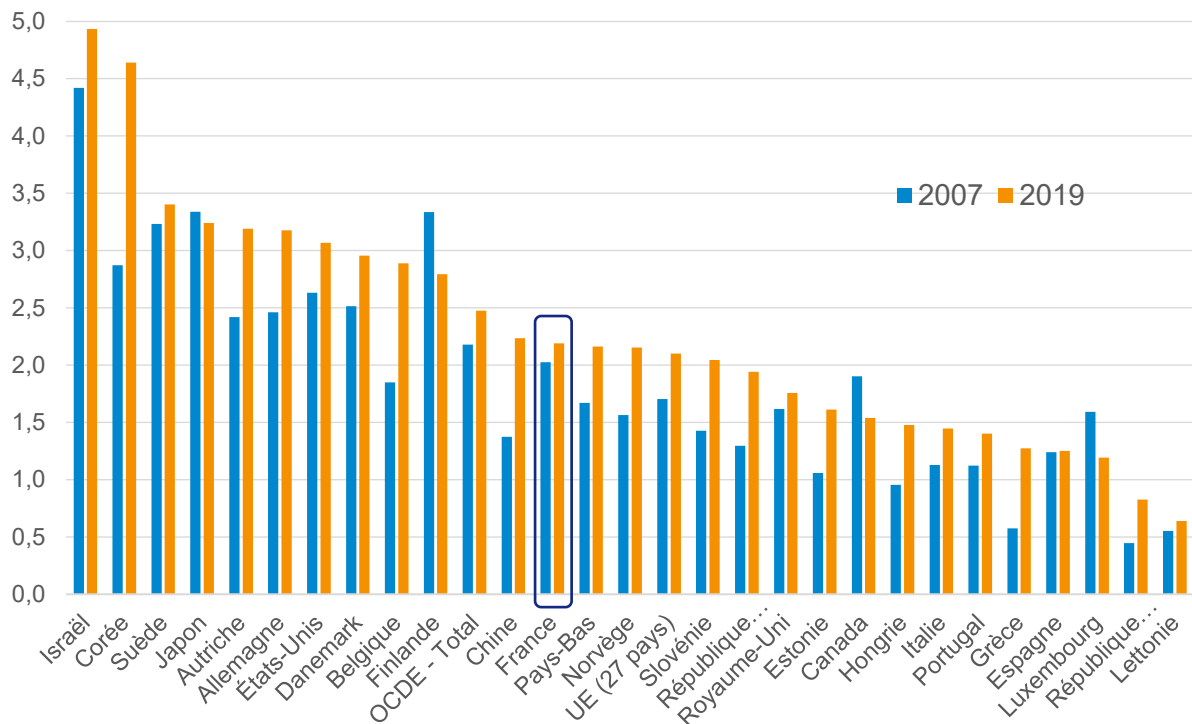
En termes d'impact sur les effectifs d'ingénieurs et sur les brevets, la décomposition par taille d'entreprise montre que les effets significatifs sur les microentreprises et PME sont très proches des résultats généraux. Par contre, les estimations effectuées sur l'échantillon des grandes entreprises et les ETI indiquent qu'il n'existe pas d'effets significatifs de la réforme du CIR sur l'intensité en emploi d'ingénieurs ou sur la probabilité de déposer un brevet, puisque le coefficient estimé pour ces variables dépendantes est négatif et non significatif.

En ce qui concerne l'impact du CIR sur les variables comptables reflétant l'activité générale des entreprises, les résultats distinguant entre les petites et moyennes entreprises d'une part et les grandes sont assez similaires à ceux obtenus pour les activités de recherche et d'innovation. En effet, la décomposition des effets par taille montre que les résultats généraux se retrouvent pour les entreprises de taille modeste (hausse du taux d'investissement incorporel, de la part des salaires dans la valeur ajoutée associée à la baisse à court terme de la productivité, forte hausse du chiffre d'affaires ; pas d'impact sur la VA et les exportations) mais aucun impact significatif n'a été détecté sur les grandes entreprises et les ETI. Les auteurs de l'étude en déduisent que « l'accès à un CIR plus généreux après 2008 semble donc surtout avoir desserré les contraintes financières des bénéficiaires dans une période de crise économique ». Il semble que la réforme du CIR de 2008, en contribuant à desserrer les contraintes financières des bénéficiaires, a facilité *in fine* le développement d'ensemble de leur activité.

4. Quels sont les effets du CIR au niveau macroéconomique ?

4.1. Évolution des aides fiscales et de l'effort de R & D des entreprises entre 2007 et 2019

Entre 2007 et 2019, c'est-à-dire entre l'année qui a précédé la dernière grande réforme du CIR et la dernière année pour laquelle les données de comparaison internationale sont disponibles, le rapport entre le total de la dépense intérieure de R & D (DIRD) et le produit intérieur brut (PIB) est en France passé de 2,02 % à 2,19 % (voir Graphique 10). Or cette hausse de 0,17 point de pourcentage est nettement inférieure à celle qui a été observée au cours de la même période dans l'ensemble des pays de l'OCDE (+ 0,30 point) et, plus encore, à celle de l'ensemble des 27 pays de l'actuelle Union européenne (UE) (+ 0,40 point). La progression est plus forte encore en Chine (+ 0,86 point), pays pour lequel le ratio DIRD/PIB dépasse désormais celui de la France.

Graphique 8 – Total de la dépense intérieure de R & D rapportée au PIB (en pourcentage)

Source : OCDE

Toujours entre 2007 et 2019 mais cette fois en ce qui concerne seulement la dépense intérieure de R & D *des entreprises* (DIRDE), le ratio au PIB est en France passé de 1,27 % à 1,44 %. Cette hausse de 0,16 point de pourcentage est inférieure à celle qui a été observée au cours de la même période dans l'ensemble des pays de l'OCDE (+ 0,26 point) et deux fois moindre que celle de l'ensemble des 27 pays de l'UE actuelle (+ 0,32 point). Pour ce ratio, la France se classe actuellement à peine au-dessus de la moyenne des pays de l'UE et derrière non seulement la moyenne des pays de l'OCDE mais aussi la Chine (voir Graphique 11).

Encadré 4 – Le rendement apparent des aides publiques à la R & D, d'après les données agrégées

En première analyse – et même si un tel ratio ne saurait constituer un indicateur d'impact au sens d'une relation de cause à effet –, une indication globale sur le rendement des aides publiques à la R & D peut être avancée en mettant en rapport leur évolution globale et celle de la dépense intérieure de R & D des entreprises (DIRDE). Sur la période 2007-2018, la hausse de la DIRDE en France, qui atteint quelque 0,16 point de PIB, y équivaut ainsi sensiblement au surcroît total d'aides publiques en faveur de la R & D : l'ensemble cumulé des aides directes

(subventions, prêts bonifiés, etc.) et des aides fiscales est en effet passé d'environ 0,22 % du PIB en 2007 à près de 0,40 % en 2018, soit un différentiel d'un peu moins de 0,18 point de PIB¹. En ce sens, ces aides publiques additionnelles à la R & D se sont traduites par une hausse d'un montant très légèrement inférieur pour l'effort de R & D des entreprises sur le territoire français.

La situation a été similaire au Royaume-Uni sur la même période 2007-2018 avec, d'une part, des aides publiques à la R & D sensiblement accrues au total (+ 0,21 point de PIB) et, d'autre part, une moindre hausse pour la DIRDE (+ 0,16 point de PIB). En ce sens, et par rapport à la France, le rendement apparent des aides publiques à la R & D a dans l'ensemble été légèrement moindre outre-Manche. À l'inverse, ce rendement apparent semble avoir été meilleur en Belgique², où l'on peut mettre en rapport, d'un côté, des aides publiques à la R & D accrues au total de 0,14 point de PIB et, d'autre part, une hausse de 0,59 point de PIB pour la DIRDE. Pour l'ensemble des pays de l'OCDE, la variation moyenne a été pour les aides publiques à la R & D de seulement +0,02 point de PIB (entre 2007 et 2018), contre +0,26 point de PIB pour la DIRDE (entre 2007 et 2019). Face à ce constat et à ces décalages entre pays, l'interprétation la plus plausible est que les aides publiques ne sont au fond qu'un déterminant parmi d'autres de l'effort de R & D des entreprises, et que ce dernier dépend dans l'ensemble moins du degré de générosité du cadre fiscal que d'autres facteurs fondamentaux concernant la qualité des systèmes d'innovation et de production, le poids de l'industrie et du numérique, pour les pays en présence³.

Au cours des douze dernières années, le constat est en tout cas contrasté. Certains des pays où la DIRDE a le plus progressé (voir Graphique 11) sont dotés d'aides publiques à la R & D relativement généreuses ou en nette croissance, comme cela a été le cas de la Corée, de la Belgique, de l'Autriche, de la Pologne et de la Hongrie. Parmi les pays dynamiques pour la DIRDE, d'autres sont cependant plutôt pourvus d'aides relativement moindres et qui n'ont guère été rendues plus généreuses, comme dans le cas de la Chine. D'autres encore sont même caractérisés par des aides en recul relatif, comme dans les cas de l'Allemagne, d'Israël et de la République tchèque (voir le graphique 2).

¹ Calcul de France Stratégie d'après les données de l'OCDE. Ce différentiel d'environ 0,175 point de pourcentage de PIB correspond à la combinaison d'aides fiscales en nette progression (un peu plus de 0,19 point) et d'aides directes en légère baisse (près de 0,02 point).

² Concernant la Belgique, la période observée correspond cette fois aux années 2007-2017, car la base de données de l'OCDE pour ce pays ne s'étend pas encore jusqu'en 2018.

³ À ce sujet, voir notamment les résultats issus du rapport de l'équipe NEOMA-BS, présentés ci-après dans le chapitre 3. Voir également sur l'effet de structure l'avis 2019 de la CNEPI sur le CIR.

Le fait que la hausse observée pour la dépense intérieure de R & D des entreprises soit d'un montant très proche de la hausse concomitante des aides publiques à la R & D, y compris sous forme d'aides directes (voir encadré 4), rappelle d'autres constats du même ordre mais établis cette fois à partir de données individuelles d'entreprises¹.

Il s'agit en particulier d'un constat récemment établi par l'OCDE² concernant la France et six autres pays³ dotés de dispositifs d'aide fiscale à la R & D : un euro additionnel de dépense fiscale y entraîne en moyenne un surcroît de dépenses de R & D d'environ un euro chez les entreprises bénéficiaires. Certes, de fortes disparités sont observées entre ces pays. Dans le cas de la France, l'OCDE relève ainsi un ratio plus faible que pour ces six autres pays, de plus faible taille économique et où le degré de générosité de l'aide fiscale est moindre. Dans le cas de la France, ce ratio est malgré tout proche de 1 quand sont retirées de l'échantillon les grandes entreprises qui biaisent la comparaison.

En France, certes, la hausse depuis 2008 du ratio DIRDE/PIB marque une nette inflexion par rapport à une quinzaine d'années de baisse assez régulière de la période précédente, entre le sommet de 1993 (à 1,43 %) et le point bas atteint en 2005-2007 (autour de 1,27 %). Si le ratio a donc progressé depuis 2008, il n'a malgré tout fait que dépasser très légèrement en fin de période le niveau qu'il atteignait déjà il y a un quart de siècle. Dans l'intervalle et du fait de cette stagnation globale, la France a décroché significativement par rapport à l'Allemagne, de même que – bien qu'à un moindre degré – vis-à-vis de la moyenne des pays de l'OCDE, tandis qu'elle a vu fondre presque intégralement son avance par rapport à la moyenne des pays de l'UE⁴ (voir Graphiques 11 et 12 page suivante).

Toujours selon les données de l'OCDE, l'évolution pour notre pays est également en demi-teinte sous l'angle du personnel de R & D employé en entreprise⁵. En équivalent temps plein et rapporté à mille personnes employées dans l'industrie, ce personnel a connu entre 2005 et 2018 une progression totale de 32 % en France, soit un peu plus qu'en Allemagne (+31 %) mais moins qu'au Royaume-Uni (+54 %) et même que dans l'ensemble des 28 pays de l'UE (+60 %) (voir Graphique 13).

¹ Ce résultat ressort également des travaux microéconométriques présentés dans le précédent rapport de la CNEPI sur le CIR : CNEPI (2019), *op. cit.*

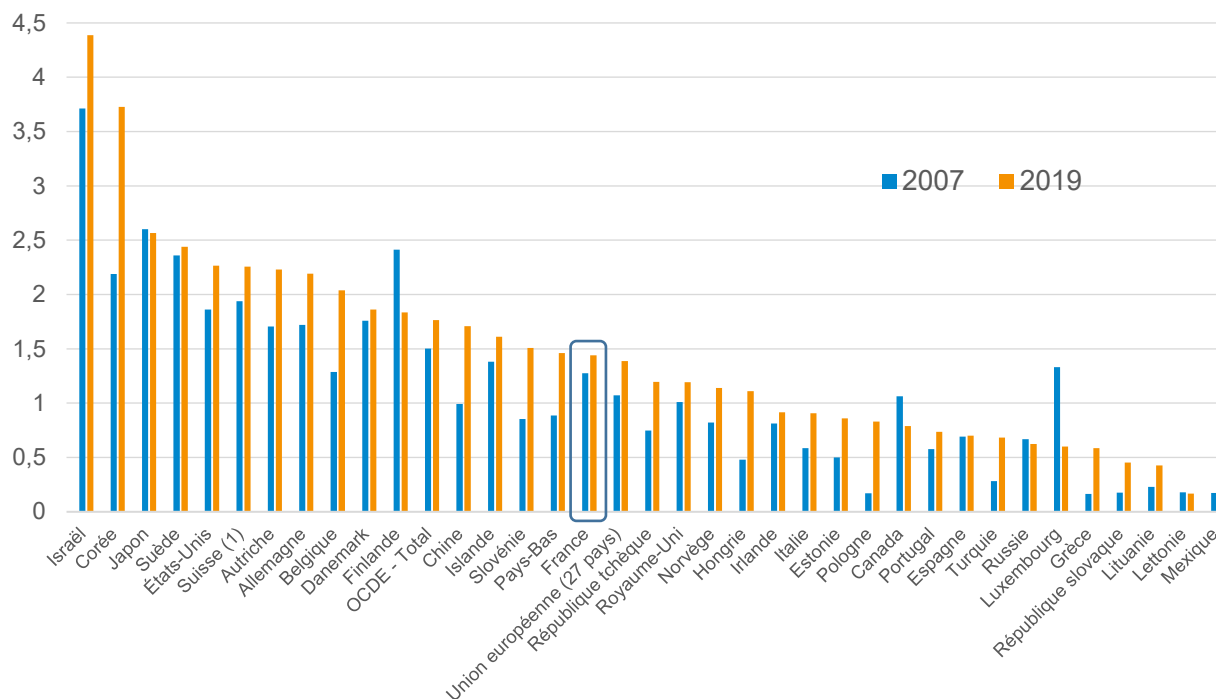
² Pour un résumé, voir OCDE (2020), « [Qu'en est-il de l'efficacité des incitations fiscales en faveur de la R-D ? Nouveaux éléments issus du projet microBeRD de l'OCDE](#) », *Note sur les politiques STI*, septembre. Cette étude considère comme grandes entreprises celles qui emploient au moins 250 salariés.

³ L'Australie, la Belgique, la Norvège, le Portugal, la République tchèque et la Suède.

⁴ Voir sur la question de l'effet de structure sectorielle de l'économie française le chapitre 5 du rapport [Les politiques industrielles en France. Évolutions et comparaisons internationales](#), France Stratégie, novembre 2020.

⁵ Les données disponibles se limitent à l'industrie.

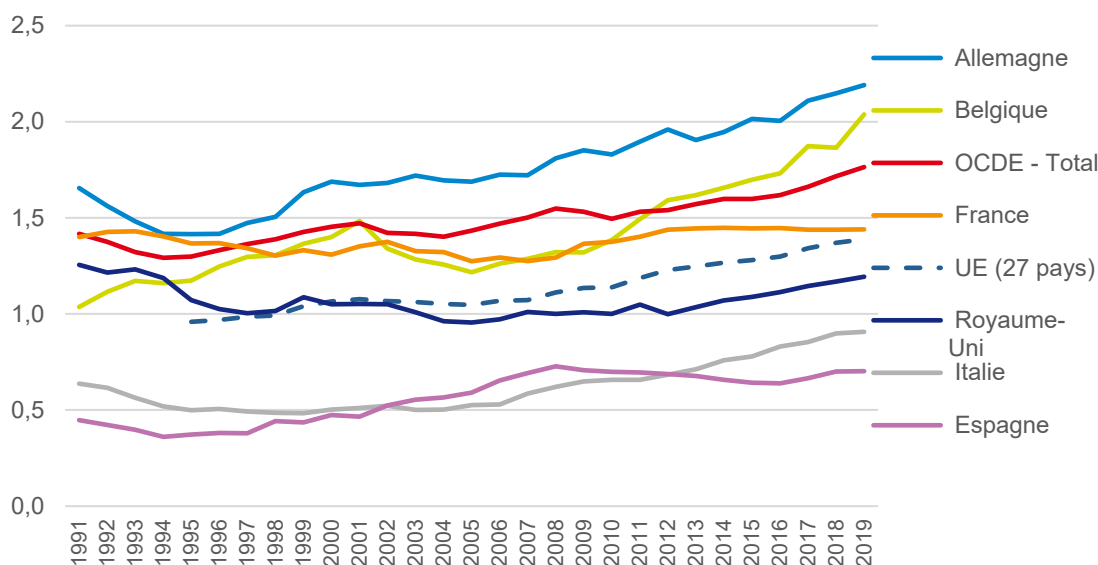
Graphique 9 – La dépense intérieure de R & D des entreprises (DIRDE) rapportée au PIB (en pourcentage)



(1) Pour la Suisse, 2008 (au lieu de 2007) et 2017 (au lieu de 2019).

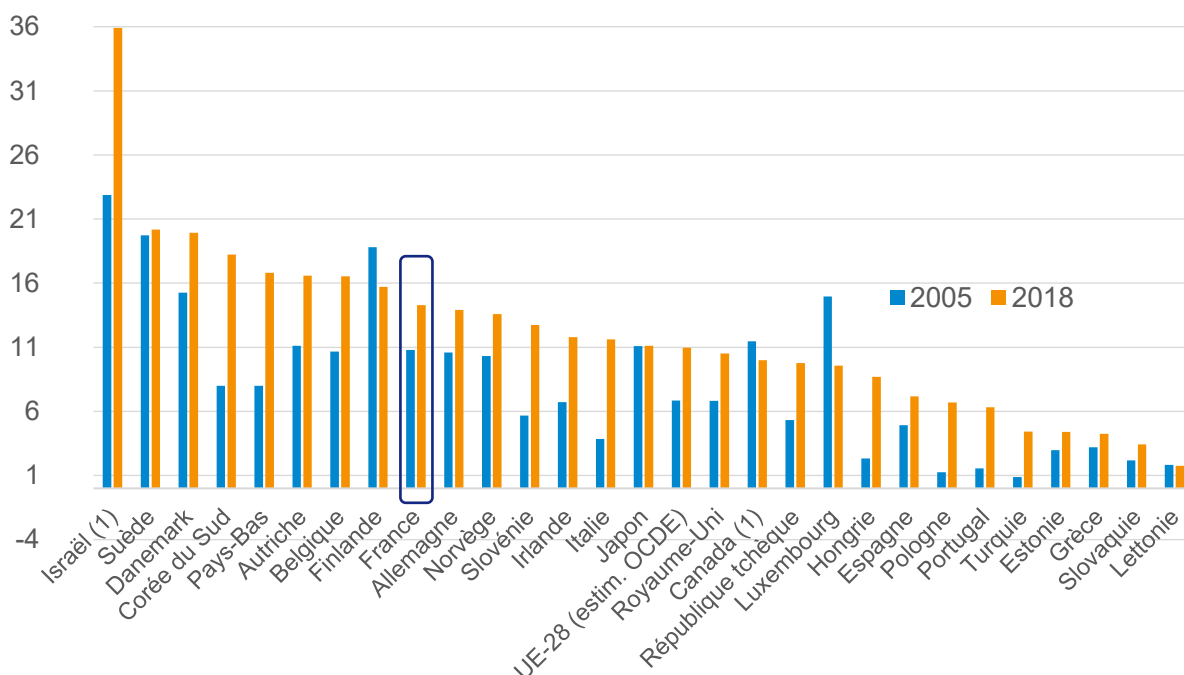
Source : France Stratégie d'après la base de données de l'OCDE sur les Principaux indicateurs de la science et de la technologie (données extraites en avril 2021)

Graphique 10 – La dépense intérieure de R & D des entreprises (DIRDE) rapportée au PIB (en pourcentage)



Source : France Stratégie d'après la base de données de l'OCDE sur les Principaux indicateurs de la science et de la technologie (données extraites en avril 2021)

Graphique 11 – Le personnel de R & D en entreprise, en équivalent temps plein (pour mille personnes employées dans l'industrie)



(1) : Pour Israël et le Canada, la donnée vaut pour 2017 et non pour 2018. La définition retenue est différente pour plusieurs pays (dont l'Italie et le Japon).

Source : France Stratégie d'après la base de données de l'OCDE sur les Principaux indicateurs de la science et de la technologie (volume 2020/1)

4.2. Les impacts du CIR simulés via un modèle macroéconométrique

La plupart des travaux d'évaluation du CIR s'attachent *de facto*, compte tenu notamment de certaines contraintes méthodologiques, à identifier des impacts d'assez court terme et sur les seuls bénéficiaires directs du CIR. Pour de ne pas s'y limiter, France Stratégie a demandé à la société Seureco¹ de simuler les effets de la réforme du CIR de 2008, *via* le modèle macroéconométrique NEMESIS². L'étude qui en a résulté³ est présentée ici dans ses grands traits, sous l'angle de la méthode adoptée (encadré 5) et des principaux résultats obtenus.

¹ Société rattachée au laboratoire ERASME de l'École Centrale de Paris et de l'Université de Paris I.

² Le modèle NEMESIS est le modèle de simulation macro-économétrique qui est le plus utilisé par la Direction générale de la Recherche de la Commission Européenne pour évaluer les politiques en matière de recherche et d'innovation, notamment sous l'angle de leurs impacts sur la croissance économique et sur l'emploi.

³ Le Mouël P. et Zagamé P. (2020), *Évaluation économique du renforcement du CIR : Exercice de simulation avec le modèle NEMESIS*, rapport final, Seureco/ERASME, novembre.

Encadré 5 – L'approche suivie par l'étude Seureco

Concernant l'effet de la réforme du CIR de 2008 sur les dépenses de R & D des entreprises, l'étude de Seureco se fonde sur les estimations qui étaient disponibles (2007-2016) lorsque l'étude a été réalisée. Sur cette base, l'exercice de simulation prend comme hypothèse centrale que le rendement de cette réforme à l'égard des dépenses de R & D vaut 1. Une analyse de sensibilité envisage cependant aussi une hypothèse haute (1,2) et une hypothèse basse (0,8). Dans son principe de base, l'approche suivie pour simuler les effets macroéconomiques de cette réforme consiste à injecter dans le modèle NEMESIS ce surcroît de dépenses de R & D des entreprises. L'évaluation porte ainsi non pas sur les impacts du CIR dans son ensemble mais seulement sur son renforcement intervenu en 2008. Pour la période 2011-2016, ce renforcement correspond à 0,18 point de PIB en moyenne annuelle, soit 64 % du montant qu'a représenté le CIR dans sa totalité (0,28 point de PIB). Le modèle utilisé permet d'en déduire, *via* son système d'équations économétriques, les principaux enchaînements qui sont susceptibles d'en découler en termes d'activité économique, de compétitivité, de création d'emplois et de finances publiques. Les montants attribués aux entreprises au titre du renforcement du CIR après 2007 sont injectés dans le modèle en utilisant le poids des secteurs dans la R & D totale des entreprises (découpage en 38 secteurs d'activités). Le modèle distingue également plusieurs catégories d'emploi : emploi qualifié, peu qualifié, emploi industriel, emploi de recherche, etc. D'inspiration néo-keynésienne, ce type de modèle intègre les habituels effets de bouclage macroéconomique transitant notamment par l'investissement. Il s'efforce aussi de reproduire les principaux enseignements issus des divers travaux théoriques et empiriques sur les liens entre les investissements en R & D des entreprises et la croissance de la productivité. En particulier, il prend en compte les externalités qui découlent des activités de recherche et d'innovation et qui transitent notamment par des effets de diffusion technologiques. Ces externalités expliquent un résultat désormais classique en matière d'économie de l'innovation, à savoir que les activités de R & D ont un rendement social qui dépasse la somme des seuls rendements privés.

Pour les besoins de cette étude, deux catégories de scénarios ont été distingués. Le premier groupe de scénarios fait l'hypothèse que la réforme du CIR de 2008 a été suspendue en 2016, afin de mieux cerner le profil temporel de ses impacts, y compris ses effets retardés après l'arrêt supposé de la réforme. Dans le second groupe de scénarios, dont l'objectif est de mieux représenter les impacts à long terme de cette réforme du CIR¹, il est postulé que la réforme du CIR de 2008 est

¹ C'est la raison pour laquelle seuls sont présentés ici les résultats de ce second groupe de scénarios.

définitive et que, pour les années postérieures à 2016, elle continue de représenter pour l'État un surcoût annuel de 0,18 point de PIB.

Au-delà, différents scénarios permettent également de mener une analyse de sensibilité concernant deux paramètres clés du modèle, à savoir, d'une part, le fonctionnement du marché du travail (*via* l'effet Phillips concernant la boucle prix-salaires) et, d'autre part, le comportement des exportateurs en matière de marge bénéficiaire.

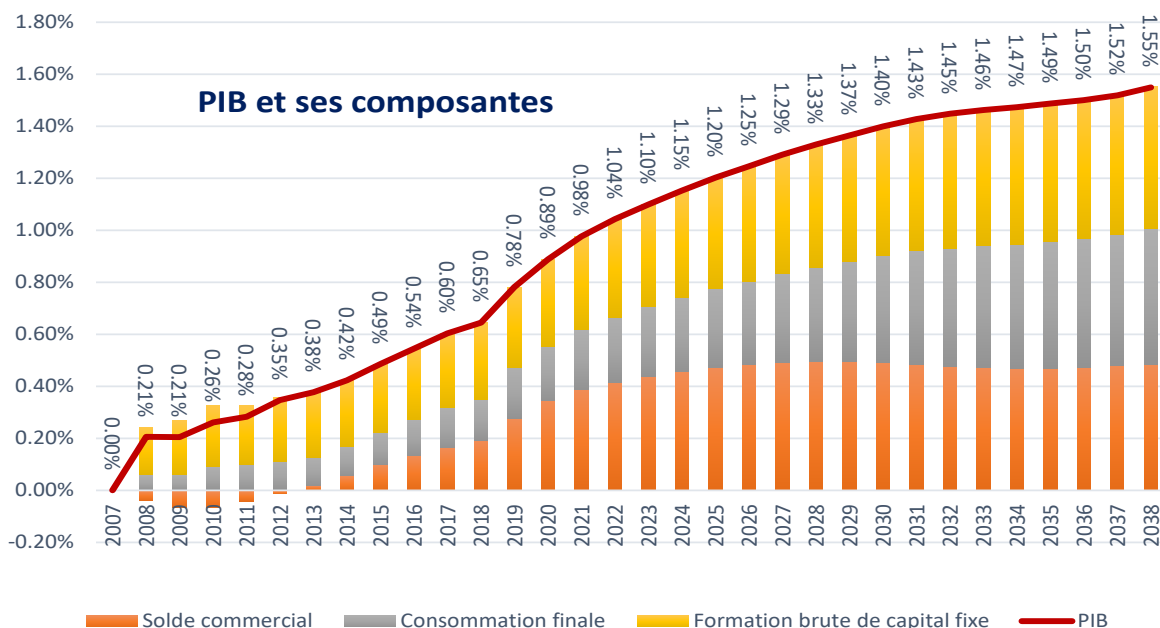
Sous l'angle des budgets publics et afin d'en isoler les effets propres, ce renforcement du CIR est dans un premier temps supposé être financé *ex nihilo*, comme s'il était financé par l'emprunt et sans effet sur les taux auxquels l'État emprunte. Dans un second temps, l'étude a aussi effectué des simulations où le dispositif est cette fois financé par une augmentation de l'impôt sur les sociétés.

Les principaux résultats selon le scénario central

Ce travail de simulation fournit une représentation de la dynamique des impacts économiques issus du renforcement du CIR. Son scénario central prend notamment pour hypothèse que le rendement de ce renforcement sous l'angle des dépenses de R & D (ratio d'additionnalité) vaut 1. Il postule en outre que la réforme du CIR de 2008 reste inchangée dans son ampleur sur toute la durée de la projection. Cette dynamique se déroule en trois phases.

- En premier lieu, lors d'une phase « d'investissement » d'une durée d'un an à cinq ans et couvrant notamment la période 2008-2010, l'augmentation de l'effort de R & D des entreprises stimule la demande intérieure, dégrade de ce fait légèrement le solde du commerce extérieur et crée des pressions inflationnistes, avec donc des impacts sur l'activité essentiellement liés au jeu du multiplicateur keynésien de dépense.
- Un deuxième temps, qualifié de phase d'innovation et d'une durée d'environ cinq ans (2011-2016), correspond ensuite à un surcroît progressif d'innovation de produit et de procédé qui renforce la compétitivité et *in fine* accroît tant la demande interne que la demande externe.
- Un troisième temps, qualifié de phase d'obsolescence, correspond à un phénomène d'essoufflement apparaissant au bout d'une quinzaine d'années et qui est lié non seulement à l'épuisement des innovations précédentes mais aussi à des facteurs tels qu'un relatif manque de ressources humaines (compétences) ou à des tensions inflationnistes.

Graphique 14 – Les impacts du renforcement du CIR sur le PIB et ses composantes, dans le scénario central



Lecture : En écart par rapport à un scénario sans la réforme du CIR de 2008, les gains induits pour le PIB se montent dans ce scénario central à près 0,98 point de PIB en 2021¹.

Source : *Le Mouël et Zagamé (2020), op. cit.*

Dans ce scénario central, où l'on suppose donc que le CIR réformé en 2008 est durablement maintenu avec son degré actuel de générosité, le surcroît d'activité économique induit sur une période de 22 ans (2008-2030) se monte à 1,4 point de PIB en 2030 (voir Graphique 14), un gain qui relève à 41 % de l'effort d'investissement, à 25 % de la consommation finale et à 34 % de l'amélioration du solde extérieur. En cumulant l'impact global sur le PIB obtenu sur l'ensemble de la période 2008-2030, l'étude indique qu'un euro de dépense fiscale accordé par ce biais engendrerait un surcroît d'activité économique d'au total 4,6 euros.

Dans ce même scénario, toujours par rapport à un scénario sans CIR réformé, le gain pour le nombre total d'emplois passerait de 95 000 en 2016 à 151 000 en 2021 et plafonnerait ensuite à 227 000 en 2030. En moyenne annuelle, ce gain serait de 135 000 personnes sur l'ensemble de la période 2008-2030.

Il convient de mettre en perspective l'impact sur l'emploi de ce renforcement du CIR, dont le coût direct annuel moyen pour les budgets publics sur la période 2008-2030 est estimé

¹ Le calcul réalisé correspond en réalité à une lecture « en creux », indiquant en l'espèce qu'en l'absence de cette réforme du CIR, le PIB aurait été moindre de 0,98 point de pourcentage en 2021.

à environ 4,2 milliards par an par l'étude de Seureco. Ce bilan peut être mis en balance avec celui du CICE¹, dont les impacts macroéconomiques sur le nombre total d'emplois ont été estimés récemment dans une fourchette allant de 160 000 à 400 000 par an (selon que la mesure est considérée ou non comme financée), pour un coût annuel pour les budgets publics avoisinant 18 milliards d'euros en 2016².

Les principaux résultats issus des autres scénarios

Après avoir examiné les résultats découlant du mode de fonctionnement habituel du modèle NEMESIS, il convient de présenter quelques scénarios faisant intervenir des hypothèses dérogeant au fonctionnement « normal » de ce modèle ou modifiant tel ou tel paramètre clé de la simulation.

- *Simulations avec une valeur plus basse ou plus élevée du ratio d'additionnalité pour la R & D.* Le rendement associé au renforcement du CIR sous l'angle des dépenses de R & D des entreprises (ratio d'additionnalité), au lieu de valoir 1 comme précédemment, est ici supposé inférieur ou supérieur de 20 %, soit à 0,8 et 1,2. Les impacts simulés sont relativement proportionnels c'est-à-dire sont inférieurs d'environ 20 % et, respectivement, supérieurs de près de 20 %, par rapport aux résultats exposés précédemment. Cela vaut ainsi pour le multiplicateur de dépense fiscale : au lieu de valoir 4,6 comme précédemment, il vaudrait 3,6 et, respectivement, 5,5. De même, l'impact sur le nombre total d'emplois mesuré sur la même période et en moyenne annuelle serait alors de 108 000 et, respectivement, de 163 000.
- *Simulation sans l'effet Phillips.* Dans ce cas de figure est modifié cette fois le mécanisme qui en temps normal conduit à ce que l'effet induit par un surcroît de dépenses de R & D des entreprises soit à la longue limité par des tensions inflationnistes. Ce scénario sans effet Phillips permet d'obtenir davantage de gains pour la compétitivité internationale des entreprises françaises. La valeur du multiplicateur de dépense fiscale est alors relevée à 5,7. Quant au nombre annuel moyen d'emplois créés sur la période, il passerait alors à 160 000.
- *Simulation sans comportement de marge à l'exportation.* Un autre cas de figure renvoie à une situation où le modèle est modifié concernant le comportement des exportateurs en matière de marge bénéficiaire. Ce scénario postule que les gains de productivité servent intégralement à baisser les prix des exportations. Cela conduit bien évidemment

¹ Certes, cette comparaison a ses limites car le CICE, proportionnel à la masse salariale, a pour objet explicite – outre la compétitivité – l'emploi. Le CIR, par contraste, n'a d'effet direct que sur l'emploi du personnel de R & D et, pour le reste, n'a qu'un effet indirect sur le volume total de l'emploi.

² Le chiffre de 400 000 peut être qualifié de surestimé. Voir France Stratégie (2020), *Évaluation du Crédit d'impôt pour la compétitivité et l'emploi – Synthèse des travaux d'approfondissement*, rapporteurs A. Naboulet, A. Baïz et G. Tabarly, septembre.

à des impacts plus favorables sur le solde du commerce extérieur. La valeur du multiplicateur de dépense fiscale serait alors de 5,7. Le gain pour le nombre total d'emplois passerait en moyenne annuelle à 175 000 sur l'ensemble de la période 2008-2030.

- *Simulation à la fois sans l'effet Phillips et sans comportement de marge à l'exportation.* Ce scénario, qui conserve l'hypothèse d'un ratio d'additionnalité pour la R & D des entreprises égal à 1, conduit à un multiplicateur de dépense fiscale qui, sur la période 2008-2030 atteint sa plus grande valeur, à savoir 6,5. De même, le surcroît d'emplois induit par la réforme du CIR de 2008 culmine alors à 216 000, en moyen annuelle.

Des limites qui nécessitent des travaux complémentaires

La méthode utilisée, *via* le modèle de simulation NEMESIS, permet une interprétation en termes de lien de causalité. Les chiffres estimés en écart par rapport au scénario sans renforcement du CIR peuvent en effet être interprétés comme des effets nets imputables à cette mesure de politique publique. Sur le constat d'ensemble, l'un des principaux points qui en ressortent ne saurait malgré tout surprendre : l'impact induit sur l'économie française par le renforcement du CIR opéré en 2008 est en grande partie proportionnel à la valeur du multiplicateur de dépense fiscale, c'est-à-dire au surcroît de dépenses de R & D par euro de crédit d'impôt additionnel. Plus l'incitation fiscale résultant de cette réforme conduit à stimuler l'effort de R & D des entreprises bénéficiaires et plus sont élevées les retombées sur l'ensemble de l'économie¹.

À cet égard, l'une des lacunes du modèle est de ne pas refléter suffisamment l'hétérogénéité des entreprises en termes de taille, sachant qu'il est maintenant bien établi que ce multiplicateur de dépense fiscale est dans l'ensemble nettement plus faible pour les entreprises de grande taille que pour les PME ou les startups. Dans le modèle NEMESIS, de même, la France n'est intégrée dans l'économie mondiale que *via* le commerce extérieur. Par suite, les simulations ne prennent nullement en compte ni les flux internationaux de personnel très qualifié, ni les flux d'investissement direct international, alors même que la capacité d'innovation d'un pays dépend en partie de la capacité à retenir ou attirer ce type de ressources internationalement mobiles.

Par ailleurs, l'étude apporte quelques éclairages supplémentaires qui relèvent de l'analyse coût/bénéfice. Outre les éléments mentionnés sur les gains de PIB par euro additionnel de

¹ De même, une simulation plus rudimentaire menée il y a une douzaine d'années pour évaluer *ex ante* le renforcement du CIR avait conclu qu'un euro de dépense publique *via* le CIR réformé en 2008 déboucherait à long terme (à l'horizon 2020) sur une augmentation de PIB comprise entre 2,25 et 4,5 euros, notamment selon que l'élasticité de la dépense privée au coût de la R & D était supposée valoir 1 ou 2. Voir Cahu P., Demmou L. et Massé E. (2010), « L'impact macroéconomique de la réforme 2008 du crédit d'impôt recherche », *Revue économique* 2010/2, vol. 61 ; voir aussi le résumé dans l'avis de la CNEPI paru en 2019.

CIR distribué du fait de la réforme du CIR de 2008, l'étude produit des chiffrages sur le taux de rendement social de ce dispositif réformé, ainsi que sur les impacts sur les finances publiques. À ce sujet, le principal résultat est que, dans les différents scénarios envisagés, le renforcement du CIR exerce sur les budgets publics un impact légèrement positif¹. L'interprétation est cependant malaisée. En effet et comme déjà indiqué, l'étude fait en général l'hypothèse que les coûts induits par la réforme du CIR de 2008 sont financés *ex nihilo*, à l'instar d'un financement par l'emprunt qui serait sans effet sur les conditions auxquelles l'État peut emprunter. Pour la plupart des scénarios envisagés, les simulations ne prennent ainsi en compte ni le coût du financement de la mesure, ni son coût d'opportunité en comparaison avec d'autres politiques qui pourraient être menées avec les mêmes ressources de financement public.

Pour combler cette lacune, l'équipe Seureco a complété son analyse en effectuant des simulations envisageant que le renforcement du CIR soit cette fois financé par une augmentation équivalente de l'impôt sur les sociétés². Il en ressort que, par rapport au cas de figure précédent où ce renforcement du CIR était supposé non financé, les impacts de ce renforcement sur l'économie française (en termes de PIB et d'emploi) seraient alors bien moindres mais resteraient positifs tant que le ratio d'additionnalité pour les dépenses de R & D des entreprises dépasse une valeur d'environ 0,4. Les résultats de cette simulation complémentaire restent cependant préliminaires et l'étude Seureco les présente comme devant être pris avec précaution.

¹ Le multiplicateur obtenu est ainsi tellement élevé que la mesure générerait des recettes supérieures à la dépense, ce qui apparaît un résultat optimiste.

² Pour réaliser la simulation, cette hausse de l'IS équivalente en moyenne annuelle à 0,18 point de PIB est transformée en une augmentation du coût d'usage du capital.



CHAPITRE 3

LE CIR ET LA LOCALISATION DE LA R & D DES MULTINATIONALES

Un des arguments souvent avancés pour souligner les avantages du crédit d'impôt recherche (CIR) réside dans l'impact positif attendu de ce dispositif en termes d'attractivité de la France pour la R & D des firmes multinationales. Quels sont donc les effets du CIR sur la localisation des activités de R & D des firmes françaises et étrangères ? Quels sont ses effets sur l'ampleur des activités de R & D des firmes étrangères déjà implantées en France et sur le nombre et les activités d'entreprises étrangères implantant de nouveaux centres de R & D en France, par rapport aux autres pays ? Quels sont ses effets sur les activités de R & D des firmes françaises à l'étranger ?

L'étude NEOMA-BS apporte des éléments de réponse. Elle constitue une alternative aux approches d'analyse aux niveaux microéconomique (entreprises) ou macroéconomique (évolution des agrégats). Elle choisit comme unité d'analyse les groupes d'entreprise, qui constituent les unités d'analyse dotées d'autonomie dans leurs choix de localisation. Plus précisément, elle se concentre sur les grands groupes, ce qui se justifie d'autant plus que leur poids relatif dans le total des dépenses de R & D des entreprises dans le monde est estimé à près des neuf dixièmes¹.

Cette étude est focalisée sur la place des groupes français et de la France dans l'internationalisation de la R & D des multinationales, ainsi que sur le rôle que le crédit d'impôt recherche a pu jouer dans les choix de localisation de ces activités. Elle se singularise par le fait qu'elle se fonde tantôt sur des bases de données très diverses, tantôt sur les rapports d'activité des groupes, afin d'appréhender l'importance des dépenses de R & D réalisées par les groupes à l'étranger ainsi que pour en identifier les principales tendances et caractéristiques.

¹ Comme indiqué ci-après, l'ordre de grandeur est similaire concernant le cas particulier des dépenses de R & D des entreprises en France.

En termes de méthodes, l'étude s'appuie sur une analyse statistique descriptive, complétée d'une part par une approche économétrique sur les facteurs de localisation et, d'autre part, par une enquête qualitative sur la base d'entretiens avec un échantillon de décideurs. L'étude permet d'appréhender, en comparaison internationale, le comportement des multinationales en matière de localisation de la R & D, de part et d'autre de la frontière française.

Elle porte sur des données qui s'étalent sur la période 2001-2019. Les groupes français étant peu nombreux, très hétérogènes et opérant dans des secteurs très variés, l'approche retenue est une analyse statistique essentiellement descriptive. Elle permet de caractériser l'activité mondiale de R & D des grandes d'entreprises, françaises et étrangères. Elle est centrée sur deux types de groupes, à savoir, d'une part, les groupes français figurant parmi ceux qui investissent le plus en R & D en France et qui ont ou non localisé aussi de telles activités à l'étranger et, d'autre part, les groupes étrangers très actifs en R & D, que ce soit en France ou ailleurs. Pour mener cette analyse, l'étude confronte de nombreuses bases de données (brevets, publications, investissements directs à l'étranger) et les complète par l'analyse des rapports d'activités annuels des groupes. La mobilisation de l'ensemble de ces sources permet de souligner les portées et les limites des différentes sources d'information disponibles pour analyser les activités de R & D des grands groupes.

1. Évolution comparée au niveau mondial de la R & D des groupes français

L'étude NEOMA-BS compare les stratégies de R & D des groupes français à celles des groupes d'autres nationalités à partir d'une analyse des données du tableau de bord européen¹ sur les entreprises mondiales qui ont les plus grands budgets de recherche. Ce tableau de bord est réalisé chaque année depuis 2003 par l'Institut de prospective technologique (IPTS, Séville) rattaché au Joint Research Center (JRC) de la Commission européenne et porte aujourd'hui sur les 2 500 entreprises qui présentent le plus gros budget annuel de R & D. L'étude mobilise également les données de l'enquête annuelle sur la R & D dans les entreprises², réalisée par le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation (MESRI).

L'analyse de l'évolution temporelle de la R & D permet d'analyser l'évolution du poids des grands groupes français vis-à-vis de leurs concurrents et de cerner dans quelle mesure

¹ Voir par exemple Grassano N. *et al.* (2020), *The 2020 EU Industrial R & D Investment Scoreboard*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

² Cette enquête annuelle du MESRI sur les moyens consacrés par les entreprises à la R & D permet notamment de préciser les caractéristiques des groupes présents en France.

les groupes français, qui bénéficient d'aides publiques directes et indirectes importantes¹, ont modifié leurs comportements au cours du temps, en particulier à la suite de la transformation du CIR en 2008 en un régime exclusivement en volume et dé plafonné.

1.1. Dans le classement mondial des grands groupes investisseurs en R & D, le nombre de groupes français est assez stable entre 2005 et 2016, mais le poids de leurs R & D baisse d'un tiers

Attribuer une nationalité à un groupe d'entreprises n'est souvent pas aisé mais il existe un certain nombre de critères *a priori* clairs (voir annexe 5). En tout cas, le fait marquant de l'évolution du classement mondial des entreprises effectuant le plus de dépenses de R & D est la forte croissance du nombre de groupes chinois sur la période 2005-2019 (Tableau 6).

Tableau 6 – Nombre de groupes dans le classement des grands investisseurs mondiaux en R & D, par pays d'origine, 2005-2019

Pays	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
États-Unis	586	562	544	532	501	486	457	452	467	469	479	451	430	421	414
Roy.-Uni	326	319	289	246	246	244	246	252	258	268	276	290	275	273	280
Chine	6	8	10	15	21	19	53	50	67	122	126	147	177	217	243
Allemagne	167	169	191	210	209	207	234	225	222	215	218	224	219	218	212
Japon	237	237	244	256	259	267	273	258	226	208	204	210	202	192	181
France	117	119	113	126	118	127	128	128	124	120	121	113	116	117	118
Suède	82	75	78	70	76	74	84	88	90	80	83	82	77	78	78
Pays-Bas	42	47	46	50	49	51	49	52	46	47	46	43	50	50	47
Taiwan	44	45	41	41	45	50	42	46	43	48	45	44	43	40	38
Irlande	12	12	11	12	16	17	14	16	21	25	24	27	27	30	35
Corée	17	22	21	22	26	25	34	38	37	34	28	34	35	32	32
Suisse	37	38	42	38	38	40	39	40	42	36	38	36	37	36	31

Note : 2 000 entreprises ont été retenues par NEOMA-BS, voir annexe de l'étude pour plus d'information. Les pays du classement retenus dans ce tableau, par ordre décroissant, se réfèrent aux données de 2019.

Source : EU Industrial R & D Investment Scoreboard, calculs des auteurs de l'étude NEOMA-BS 2021

¹ Voir CNEPI (2019), OCDE (2020), *op. cit.*

Les groupes chinois ont vu leur nombre multiplié par cinq pour atteindre 243 en 2019, soit le double du nombre d'entreprises françaises dans ce classement. Si des pays de l'OCDE comme l'Autriche, l'Allemagne, l'Irlande¹ ou la Corée affichent aussi une forte croissance, la montée de plusieurs pays de l'Asie dans le classement va globalement de pair avec une baisse du nombre de groupes issus de l'OCDE, notamment ceux originaires des États-Unis, du Japon ou du Royaume-Uni. Le rang de la France (6^e) reste relativement stable dans ce classement, avec un nombre de groupes autour de 117 unités depuis 2005. La croissance sur la période 2010-2011 – avec 128 groupes français classés – s'explique notamment par la chute des investissements en R & D des groupes étrangers après la crise de 2008. La Suède, la Suisse ou Taïwan ont connu une évolution similaire.

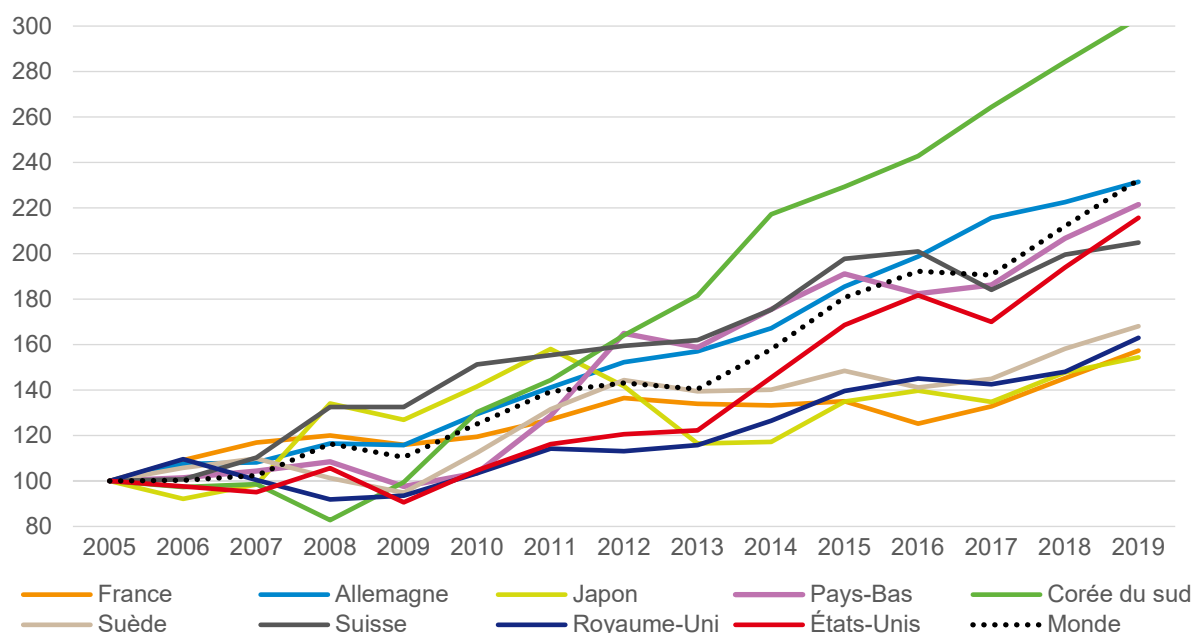
Quelle a été l'évolution en termes de dépenses de R & D ?

On observe des évolutions très contrastées des efforts de R & D des groupes mondiaux (Graphique 14 page suivante). Les dépenses des groupes chinois² et taïwanais ont connu une croissance telle (avec des indices de 9 000 et 400 respectivement) qu'elle ne peut être représentée sur le même graphique que les autres pays. Ainsi, sur un total de 861 milliards d'euros de DIRDE 2019 des groupes classés dans la base des principaux 2 000 investisseurs mondiaux en R & D, près de 12 % sont désormais effectués par des groupes chinois, contre seulement 0,2 % en 2005. L'étude souligne les performances des groupes des États-Unis et de la Suisse, qui ont maintenu des poids en valeur en 2019 équivalents à ceux de 2005, mais qui ont connu des évolutions contrastées durant la période. Les groupes originaires des États-Unis, avec une part de 39,9 % en 2005, ont vu leur poids baisser de plus de 6 points sur la première moitié de la période avant de retrouver leur poids initial en 2019. À l'inverse, les groupes suisses, qui affichaient un poids de 3,5 %, ont débuté la période par une croissance d'un point, passant à 4,5 %, avant de finir à 3,3 % en fin de période. Les groupes allemands et néerlandais ont augmenté leurs efforts de R & D à un rythme similaire, voire parfois supérieurs à ceux des groupes américains. Au sein de la zone Asie, mêmes si les groupes coréens connaissent une forte croissance de leurs efforts de R & D, celle-ci reste largement en dessous de celles des groupes chinois ou même taïwanais.

¹ Il existe cependant un certain nombre de groupes dont l'attribution à l'Irlande fait débat, par exemple dans le cas des groupes Accenture et Allergan évoqués ci-après, dans l'annexe 5.

² Un reclassement de nationalités a été mené pour les entreprises domiciliées aux Pays-Bas, au Luxembourg, aux Îles Cayman et aux Îles Vierges (et qui concernent essentiellement des multinationales chinoises et américaines). Le reclassement des firmes sous pavillon irlandais n'a pas été mené.

Graphique 12 – Évolution des montants de R & D dépensés par les groupes qui investissent le plus en R & D, par pays (base 100 en 2005)



Note : les euros sont en euros courants sur la période. La Chine, l'Irlande et Taïwan ne sont pas représentés sur le graphique car ils montent respectivement à des valeurs de 9 000, 1 300 et 400 pour 2019.

Source : *EU Industrial R & D Investment Scoreboard, étude NEOMA-BS 2021, calculs des auteurs*

Ces évolutions contrastent avec la trajectoire des groupes français qui connaissent une stagnation de leurs investissements à partir de 2013, même si une légère hausse émerge à partir de 2017 (Graphique 14). Les groupes français, ainsi que les groupes suédois, japonais ou britanniques qui connaissent le même déclin relatif, ne suivent pas le rythme de croissance sur la période des efforts en R & D des autres groupes mondiaux. S'ils semblent avoir mieux résisté à la crise de 2008 que les autres groupes étrangers, leur décrochage s'est opéré depuis 2013, malgré l'importance des aides directes et indirectes au niveau national. Les groupes des autres pays ont accéléré leurs efforts de R & D et, en conséquence, la R & D des groupes français voit son poids relatif baisser d'un tiers¹ (4,6 % en 2019 contre 6,8 % en 2005), même si elle reste en valeur au cinquième rang mondial. L'étude NEOMA-BS conclut que « la générosité des aides françaises, qu'elles soient directes ou indirectes, n'a ainsi pas empêché les multinationales françaises de perdre globalement du terrain au niveau mondial. L'érosion des groupes français semble toutefois faiblir à partir de 2017 ».

La baisse du poids des groupes français concerne aussi les groupes leaders, comme le montre l'analyse des dépenses dans le premier décile du classement mondial et donc au

¹ À peu près au même rythme que la part relative de la France dans le PIB mondial.

sein des deux cents plus grands investisseurs mondiaux en R & D. Si le nombre de firmes françaises leaders était de 18 dans le classement de 2005, elles ne sont plus que 12 en 2019, la baisse s'étant opérée à partir de 2014 (Tableau 7). Face notamment à la poussée de la Chine, la baisse dans le classement mondial des groupes français est plus marquée en nombre (un tiers de moins), que celle des groupes de l'Allemagne (un quart) et du Japon (un cinquième) et *a fortiori* que celle des groupes des États-Unis et du Royaume-Uni (un dixième de moins dans les deux cas). Et ces leaders mondiaux français pèsent aussi proportionnellement de moins en moins lourd dans la valeur de la R & D industrielle mondiale (5,5 % en 2005 et seulement 3,5 % en 2019).

Tableau 7 – Le nombre de groupes appartenant au top 10 % des dépenses de R & D dans les dépenses des groupes, par pays d'origine

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
États-Unis	81	78	82	75	68	73	68	70	71	73	72	74	66	69	72
Japon	41	36	37	45	45	45	47	40	35	33	34	34	38	35	32
Chine	1	1	1	2	4	5	7	8	10	12	15	17	19	24	25
Allemagne	19	20	18	18	18	16	16	14	16	16	18	18	18	17	15
France	18	21	19	18	19	18	17	18	18	15	14	12	13	11	12
Roy.-Uni	10	10	10	9	9	10	10	11	11	10	9	8	9	8	9
Corée	5	6	6	4	4	5	4	6	5	5	5	5	6	6	6
Suisse	7	6	6	5	5	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5
Pays-Bas	3	4	4	3	4	2	3	5	5	6	5	5	4	4	4
Irlande	0	0	0	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3
Taiïwan	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Suède	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Total	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Source : EU Industrial R & D Investment Scoreboard, étude NEOMA-BS 2021, calculs des auteurs

1.2. Une forte concentration de la R & D des groupes français et peu de renouvellement au sein des groupes leaders du classement

Les données du classement mondial des plus grands investisseurs français en R & D montrent une stabilité importante en tête du classement, avec les piliers de la recherche industrielle que sont Sanofi, Airbus, Peugeot et Renault, ou encore ST Microelectronics. Ce classement permet de souligner à la fois la volatilité des budgets de certains groupes (Total, L'Oréal, Orange ou même Schneider) et la disparition du classement de leaders français cédés en totalité ou en partie, tels que les sociétés Alcatel ou Alstom. Ces disparitions peuvent refléter un changement de contrôle d'un groupe français qui devient étranger et ne se traduisent pas forcément par des conséquences immédiates sur leurs efforts de R & D en France. La tête de classement montre aussi l'importance de l'industrie

pharmaceutique, de l'automobile ou du numérique. La présence en tête de classement national de plusieurs groupes de l'aéronautique et du spatial (civils et militaires) souligne une spécialisation relative de la France par rapport à l'Allemagne.

Douze leaders français concentrent l'essentiel de la R & D industrielle effectuée par les groupes français. Près de 70 % de la R & D réalisée par les groupes français dans le monde est ainsi faite par ces 12 groupes et cette concentration a augmenté au cours des dix dernières années, y compris en termes de dépenses réalisées en France (voir point 2). Les trois premiers acteurs représentent plus du tiers des dépenses comptables de R & D des groupes français ; les douze premiers, plus des deux tiers. Le poids de ces groupes a décliné entre 2005 et 2013. Cependant, on assiste à une stabilité dans la composition de ce groupe. Le poids de Sanofi est relativement plus important que celui des autres groupes français et ce poids est constant sur la période observée. Si le taux de concentration¹ de la R & D des groupes français (voir Tableau 8) est similaire à celui des groupes allemands, le nombre d'entreprises françaises dans ce classement équivaut à un peu plus de la moitié de celui des entreprises allemandes, et leur poids dans la R & D des entreprises du classement représente moins de la moitié de celui des entreprises allemandes. Il faut rappeler ici aussi que les dépenses de R & D des entreprises en Allemagne sont aussi équivalentes, au total, au double de celles des entreprises en France.

Tableau 8 – Concentration des dépenses de R & D des groupes, par pays d'origine (1/HHI)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Corée	3,8	4,0	4,2	4,6	4,3	3,9	3,7	3,8	3,2	3,2	3,3	3,9	3,8	3,6	3,7
Suisse	5,2	4,7	4,6	4,6	4,5	4,6	4,6	4,7	4,7	4,5	4,6	4,6	4,6	4,5	4,4
Suède	5,1	4,8	5,2	4,3	5,1	4,7	4,6	4,7	5,3	4,8	5,3	6,0	6,1	6,4	6,5
Pays-Bas	3,7	4,9	6,1	6,9	6,4	6,8	7,7	9,5	8,9	7,4	10,7	7,0	7,5	9,1	8,8
Irlande	2,8	3,7	3,8	3,6	6,8	6,3	4,8	6,4	8,1	8,6	6,2	6,9	8,3	8,6	9,8
Taiwan	27,2	25,9	25,6	22,0	22,0	20,4	17,1	17,3	16,9	16,7	15,1	14,3	12,0	11,8	11,6
Allemagne	14,9	16,4	18,0	18,2	18,0	16,8	17,4	15,8	14,5	13,9	14,8	15,6	16,1	15,9	16,1
France	15,4	15,5	15,1	15,7	15,9	16,8	16,6	18,0	18,8	18,1	17,1	16,4	16,5	15,5	16,3
Roy.-Uni	12,3	12,4	12,2	11,8	12,9	14,0	15,0	16,2	17,7	17,6	16,4	17,6	19,2	20,1	19,5
Chine	3,8	4,0	4,2	6,2	7,6	7,6	12,1	11,0	14,0	21,0	19,1	19,8	21,5	28,3	27,2
Japon	38,2	38,3	40,3	41,5	43,3	47,6	46,7	46,3	44,4	42,4	42,2	46,1	44,4	43,5	41,5
États-Unis	67,1	69,9	69,4	73,0	71,4	69,0	67,1	68,5	69,4	66,7	64,9	61,0	58,5	54,3	51,0
Ensemble	181,8	192,3	196,1	204,1	208,3	212,8	212,8	212,8	204,1	200,0	200,0	200,0	196,1	192,3	185,2

Note : le nombre équivalent est l'inverse de l'indice d'Herfindahl-Hirschman (HHI) et s'interprète par le nombre d'entreprises existant si toutes les entreprises (du pays ici) avaient la même part de R & D dans le pays d'origine. Pour plus de détail, voir encadré 1 de l'étude NEOMA-BS. Le classement est fait de la concentration la plus élevée (Corée du Sud) à la plus faible (États-Unis) ou encore du nombre équivalent le plus faible au plus élevé.

Source : *EU Industrial R & D Investment Scoreboard, Étude NEOMA-BS 2021, calculs des auteurs*

¹ Défini comme l'inverse de l'indice d'Herfindahl-Hirschman (voir le rapport à la page 23).

Au sein des grands groupes de la plupart des nationalités (sauf Royaume-Uni), ce degré de concentration de l'effort de R & D s'est globalement maintenu sur l'ensemble de la période 2005-2019. Cette stabilité apparente correspond en fait à un mouvement décroissant de 2005 à 2012, suivi d'une tendance inverse par la suite, avec un renforcement de la concentration surtout aux États-Unis, au Japon et à Taïwan. À cet égard, l'évolution a été similaire pour les groupes français¹.

L'évolution de la situation française est cependant différente de celle observée dans les pays où de nouveaux leaders viennent contester et même remplacer les leaders historiques. Par contraste, certains pays sont parvenus à faire émerger des leaders mondiaux. Le cas des États-Unis est emblématique car il est le seul pays de l'OCDE à réussir de l'innovation de type « destruction créatrice » à une telle échelle sur une si courte période, avec de nouvelles entreprises bousculant les positions historiques. De plus, le poids de ces nouveaux leaders américains² est important, avec une dépense annuelle de R & D équivalente à la dépense totale de l'ensemble des groupes français. Ces nouveaux leaders américains de la R & D mondiale – en particulier Google, Amazon, Facebook mais aussi Tesla – concernent pour la plupart le secteur du numérique³.

Quant aux évolutions sectorielles sur la période 2005-2019, trois secteurs illustrent bien certains enjeux majeurs : la santé, le matériel de transport et le numérique. Dans les deux premiers, très concentrés autour de peu d'acteurs⁴, les classements des principaux groupes sont dans l'ensemble très stables, notamment en France parce que ces secteurs connaissent une forte concentration. Si la R & D des groupes américains a globalement maintenu sa domination dans le secteur de la santé, celle des groupes européens a plutôt bien résisté dans le matériel de transport. Dans ces deux domaines, la R & D des groupes français a été moins dynamique au cours de cette quinzaine d'années que celle de ses concurrents, notamment américains. À cet égard, les différentiels d'ampleur pour les aides publiques à la R & D ne semblent guère avoir pu contrecarrer ces écarts de trajectoires.

Le constat est encore plus flagrant pour la R & D dans le numérique, un domaine marqué surtout par l'écrasante domination des groupes américains (62 % du total mondial) et par

¹ Concernant les groupes français, ces indications corroborent l'idée exprimée dans le rapport de recherche de l'IPP sous l'angle de la créance fiscale, à savoir que la réforme du CIR de 2008 ne s'est pas accompagnée d'un net mouvement de déconcentration au profit des entreprises de moindre taille.

² Les entreprises américaines du digital devenues des leaders mondiaux en R & D après la crise de 2010 sont : Dell Technologies, Electronic Arts, Facebook, Freescale, HP, Lam Research, LinkedIn, Netapp, Pinterest, Salesforce.com, Sandisk, Snap, Synopsys, Twitter, Uber Technologies, Western Digital, Workday. Sur le cas spécifique d'Amazon, voir explications dans l'encadré de l'annexe 5.

³ Sur les budgets R & D de ces nouveaux leaders américains et, plus largement, des 40 plus grands groupes mondiaux par l'ampleur de leurs dépenses annuelles de R & D, voir l'annexe 3.

⁴ Rapporté à l'ensemble de la dépense intérieure de R & D des entreprises (DIRDE), le poids très important de Sanofi en France est similaire à celui du groupe Volkswagen en Allemagne, selon le rapport.

le rapide essor de leurs rivaux chinois (+ 13 points de pourcentage depuis 2009, avec une part mondiale portée à plus de 15 % en 2019), au détriment surtout des groupes japonais, allemands, français et britanniques, et même si ce recul a en Europe épargné les Pays-Bas (avec les succès dans les semi-conducteurs que sont les entreprises ASML et NXP).

1.3. Une intensité de la R & D des groupes français et européens, plus faible que celles des concurrents américains et asiatiques

Dans l'ensemble, le changement global dans la hiérarchie mondiale des groupes en matière de R & D dépend en partie de leurs différences en termes de secteurs et de taille. Le recul relatif subi globalement par les groupes européens – mis à part le cas des groupes suisses – s'explique cependant davantage par le fait qu'à structure donnée sous l'angle des secteurs et de la taille, ils font preuve d'une plus faible intensité en R & D que leurs concurrents d'outre-Atlantique ou d'Asie. Pour les groupes français, et après correction de ce facteur structurel, l'intensité de la R & D se révèle significativement moindre que celle des groupes américains, asiatiques ou suisses et ne se distingue guère de celles des groupes allemands, italiens, néerlandais ou suédois¹.

L'étude NEOMA-BS conclut que ces tendances traduisent « l'essor d'une recherche à deux vitesses : celle d'une recherche globalisée par des groupes situés en France qui peinent à suivre le rythme mondial ; celle d'une recherche d'entreprises indépendantes dont les efforts pèsent de moins en moins lourd dans la production de connaissance française et internationale et cela malgré le nombre croissant d'entreprises aidées pour leur R & D, de manière directe ou indirecte ».

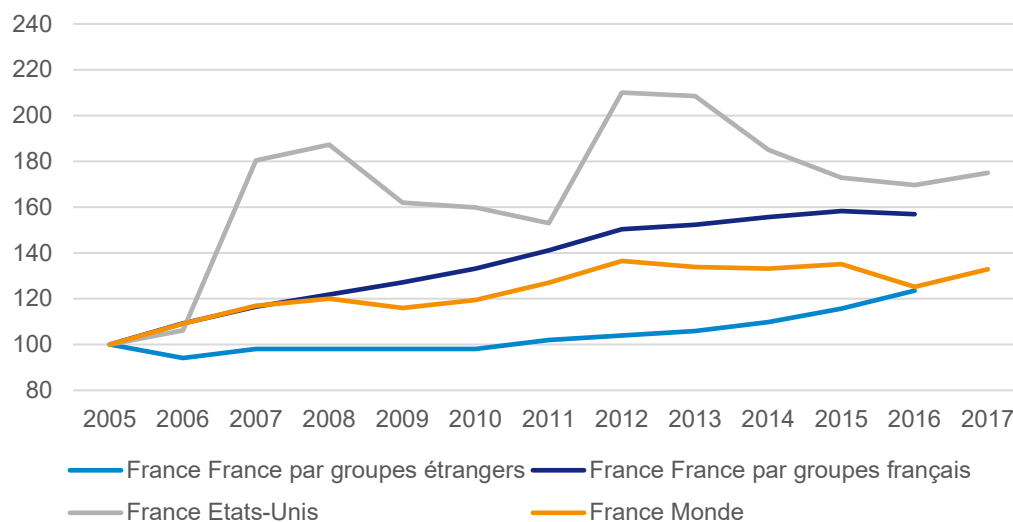
Si le poids des grands groupes français baisse au niveau mondial, il augmente en France pour concentrer désormais les trois quarts de la R & D industrielle française. Afin de mieux cerner ces évolutions, il est utile de comparer la R & D des groupes français en France non pas en niveau – les définitions n'étant pas les mêmes² – mais en évolution pour essayer de caractériser l'importance de l'internationalisation des groupes français. Ces données montrent que pour la croissance de leurs efforts de R & D, les groupes français ont plutôt privilégié le site France (Graphique 15). Sur l'ensemble de la période 2005-2017, en d'autres termes, les dépenses de R & D des groupes français se sont proportionnellement moins accrues dans le monde entier³ que sur le sol français.

¹ Comme le montre une estimation économétrique dans laquelle l'effort de R & D des groupes est expliqué par un certain nombre de facteurs. Voir l'annexe 2 du rapport NEOMA-BS.

² Définition Frascati pour l'enquête du MESRI et les données des rapports d'activité pour le scoreboard européen.

³ Le rapport suggère là aussi qu'un relatif désengagement a pu se produire pour les grands groupes français à l'étranger, suite notamment aux mouvements de fusion-acquisition, de démembrement ou de cession qui

Graphique 13 – Évolution des investissements de R & D des groupes français (base 100 en 2005)



Note : le premier pays est le pays d'origine des groupes, le second est le lieu de dépense de la R & D. Par exemple, on lira : les investissements de R & D par les groupes français en France (« France France »), faits pas les groupes étrangers (« par groupes étrangers »). Les données France France et France États-Unis sont basées sur des montants de R & D au sens du manuel de Frascati (OCDE, 2015). Les données France Monde sont des données comptables de R & D. Les montants des dépenses Monde sont en dollars courants ; les autres montants sont en euros courants.

Sources : NEOMA-BS 2021, à partir des données du Scoreboard IPTS, 2005-2017, du BEA, 2005-2017 et du MESRI, 2005-2016

2. La R & D des entreprises étrangères en France s'est accrue mais faiblement au regard de l'importance des investissements des groupes étrangers au niveau mondial

Les données de R & D consolidées par groupes en France¹ montrent le poids prépondérant des groupes français dans les dépenses de R & D des entreprises en France. Selon les données de 2016, leurs efforts en R & D s'élevaient à 23,7 milliards d'euros sur 32,2 milliards du total des dépenses de R & D des entreprises, soit un peu moins des trois quarts (contre 68 % en 2000). Les groupes étrangers investissent en France 6,3 milliards d'euros, soit une part de 20 % des dépenses internes des entreprises en

ont visé les groupes Alcatel-Lucent, Alstom ou Lafarge, ainsi qu'en raison de certains déboires d'Areva, Vivendi, PSA (en Chine) ou Vallourec.

¹ Ces indications sont obtenues en appariant les données de l'enquête nationale (du MESRI) sur les efforts de R & D de entreprises avec la base sur les liaisons financières entre entreprises (fichier LIFI).

France (DIRDE). Le reste, soit environ 7 % incombe aux entreprises indépendantes des groupes, y compris les startups. Cette part relative des entreprises indépendantes a en outre reculé globalement au cours des quinze dernières années (Tableau 9).

Si la R & D des groupes étrangers en France a augmenté, sa croissance d'une part est plus faible que celles des entreprises françaises en France (Graphique 15 et Tableau 9) et d'autre part contraste avec la plus forte croissance observée de la R & D de ces mêmes groupes étrangers dans le monde (Graphique 14).

2.1. Une croissance de la R & D des entreprises étrangères en France plus faible que celles des entreprises françaises

Sur la période 2000-2016, le poids des groupes étrangers dans la R & D des entreprises en France a baissé légèrement, de 3 points, reculant à un peu moins de 18 % de la DIRDE au cours des années 2012-2014¹. Depuis 2013, et notamment grâce à la reprise des dépenses des filiales européennes en France, cette part a regagné près de deux points, revenant à près de 20 % en 2016. En d'autres termes, le dynamisme retrouvé tardivement de la part des filiales de groupes étrangers en France, à partir de 2014, a en partie compensé le ralentissement constaté depuis 2013 pour les investissements des groupes français réalisés en France. Sur l'ensemble de cette quinzaine d'années, la croissance de la R & D des entreprises étrangères a malgré tout été plus faible que celle des entreprises françaises.

Tableau 4 – Évolution de la structure de la DIRDE réalisée en France

Année	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
DIRDE (Mds €)	18,0	17,9	19,8	19,2	19,6	21,3	22,6	24,0	24,8	26,1	27,2	29,1	29,7	30,5	31,4	32,2
Indépendantes (%)	9,5	8,2	12,9	11,4	10,5	11,0	8,7	9,3	8,1	8,6	8,1	6,7	7,0	6,8	6,1	6,6
Groupes français (%)	68,6	67,9	66,9	67,5	66,9	68,9	71,1	71,4	72,8	73,1	73,9	75,6	75,4	75,3	75,4	73,8
Groupes étrangers (%)	21,9	23,9	20,2	21,1	22,6	20,1	20,2	19,3	19,1	18,3	18,2	17,7	17,6	17,9	18,5	19,6
États-Unis	6,3	6,9	7,2	7,1	7,6	7,1	6,9	6,6	5,7	5,5	4,8	5,3	5,2	5,5	4,1	5,3
Europe	13,5	14,7	11,5	12,4	13,8	11,7	11,7	11,2	12,1	11,6	12,1	11,3	11,4	11,3	12,9	12,4
Allemagne	2,3	3,2	3,0	3,1	3,6	3,3	3,2	3,5	3,0	2,9	3,1	3,0	2,9	2,9	3,2	2,8
Suisse	1,4	1,8	1,7	1,8	1,8	1,7	1,6	1,9	2,7	1,8	1,7	2,0	2,0	2,3	1,9	2,2
Pays Bas	2,3	2,3	1,7	1,8	1,7	1,2	0,4	0,8	0,4	0,4	0,7	0,7	0,7	0,6	0,9	0,9
Suède	0,9	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,3	1,0	0,9	1,1

Note : la DIRDE est en milliards d'euros constants 2016. La structure de la DIRDE est en %.

Sources : étude NEOMA-BS, données MESRI, enquête R & D

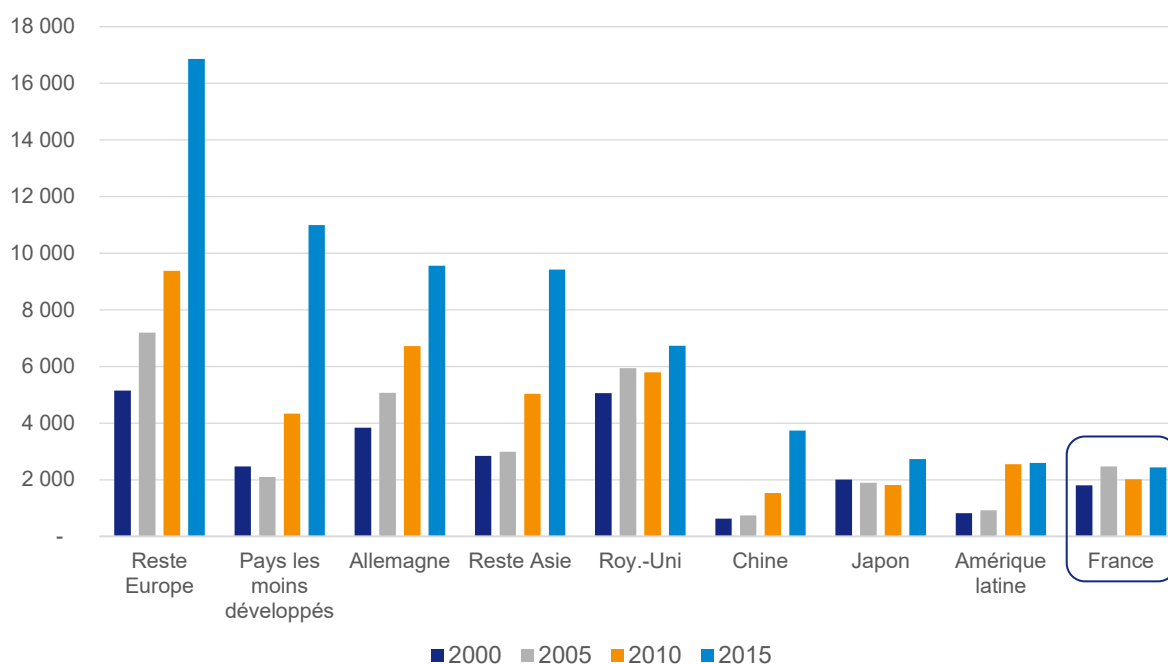
¹ L'année de réforme du CIR (2008) ne marque pas de rupture nette de tendance.

L'étude NEOMA-BS a précisé cette analyse par grande zone géographique. Elle montre la primauté des groupes de l'Europe et de l'Amérique du Nord. Près des deux tiers des investissements en R & D réalisés par des groupes étrangers en France sont le fait de filiales de groupes européens¹, avec une part du total plutôt stable sur la période et qui s'est montée à 12 % de la DIRDE en 2016. Ceux des groupes nord-américains représentent environ 6 % de la DIRDE (1,8 milliard) en baisse depuis le milieu des années 2000. Le poids des autres nationalités reste somme toute modeste, passant de 0,5 % à 1,6 % de la DIRDE entre 2001 et 2016. En évolution, l'étude montre une baisse tendancielle du poids dans la DIRDE des groupes nord-américains, une légère hausse du poids des filiales de groupes européens et une croissance relativement faible du poids des groupes d'autres nationalités.

Si les groupes des États-Unis restent les premiers investisseurs étrangers en R & D dans notre pays, ils n'y ont guère accru leur présence sur ce plan depuis le début des années 2000. Leurs investissements en R & D, qui s'élèvent à 1,7 milliard d'euros en 2016, représentent 5,3 % du total de la DIRDE en France, suivis par les groupes allemands et suisses, avec respectivement 0,9 et 0,7 milliard (2,8 % et 2,2 % du total). Compte tenu du poids des entreprises sous contrôle des États-Unis, la stagnation relative sur la période des investissements des entreprises originaires de ce pays est suffisante pour faire baisser le poids des multinationales étrangères en France. Cette stagnation contraste avec la forte croissance des dépenses de R & D des filiales des groupes américains à l'étranger (Graphique 17). Par ailleurs, on assiste à une croissance de la R & D des multinationales européennes – notamment allemandes, suisses, suédoises, belges ou finlandaises – mais également japonaises qui est supérieure à celle constatée pour les groupes français. Les multinationales du Royaume-Uni représentent en moyenne 0,9 % de la DIRDE et connaissent une croissance importante mais irrégulière de leur R & D en France. Sur la période 2011-2016, les seules entreprises qui opèrent une baisse de leurs efforts de R & D sont originaires des Pays-Bas et du Luxembourg. La stagnation relative des investissements des filiales américaines en France depuis la crise de 2008 a donc été relativement compensée par un maintien ou une croissance des filiales de groupes européens.

¹ À ce sujet, l'étude mentionne les pays de l'Union européenne (EU27), la Grande-Bretagne, la Suisse et la Norvège.

Graphique 14 – La R & D réalisée à l'étranger par les filiales étrangères des groupes américains, par région et par pays sélectionnés (en millions de dollars américains 2010)



Source : étude NEOMA-BS, d'après Chiarini T., Caliarì T., Bittencourt P.F. et Siqueira Rapini M. (2020), « US R&D internationalization in less-developed countries: Determinants and insights from Brazil, China, and India », *Review of Development Economics* 24, p. 288-315 ; données du Bureau of Economic Analysis (BEA), *Survey of U.S. Direct Investment Abroad*

La R & D des entreprises (DIRDE) des groupes étrangers, hors entreprises originaires des États-Unis, des Pays-Bas et du Luxembourg, a contribué à la croissance de la R & D en France. Les entreprises étrangères localisées en France ont continué à y investir pendant la crise de 2009-2010 pour marquer le pas entre 2012-2014, avant de connaître une croissance soutenue en 2015-2016, mais moins importante que celles des entreprises françaises.

Au total, si le poids des groupes étrangers situés en France baisse légèrement lors des années 2000 pour représenter environ 18 % de sa DIRDE dans les années 2010, les firmes françaises indépendantes ont vu elles aussi leur poids baisser, traduisant leurs difficultés à suivre le rythme de croissance des efforts des grands groupes en France. Sur l'ensemble de la période, l'étude NEOMA-BS souligne que l'année 2008 ne marque pas de rupture significative de tendance de la R & D des entreprises étrangères en France.

Certes, les groupes étrangers n'ont pas un degré de présence identique dans tous les secteurs. En France, et alors que leur part relative dans la DIRDE a été en 2016 de 20 % en moyenne, elle a ainsi été plus prononcée dans les services informatiques (22 %), les

composants électroniques (25 %¹), la chimie (33 %) et, surtout, la construction mécanique (53 %). À l'extrême inverse, elle n'a été que de 2 % dans le secteur de l'aéronautique et du spatial. En parts relatives, les groupes étrangers ont réduit en France leurs efforts en R & D dans les secteurs des composants électroniques, de la pharmaceutique et de l'automobile. Cette évolution n'a pas été compensée par un engagement accru dans le domaine – plus récemment émergé – du numérique, notamment dans le cas des GAFAM (Google, Apple, Facebook, Amazon et Microsoft), qui n'ont constitué qu'une présence modeste dans la R & D française.

2.2. Le renforcement du CIR n'a pas empêché la perte d'attractivité de la France en termes de localisation de la R & D des groupes étrangers

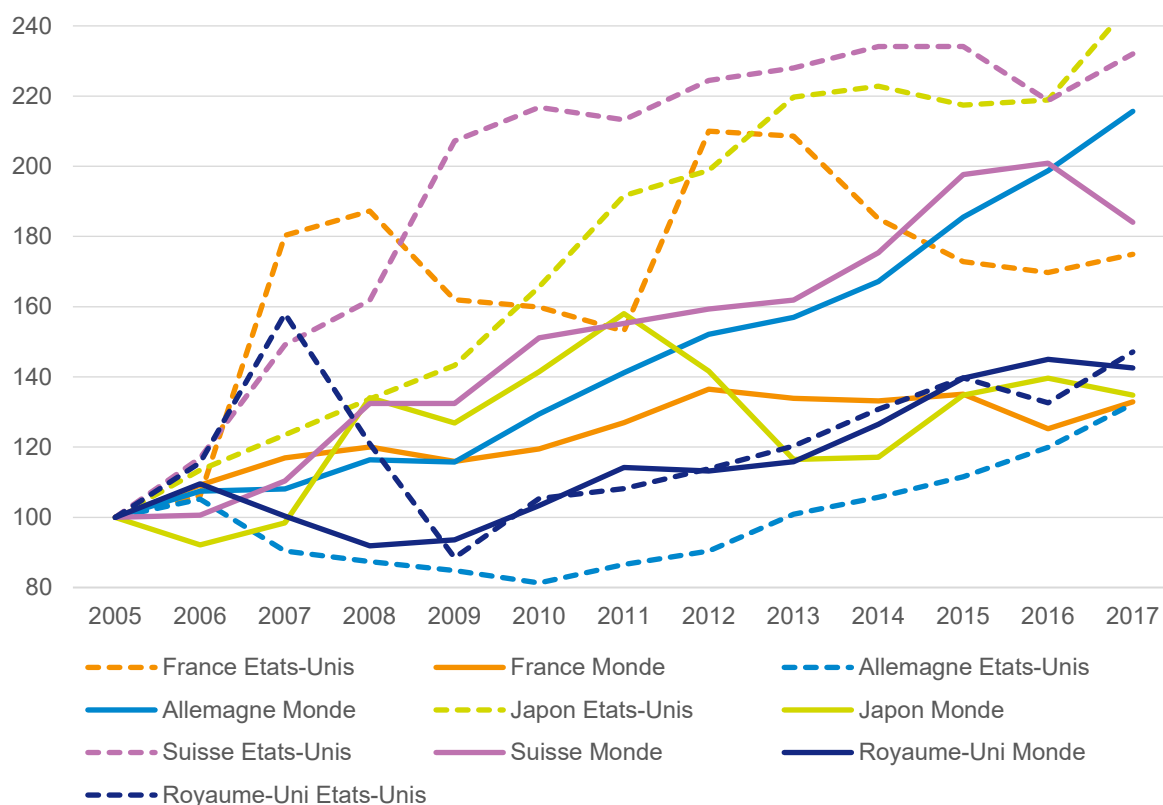
Les données sur l'évolution de la R & D en France couplées avec celles sur la R & D des groupes étrangers dans le monde soulignent une certaine perte d'attractivité de la France pour les groupes étrangers (Graphiques 17 et 18). Si les investissements étrangers ont augmenté en France durant la période, la croissance de ces investissements n'est donc pas à la mesure des efforts français en R & D en France et encore moins à la mesure des efforts mondiaux des groupes étrangers. À partir de 2013, le ralentissement des investissements des groupes français faits aussi bien en France que dans le reste du monde est compensé, en partie, par la croissance des dépenses de R & D des filiales de groupes européens en France, qui augmentent à partir de 2014.

Le cas des investissements des groupes originaires des États-Unis est éclairant. Ces groupes semblent avoir délaissé la France, le Japon et l'Amérique latine et dans une moindre mesure le Royaume-Uni (Graphique 17). Les groupes américains ont surtout accru leurs investissements en R & D en Chine et dans le reste de l'Asie (hors Japon), ainsi que dans les pays nettement moins avancés, où les attire sans doute le dynamisme des marchés locaux couplé à la présence de talents relativement peu rémunérés. Plutôt qu'en France², les groupes américains ont aussi davantage investi en R & D dans d'autres pays européens, notamment en Allemagne, où les coûts de la R & D sont pourtant plus élevés et où une aide de type CIR n'existe que depuis 2020 et avec des montants de créance plafonnés à assez bas niveau (4 millions d'euros).

¹ Dans cette étude, STMicroelectronics et Gemalto sont considérés comme français.

² Pour les multinationales qui consolident leurs résultats financiers aux États-Unis, les pratiques de l'administration fiscale américaine conduisent à réintégrer les impôts qu'une filiale d'un groupe américain implantée à l'étranger a pu y payer. Ceci implique que, pour une filiale française d'un groupe américain, un allègement fiscal obtenu en France *via* le CIR est compensé en partie par un surcroît de charge fiscale payé par la maison mère aux États-Unis au titre de l'impôt sur les sociétés.

Graphique 15 – Évolution des investissements de R & D des groupes, au niveau mondial et aux États-Unis (base 100 en 2005)



Note : le premier pays est le pays d'origine des groupes, le second est le lieu de dépense de la R & D. Par exemple, on lira : les investissements de R & D par les groupes français dans le monde (« France Monde ») ou aux États-Unis (« France États-Unis »). Les dépenses de R & D faites aux États-Unis sont des montants de R & D au sens du manuel de Frascati (OCDE, 2015). Les données France Monde sont des données comptables de R & D. Les montants des dépenses Monde sont en euros courants ; les montants des dépenses aux États-Unis sont en dollars courants.

Sources : NEOMA-BS 2021 à partir des données du Scoreboard IPTS, 2005-2017 et du BEA, 2005-2017

La comparaison de la croissance des dépenses des groupes peut aussi être faite par nationalité et ce, aussi bien pour leurs dépenses mondiales que pour leurs dépenses faites aux États-Unis (Graphique 18). On retrouve en orange les deux courbes du graphique 15 concernant les entreprises françaises, à comparer à celles des groupes d'autres nationalités. L'évolution montre que les groupes suisses et japonais ont, comme les groupes français, investi plus aux États-Unis que dans le reste du monde. La polarisation vers la recherche américaine n'est pas observée pour les groupes britanniques et les groupes allemands : les premiers, bien plus présents aux États-Unis que les groupes français, y ont investi au même rythme que dans le reste du monde ; les seconds ont relativement plutôt désinvesti dans la recherche outre-Atlantique au cours de la période. Toutefois, la croissance des dépenses externes de R & D vers l'étranger des groupes allemands suggère une internationalisation de la R & D en dehors de l'Allemagne au

même rythme que la R & D allemande (avec une industrie automobile qui investit plus en Allemagne et un secteur de la construction mécanique qui semble délocaliser sa R & D de manière plus prononcée). Dès lors, la croissance des investissements aux États-Unis se retrouve sur une trajectoire supérieure à celle de la France ainsi qu'à celle des autres pays.

Les données américaines publiées par le Bureau of Economic Analysis (BEA) permettent de préciser comment ont évolué ces activités de R & D des groupes français aux États-Unis, historiquement la première destination étrangère pour des investissements en R & D des multinationales françaises. Il en ressort qu'avec un flux équivalent à environ 4,6 milliards d'euros en 2017 (dont 1,8 milliard pour le seul secteur chimie-pharmacie), la France a constitué sous cet angle le cinquième pays investisseur aux États-Unis (derrière la Suisse, le Royaume-Uni, le Japon et l'Allemagne) et y a renforcé sa présence globalement au même rythme depuis 2000 que la moyenne des pays de l'UE¹.

L'étude NEOMA-BS conclut qu'en France, la modération des coûts permise par le CIR et d'autres aides à la R & D n'a pas suffi à drainer une part substantielle du surcroît d'effort de R & D opéré dans les années 2010 par les principaux groupes étrangers – principalement européens (notamment allemands et suisses), américains ou asiatiques –, dont le centre de gravité s'est donc déplacé vers d'autres parties du monde, notamment aux États-Unis, en Asie et dans d'autres pays en développement. Il n'est cependant pas exclu que cette baisse de l'attractivité du territoire français pour les activités de R & D eût été plus importante en l'absence de CIR.

3. La globalisation de la R & D des groupes français se traduit par un déficit croissant de la balance des services de R & D, malgré la présence du CIR

La production de connaissance par les entreprises dépend non seulement de leurs efforts de R & D interne, mais aussi des interactions entre ces entreprises et les acteurs publics et privés. Ces interactions peuvent s'analyser aussi en termes de flux entre la France et le reste du monde : une entreprise localisée en France peut avoir besoin de compétences externes en R & D et trouver ces compétences à l'étranger ; un groupe français peut développer un projet au sein de plusieurs filiales réparties dans différents pays, etc. L'accès à des compétences de R & D à l'étranger peut aussi avoir comme objectif un rattrapage en cas de retard des firmes nationales, ou permettre aux équipes étrangères de bénéficier de l'avance française dans certains domaines. Les partenariats développés

¹ À cet égard, la réforme du CIR de 2008 semble avoir joué un rôle plus faible que celui qu'ont pu avoir les stratégies spécifiques de quelques grands groupes français, notamment au rythme de grandes opérations de fusion-acquisition ou, à l'inverse, de cessions.

par les grandes firmes pharmaceutiques et les startups de biotechnologie illustrent bien ce phénomène.

Les relations avec l'étranger peuvent se traduire aussi bien par des substitutions que par des complémentarités entre activités de R & D des entreprises. L'externalisation à l'étranger d'une partie de la R & D d'une entreprise française ou étrangère en France peut aboutir à un moindre développement de ses capacités de R & D industrielle en France, voire à une réduction de ses personnels de R & D. Dans le cas d'activités de R & D complémentaires qui permettent à l'entreprise de mener à bien son projet ou même d'évincer l'accès à des compétences par ses concurrents, l'externalisation peut se traduire aussi par la croissance des dépenses de R & D en France. L'externalisation de la R & D lorsqu'elle donne lieu à des flux financiers est mesurée par les enquêtes en dépenses dites externes de R & D (DERDE).

3.1. Les dépenses externes de R & D des entreprises de France vers l'étranger augmentent fortement

L'impact de l'exécution à l'étranger de travaux de R & D faits pour le compte d'entreprises ne se résume pas aux activités qui donnent lieu à des flux financiers. En effet, les relations formelles et informelles, qui constituent des parts importantes des interactions scientifiques et technologiques, n'impliquent pas toutes des flux financiers. Sous l'angle des balances de paiements technologiques, les flux financiers présentés qui retracent ces activités de part et d'autre des frontières constituent toutefois une approximation de la globalisation et des interdépendances créées entre les pays à travers les multinationales.

En France, les dépenses externes des entreprises pour travaux de R & D (DERDE) hors de France représentaient 11,6 milliards d'euros en 2016, à rapporter aux 32 milliards du total des dépenses en R & D des entreprises. Ces dépenses externes de R & D croissent fortement sur les quinze années analysées, avec une part de la DERD rapportée à leur dépense intérieure de R & D des entreprises qui passe de 6,8 % à 11 % entre 2001 et 2013, puis à 15,8 % 2016. L'analyse de ces dépenses par type de destinataire permet de saisir les liens de R & D entre les entreprises localisées en France et celles localisées à l'étranger (Tableau 10). Cette croissance est toutefois irrégulière, avec une très forte hausse en 2014, due à la réincorporation de dépenses vers l'étranger de multinationales qui précédemment ne classaient pas leurs dépenses externes dans cette catégorie.

Tableau 5 – Évolution des flux financiers pour travaux de R & D (DERD), en direction de l'étranger (en euros 2016)

DERD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Vers entreprises étrangères (Mds €)	1,06	0,93	0,75	0,77	0,97	1,11	1,53	1,87	2,11	2,31	2,39	3,07	3,05	4,78*	4,72	4,47
En % de la DIRDE totale	5,9	5,2	3,8	4,0	4,9	5,2	6,8	7,8	8,5	8,9	8,8	10,5	10,3	15,7*	15,1	13,9
Pour les indépendantes (%)	2,0	2,0	1,7	2,2	4,0	3,0	6,4	6,4	2,9	4,9	3,6	3,5	4,5	7,0	5,7	4,2
Pour les groupes français (%)	6,8	4,6	3,4	3,1	4,2	4,6	6,8	8,1	9,1	9,1	8,9	10,9	11,0	17,9*	16,9	15,8
Pour les groupes étrangers (%)	4,7	7,7	6,5	7,9	7,4	8,6	6,9	7,3	8,5	9,6	10,7	11,5	9,5	9,7	10,5	9,9
Vers groupe à l'étranger (Mds €)	0,62	0,48	0,31	0,39	0,44	0,68	0,82	0,92	1,03	1,25	1,32	1,61	1,57	3,28*	3,27	2,81
En % de la DIRDE des groupes	3,8	2,9	1,8	2,3	2,5	3,6	4,0	4,2	4,5	5,2	5,3	5,9	5,7	11,5*	11,1	9,4
Pour les groupes français (%)	4,0	1,9	1,0	1,2	1,3	2,4	3,3	3,6	4,2	4,8	4,7	5,6	5,6	12,6*	12,1	10,4
Pour les groupes étrangers (%)	3,2	5,6	4,0	5,2	5,3	6,9	5,0	4,9	5,1	6,0	7,1	6,9	5,1	5,9	6,7	5,3

Note : la DERD est en milliards d'euros 2016. La structure de la DERD est en % de la DIRD des entreprises concernées : par exemple, la DERD vers l'étranger des groupes étrangers représente 9,9 % de leur DIRD en 2016; la DERD intragroupe vers l'étranger des groupes français représente 10,4 % de leur DIRD en 2016.

* À partir de 2014, on a une rupture avec la réintégration de dépenses vers l'étranger d'un groupe français.

Source : MESRI, enquête R & D. NEOMA-BS 2021

À partir de 2006, la sous-traitance des activités de R & D (DERD) vers l'étranger augmente bien plus rapidement que la sous-traitance de R & D réalisée en France (voir Tableau 10). La DERD vers l'étranger destinée à des entreprises¹ s'élève à 4,47 milliards de DERD en 2016, soit l'essentiel du total de la DERD (4,61 milliards en 2016). Si la part de la DERD réalisée à l'étranger augmente pour toutes les catégories de firmes, cette croissance est beaucoup plus importante pour les groupes français.

Pour les groupes étrangers situés en France, cette part passe sur la même période (2001-2016) de 4,7 % à 9,9 % de la DIRDE (15,8 pour les groupes français, voir Tableau 10) et elle est plus importante pour les groupes européens que pour les groupes nord-américains (Tableau 11). La proximité géographique et le développement des programmes européens expliquent en partie ce constat. Ainsi, les groupes européens ont une dépense de R & D faite à l'étranger de 465 millions en 2016 (soit 11 % de leurs dépenses intérieures de R & D dans les années 2010, contre 6 % dans les années 2000). En revanche, les filiales des groupes nord-américains ne représentent que le tiers des flux payés par les filiales

¹ La R & D peut aussi être externalisée vers des organismes publics de recherche.

européennes (154 millions en 2016), même si ces flux ont doublé entre 2001 et 2016 (respectivement 4 % à 9 % de leur effort de recherche). Les flux des groupes américains sont principalement vers la zone hors Europe, et essentiellement intragroupes.

La répartition par nationalité des groupes montre que le poids de la R & D intragroupe réalisée à l'étranger dans la DIRDE augmente pour les groupes français et américains, mais a tendance à décroître pour les groupes européens situés en France. Pour les groupes français, la croissance de la sous-traitance intragroupe peut être un signe d'intégration européenne croissante des groupes français.

Tableau 6 – Destination de la DERD vers les entreprises situées à l'étranger, en 2016 (milliards d'euros)

DERD		Groupes français	%	Groupes étrangers	%	Groupes européens	dont %	Groupes États-Unis + Canada	%	Ensemble	%
Vers l'UE	Hors groupe	0,570	16	0,136	27	0,113	31	0,020	16	0,706	17
	Intra Groupe	1,877	52	0,172	34	0,146	40	0,026	20	2,049	50
Hors UE	Intra Groupe	0,604	17	0,160	32	0,080	22	0,078	61	0,764	19
	Hors groupe	0,528	15	0,031	6	0,027	7	0,004	3	0,559	14
Ensemble		3,579	100	0,499	100	0,366	100	0,128	100	4,078	100

Note : « Ensemble » comporte aussi les destinations autres.

On a bien en dernière colonne, les $2,05 + 0,76 = 2,81$ milliards de DERD vers étranger en intragroupe en 2016, du Tableau 10.

Source : MESRI, enquête R & D, NEOMA-BS 2021

En revanche, l'étude NEOMA-BS indique que les montants de R & D sous-traités par les filiales françaises de groupes étrangers restent modestes. Les montants constatés confirment une internationalisation mais pas une forte croissance des flux financiers liés à la montée des interactions de R & D, notamment intragroupes. Ces évolutions sont régulières et ne semblent pas influencées par la modification du CIR en 2008 qui aurait pu amplifier ces dépenses externes intra-UE, et qui pouvaient pourtant être incorporées dans l'assiette du CIR¹. En effet, les dépenses externalisées vers des sociétés localisées dans l'Espace économique européen² sont éligibles au CIR, dans le cadre d'un plafond global

¹ Un plafond de 2 millions d'euros a été mis en place s'il y a un lien de dépendance entre la société qui déclare le CIR et le sous-traitant. Ce plafond est de 10 millions d'euros s'il n'existe pas de lien de dépendance.

² Il s'agit aujourd'hui des États membres de l'Union européenne ou d'autres États parties à l'accord sur l'Espace économique européen ayant conclu avec la France une convention d'assistance administrative en vue de lutter contre la fraude et l'évasion fiscales.

de 10 millions d'euros de dépenses externalisées (12 millions si les dépenses intègrent la sous-traitance vers la recherche publique).

3.2. Avec des financements reçus qui croissent moins que les financements versés, le déficit de la balance extérieure des services en R & D s'est creusé

Les entreprises situées en France peuvent recevoir des financements de l'étranger, notamment en provenance de filiales ou maisons mères de groupes étrangers, ou encore de la part des filiales de groupes français situées à l'étranger. Si le CIR doit favoriser un recentrage de l'activité de R & D des groupes en France, il devrait se traduire par des flux financiers accrus en provenance de l'étranger et une évolution du comportement des multinationales plus favorable à la réalisation de R & D en France : les entreprises situées en France recevant plus de financements de l'étranger pour réaliser de la R & D pour des entreprises situées à l'étranger ; les filiales situées à l'étranger achetant aussi relativement plus de R & D aux laboratoires situés en France en raison du moindre coût de la R & D française.

En 2016, les entreprises françaises reçoivent 2,85 milliards d'euros de financement de l'étranger, soit un peu moins de 9 % de la DIRDE des entreprises situées en France (Tableau 12, page suivante). Ces flux sont constitués de financements publics, notamment dans le cadre de programmes européens, de financements en provenance d'organisations étrangères ou internationales, et de financements d'entreprises situées à l'étranger. Les financements reçus des entreprises localisées à l'étranger représentent 1,2 milliard d'euros en 2016, soit 42 % du total des financements reçus de l'étranger et 3,7 % de la DIRDE. Les données montrent que ces financements sont relativement stables sur la période 2001-2016.

Une décomposition par catégorie d'entreprises bénéficiaires souligne que ces financements privés reçus croissent pour les groupes français sur la période, au même rythme que la DIRDE, en restant en deçà des 3 %. Les groupes étrangers situés en France perçoivent donc des recettes plus importantes et croissantes de la part de l'étranger à partir de 2008, atteignant 14 % au milieu des années 2010, et essentiellement en provenance des entreprises du même groupe (4/5 environ). Les financements intragroupes reçus de l'étranger pour travaux de R & D par les groupes français restent stables autour de 1 % de la DIRDE sur la période. Par ailleurs, ces recettes de R & D vis-à-vis d'entreprises situées à l'étranger sont en baisse ou sont stagnantes pour les entreprises indépendantes.

Tableau 7 – Financements reçus pour travaux de R & D, en provenance des entreprises étrangères (en milliards d'euros 2016)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Reçu des entreprises étrangères (Mds €)	0,66	0,77	0,86	0,93	0,88	0,89	1,03	1,06	1,03	1,07	1,24	1,38	1,30	1,40	1,49	1,20
En % de la DIRDE	3,6	4,3	4,3	4,8	4,5	4,2	4,6	4,4	4,1	4,1	4,6	4,8	4,4	4,6	4,7	3,7
Pour les indépendantes (% de la DIRDE)	5,4	2,9	1,9	4,5	5,4	5,0	6,9	7,7	2,7	2,3	3,7	2,9	2,4	1,9	0,9	1,1
Pour les groupes français (% de la DIRDE)	2,4	3,4	2,9	3,2	2,9	3,6	3,9	3,2	2,8	2,9	3,2	2,7	2,8	2,5	2,6	1,9
Pour les groupes étrangers (% de la DIRDE)	6,8	7,4	10,4	10,3	8,8	5,8	5,9	7,2	9,7	9,7	10,7	14,2	12,0	14,6	14,6	11,5
Reçu du groupe à l'étranger (Mds €)	0,38	0,39	0,50	0,49	0,49	0,35	0,37	0,44	0,58	0,77	0,96	0,78	0,81	0,87	0,97	0,85
Groupes français (% de la DIRDE)	0,8	1,0	1,0	1,1	1,0	0,8	1,0	1,0	1,2	1,5	1,6	1,3	1,1	0,9	1,2	1,0
Groupes étrangers (% de la DIRDE)	5,1	5,7	8,4	8,2	7,2	4,3	3,7	4,3	7,3	5,8	8,3	12,3	10,0	12,0	11,9	9,7

Note : la DERD est en milliards d'euros 2016. La structure de la DERD est en %.

Les entreprises indépendantes au sens de LIFI (base sur les liaisons financières entre entreprises) peuvent toujours avoir déclaré des financements en provenance du groupe dans l'enquête R & D. Soit on a une erreur de classement dans LIFI, soit l'entreprise est contrôlée à un seuil inférieur à celui retenu dans cette base. Dans tous les cas, les montants sont très faibles relativement aux financements reçus par les groupes français et étrangers.

Sources : étude NEOMA-BS, données MESRI, enquête R & D

La comparaison entre les dépenses externes vers l'étranger pour travaux de R & D effectués à l'étranger et les recettes reçues de l'étranger pour travaux de R & D en France montre une dégradation importante de la balance extérieure des services de R & D entre la France et l'étranger. La globalisation de la R & D s'effectuerait donc au détriment de la R & D localisée en France. La dégradation du déficit de cette balance des services de R & D montre aussi une interdépendance technologique accrue avec l'étranger. Ces données corroborent le constat que le CIR et ses renforcements intervenus en 2004 et 2008 ne semblent pas s'être traduits par plus d'avantages comparatifs en faveur de la R & D industrielle en France, notamment pour les grands groupes multinationaux.

4. La localisation des activités de R & D de 81 groupes français à l'étranger : un faisceau d'indicateurs complémentaires

Les éléments méthodologiques présentés dans le rapport NEOMA-BS (voir synthèse dans l'annexe 5) conduisent à retenir quatre indicateurs pour examiner la localisation des

activités de R & D des groupes français à l'étranger. Cette grille d'analyse est appliquée à 81 groupes français qui représentent la majeure partie de la R & D des entreprises en France. En termes d'évolution temporelle, elle permet notamment d'observer dans quelle mesure le CIR a pu se répercuter sur les choix de localisation de ces groupes pour leurs activités de R & D.

4.1. Les enseignements fournis par l'analyse des dépôts de brevets

Pour ces 81 groupes français et sur la période 2004-2015, le nombre de dépôts de brevets issus d'inventions réalisées (entièrement ou en partie) par des inventeurs situés à l'étranger¹ a progressé plus lentement que le nombre correspondant pour les inventions réalisées en France².

Globalement, les activités inventives ainsi identifiées à l'étranger sont surtout localisées en Europe de l'Ouest et tout particulièrement en Allemagne, pays qui devance ici les États-Unis. Sur ce plan, et alors que l'Amérique du Nord fait preuve d'une grande stabilité, la progression la plus nette concerne les pays de l'UE, ainsi que les grands pays émergents tels que la Chine et l'Inde.

Les situations et les évolutions sont très contrastées selon les entreprises et leurs secteurs d'activité. Notamment dans les domaines de l'automobile, des technologies de l'information et de la communication, de la chimie, des services ou de la défense, certains groupes déposent de plus en plus de brevets, essentiellement sur la base de centres de R & D situés en France et étroitement articulés avec des sites de production domestiques ou des marchés français³. D'autres groupes font moins preuve d'ancrage national pour leur R & D⁴, c'est-à-dire ou bien développent significativement et en parallèle leurs capacités inventives en France et à l'étranger, ou bien substituent plus ou moins nettement des capacités de R & D à l'étranger à celles dont ils disposent en France. Sur l'ensemble de la période, d'autres groupes encore ont connu une stagnation, voire une diminution de leurs dépôts de brevets à partir d'inventions réalisées tant en France qu'à l'étranger⁵.

¹ Le critère géographique porte sur le pays de résidence des inventeurs.

² Pour plus d'éléments sur la portée et les limites des indicateurs mobilisés par cette étude, voir point 2 de l'annexe 5.

³ C'est notamment le cas de PSA, Thales, Orange, Safran, SEB, EDF, Suez ou Dassault Aviation, ainsi que, à un moindre degré, de Valeo, L'Oréal, Michelin ou Arkema.

⁴ Cela vaut tout particulièrement pour Airbus, Sanofi, Gemalto, Saint-Gobain, Schneider, Total, Nexan ou Danone.

⁵ Ceci correspond par exemple au cas de Legrand, Areva, Orange, Renault ou Neopost (devenu Quadiant).

4.2. Une propension plus ou moins forte à produire des publications scientifiques, sans lien évident avec les investissements en R & D

Les 81 groupes français font preuve d'une propension plus ou moins forte à réaliser des publications scientifiques, sans liens évidents avec l'ampleur de leurs investissements en R & D.

Même s'il est assez variable dans le temps, le volume de ces publications est très concentré. Ainsi, les cinq premiers groupes français du classement en ces termes (Sanofi, EDF, Airbus, Areva et Air Liquide) effectuent à eux seuls 52 % du total des publications et les douze premiers représentent 75 % de ce total.

Pour les 44 groupes crédités d'au moins une publication scientifique entre 2004 et 2018, les auteurs concernés qui sont localisés à l'étranger le sont principalement aux États-Unis, ainsi qu'en Allemagne et au Royaume-Uni mais le poids relatif de ces deux derniers pays décroît dans le temps au profit principalement des pays situés hors de l'UE.

En termes de publications, le degré du recours aux ressources étrangères est très contrasté selon les groupes considérés. Alors qu'il est très faible pour certains¹, d'autres groupes ont des publications dont les auteurs sont situés pour une grande part à l'étranger² et d'autres encore fondent (aussi) une bonne proportion de leurs publications sur des collaborations entre des chercheurs situés en France et d'autres qui résident à l'étranger³.

Sur la période 2004-2018, seuls de rares groupes tels que Sanofi, bioMérieux, Danone ou Veolia ont accru le poids relatif de leurs articles réalisés au moins en partie par des auteurs situés à l'étranger.

Au total, la croissance du nombre de publications scientifiques des 81 groupes a été beaucoup plus forte de la part de chercheurs localisés en France qu'en provenance de chercheurs localisés à l'étranger. Sur la base de cet indicateur, le degré d'internationalisation de ces groupes français a ainsi décliné.

Le fait que la France – plutôt que des sites à l'étranger – demeure ainsi, dans l'ensemble, le socle principal pour les publications scientifiques de ces groupes peut être imputable en partie à des dispositifs publics en faveur de la recherche. En l'espèce, il s'agit en partie des bourses CIFRE (conventions industrielles de formation par la recherche), qui permettent aux entreprises d'accueillir des thésards au sein de leurs départements de R & D et de la sorte promeuvent les publications issues des laboratoires industriels situés

¹ Il s'agit de groupes tels qu'Orange, Safran, Renault, PSA, Servier, Arkema ou la SNCF.

² C'est notamment le cas d'Airbus, de la CGG ou encore de Danone.

³ Cela vaut notamment pour Sanofi, Total, Alstom, Air Liquide, Ipsen ou Dassault.

en France. Le fait est que le nombre annuel de bourses CIFRE s'est accru sur la période, passant d'environ 1 000 en 2004 à près de 1 400 en 2016.

4.3. L'apport des données sur les investissements directs de R & D à l'étranger

Sur les 81 groupes français considérés, 51 ont réalisé entre 2003 et 2019 des investissements directs à l'étranger (IDE) consacrés principalement à la R & D¹. La valeur annuelle de ces IDE est fluctuante mais plutôt croissante sur la période et avec trois années culminant à plus de 2 milliards de dollars.

Les deux principaux secteurs concernés, en valeur, sont l'automobile et le numérique². Une analyse des pays ou zones ciblées sur la période 2004-2015 et concernant une quarantaine de groupes montre qu'il s'agit surtout, par ordre décroissant, de l'Asie de l'Est, des États-Unis, de l'Europe de l'Est³ et de l'Asie du Sud sur l'ensemble de la période, mais avec aussi l'Afrique du Nord et l'Amérique latine au cours de la sous-période la plus récente (2010-2015). Pour expliquer la part faible et déclinante des opérations mentionnées en Europe de l'Ouest, du Nord ou du Sud, les auteurs n'excluent pas un biais de sous-déclaration qui conduirait à sous-estimer les opérations menées dans ces parties de l'Europe⁴.

4.4. Les centres de R & D à l'étranger au vu des rapports d'activités

Enfin, les rapports d'activités apportent un éclairage complémentaire. Certes, les éléments qui y sont communiqués sur les activités de R & D le sont sur une base volontaire et ne se conforment pas à des règles ou définitions précises. En outre, dans un cinquième des cas, ces documents ne précisent pas dans quel(s) pays les groupes déclarent effectuer des activités de R & D. Parmi les 81 groupes considérés, une cinquantaine mentionnent au moins un centre de R & D situé à l'étranger, sur la période 2004-2018. En nombre de cas, le rapport entre les centres en France et les centres situés à l'étranger ne présente pas de tendance nette au cours de cette quinzaine d'années.

¹ L'étude de NEOMA-BS se réfère ici aux données de *Financial Times* sur les investissements directs en R & D à l'étranger (voir ci-après le point 2 de l'annexe 5).

² Les groupes en question sont surtout PSA, Renault, Valeo, Alstom et Ubisoft, Gameloft, Technicolor, Orange ou CapGemini. Dans un autre secteur, Airbus apparaît aussi parmi les premiers de ce classement.

³ Il s'agit pour l'essentiel d'une grande opération de Renault en Roumanie mais d'autres IDE dans cette région ont été effectués par PSA, Valeo, Alstom, Schneider, Gameloft, Thales, Burelle ou Saint-Gobain.

⁴ Les auteurs font l'hypothèse que les activités de R & D dans ces parties de l'Europe seraient parfois passées sous silence dans les rapports d'activités parce qu'elles seraient considérées comme peu distinctes de la base domestique (la France) de ces groupes.

Concernant les pays ou groupes de pays considérés, les évolutions au cours des années 2004-2015 présentent quelques grandes tendances. Sur l'ensemble de cette période et en parts relatives, l'Europe reste prédominante mais connaît une relative désaffection après 2012, devant l'Asie qui monte en puissance par paliers successifs (notamment en Inde et en Asie du Sud-Est) et alors que décroissent l'Amérique du Nord – assez nettement mais à partir d'un niveau élevé¹ – et l'Amérique du Sud – à un moindre degré et Brésil mis à part.

4.5. Bilan d'ensemble

Il ressort de cette analyse que les groupes français ont en général plutôt privilégié la France pour leurs investissements en R & D. Cette évolution contraste avec celle de la localisation de leurs sites de production². En termes relatifs et depuis le milieu des années 2000, le degré d'internationalisation des 81 grands groupes français considérés a plutôt décliné sur ce plan de leur activité de R & D, à en juger par trois indicateurs majeurs concernant la propension de ces groupes :

- à effectuer des dépenses de R & D à l'étranger plutôt qu'en France ;
- à déposer des brevets sur la base d'inventions réalisées à l'étranger plutôt qu'en France ;
- à réaliser des publications scientifiques à partir d'auteurs situés à l'étranger plutôt qu'en France.

Est-ce imputable à l'existence du CIR et notamment à sa réforme de 2008 ? Pour répondre à cette question³, L'étude NEOMA-BS a choisi de ne pas tenter de construire un indicateur unique visant à synthétiser ces différentes indications. Il a préféré fournir des représentations cartographiques⁴ avec, pour les différents groupes, les pays concernés

¹ Le fait que soient très souvent mentionnées, dans ces documents financiers, les activités de R & D aux États-Unis ou au Canada est considéré par les auteurs comme un peu artificiel et en tout cas en décalage par rapport à la place plus modeste occupée par l'Amérique du Nord au vu d'indicateurs comme les brevets ou les publications.

² Voir le rapport *Les politiques industrielles en France. Évolutions et comparaisons internationales*, France Stratégie, novembre 2020.

³ Pour tenter malgré tout d'y répondre en termes d'analyse causale, l'étude NEOMA-BS propose une régression économétrique assez rudimentaire, sur la base d'un panel cylindré de 55 groupes français, en se demandant si la propension de ces groupes à déposer des brevets sur la base d'inventions réalisées à l'étranger et à réaliser des publications scientifiques à partir d'auteurs situés à l'étranger a ou non significativement changé après 2008, année de la réforme du CIR. Les résultats suggèrent que cela n'a pas été le cas, pour ces groupes français présents dans l'échantillon sur toute la période considérée (2005-2019).

⁴ Voir l'annexe 10 de l'étude NEOMA-BS, qui couvre les pages 149 à 228.

par leurs activités de R & D étrangers, sur deux périodes de six ans (2004-2009 et 2010-2015) qui peuvent illustrer l'influence qu'a pu avoir la réforme d'un CIR de 2008.

L'étude NEOMA-BS reste très prudent sur ce dernier sujet, rappelant les limites de cet exercice d'analyse descriptive. Selon lui, certes, on ne peut pas exclure que le fait d'avoir rendu le CIR plus généreux en 2008 a pu endiguer la tendance des groupes français à accroître le degré d'internationalisation de leurs activités de R & D, en les conduisant à renforcer surtout en France leur potentiel de R & D¹.

Ceci dit, et au-delà de cette remarque générale, le rapport met surtout en évidence la grande diversité des stratégies adoptées par les 81 groupes analysés. La forte diversité des trajectoires individuelles observées de part et d'autre de la réforme de 2008 rendrait vaine toute tentative de plaquer sur ces évolutions contrastées une explication mono-causale focalisée sur le CIR².

Le cas du groupe Sanofi illustre bien la portée et les limites de ces différents indicateurs (Encadré 6).

Encadré 6 – Le cas du groupe Sanofi

La base de données Orbis indique que le groupe Sanofi possède actuellement 267 filiales implantées dans 56 pays et qu'à eux seuls, les États-Unis, la France et le Canada en concentrent la plus grosse part, avec respectivement 133, 24 et 15 filiales. La base permet d'identifier au moins 9 filiales dont l'activité principale est la R & D, dont cinq filiales sont localisées aux États-Unis, trois en France et une en Belgique. Quant aux filiales consacrées principalement à l'activité de production, qui impliquent en général une interaction forte avec l'activité de R & D, elles sont localisées dans 23 pays différents. Si ces données sont disponibles pour la période récente, la géographie des filiales de Sanofi au début des années 2000 peine à être retracée sur la seule base de ces informations.

Les données de brevets permettent cependant un diagnostic plus précis, notamment en termes d'évolution temporelle. Il en ressort que, sur la période

¹ Selon l'étude NEOMA-BS « l'absence de basculement généralisé de la R & D vers l'étranger est peut-être due à l'évolution du CIR introduite en 2008, qui introduit un surcoût à l'expatriation des activités de R & D », p. 108.

² Pour savoir dans quelle mesure le CIR a pu être efficace, il faudrait notamment disposer sur un nombre suffisant d'années de données précises sur l'activité de R & D des groupes dans les différents pays concernés, s'appuyer aussi sur un échantillon de groupes étrangers présentant des caractéristiques similaires à celles des groupes français, et tenir également compte d'autres déterminants dont l'ampleur relative des différentes sortes d'aide publique à la R & D qui y sont proposées aux entreprises.

2004-2015, les dépôts de brevets réalisés par le groupe Sanofi l'ont été concernant des inventions réalisées à plus de 90 % dans quatre pays (France, Allemagne, Royaume-Uni et États-Unis¹), laissant un poids assez résiduel aux inventeurs identifiés dans 29 autres pays. À partir de ces données sur le lieu de résidence des inventeurs, la comparaison dans le temps montre aussi que, par rapport au poids relatif de la France, celui des pays étrangers a fortement crû au cours de ces douze années.

Concernant les publications scientifiques, la recherche porte sur une période plus large (2004-2018) que pour les brevets, car davantage d'années récentes sont disponibles. Elle permet d'identifier la présence de publications affiliées au groupe Sanofi dans un nombre de pays plutôt croissant au fil du temps et qui s'est situé à 31 lors de la sous-période la plus récente (2014-2018). Cela témoigne du degré croissant d'internationalisation dont fait preuve la recherche de Sanofi. Plus encore que les brevets, les publications de Sanofi sont très concentrées dans l'espace, puisque trois pays seulement (France, États-Unis et Allemagne) ont représenté 95 % des publications du groupe sur la période. Cette différence mise à part, le degré de concentration géographique se révèle en grande partie stable pour les publications comme pour les inventions brevetées, en ce sens que, sous les deux angles, les principaux pays d'implantation pour Sanofi se sont maintenus dans la durée.

Les données provenant des rapports annuels d'activité, pour leur part, se révèlent parcellaires et, de ce fait, insuffisantes pour fournir une base statistique fiable concernant les activités de R & D, même si elles peuvent parfois confirmer ou préciser des informations repérées par ailleurs.

Les données du *Financial Times* sur les investissements directs à l'étranger (IDE) montrent que, dans leur majorité, les projets d'IDE de Sanofi correspondent principalement à des activités de production et non pas à d'autres tâches telles que la R & D, les services ou la distribution. Cette base de données fDi Markets confirme les phénomènes de co-localisation entre production et R & D : les activités de R & D sont pour Sanofi toujours implantées dans les pays où ce groupe s'est préalablement doté de capacités de production. Ces données montrent que Sanofi a investi en R & D en Chine en 2008 avant de le faire plus massivement en 2014 puis en 2018. Il apparaît aussi que les projets d'IDE que ce groupe a lancés en R & D ont, au cours des vingt dernières années, été surtout tournés vers l'Asie (+1 812 postes), davantage que vers les États-Unis (+370 postes) ou les pays européens autres que la

¹ À l'égard de ce pays, l'élément déterminant a été l'acquisition de Genzyme en 2011.

France (+282 postes). Pour les projets d'IDE en R & D, c'est surtout depuis 2013 que Sanofi semble avoir délaissé l'Europe pour la Chine et les États-Unis.

Sur les fusions-acquisitions, enfin, les données de la base de données Capital IQ de Standard & Poor's permettent tout d'abord certains rappels. Notamment sur le fait que Sanofi-Synthelabo a en 2004 racheté le groupe Aventis, qui a lui-même résulté de la fusion en 1999 entre le français Rhône-Poulenc et l'allemand Hoechst Marion Roussel. La dimension transnationale fait ainsi depuis longtemps partie intégrante de Sanofi, et ce mariage franco-allemand explique en grande partie le fait que le groupe actuel soit fortement implanté outre-Rhin. En tout cas et qu'elles aient ou non une dimension transnationale, les fusions-acquisitions qui ont constitué le groupe Sanofi représentent au total quelque 337 transactions d'achats ou de prises de participation au cours des vingt dernières années. Sur la période 2000-2020, les cibles de Sanofi à l'étranger ont concerné une quinzaine de pays mais les plus importantes de ces transactions internationales, en valeur, ont été fortement concentrées dans un petit groupe de pays, à savoir, par ordre décroissant, les États-Unis, la Belgique et les Pays-Bas. Si l'activité de R & D n'est pas directement identifiable à travers ces données de fusions-acquisitions, il est clair que les acquisitions d'entreprises pharmaceutiques comprennent le plus souvent une très forte composante de R & D.

Le croisement de ces différentes sources fait ressortir quelques points, notamment concernant l'activité de recherche et développement en Chine. Cette activité semble consister à renforcer la présence de Sanofi en Chine pour valoriser ses savoirs et mieux servir le deuxième plus grand marché mondial pour les produits de santé, plutôt que pour y constituer – à la frontière scientifique et technologique – des connaissances susceptibles de bénéficier à des filiales du groupe situées en France ou dans d'autres parties du monde¹. Cela confirme *in fine* les limites des données en termes de brevets ou de publications, ainsi que la nécessité de considérer aussi, notamment en termes d'évolution temporelle, des indicateurs soulignant davantage le rôle de centres de R & D apparemment de second rang, dans des pays tels que la Chine, le Japon, la Suisse ou même l'Irlande.

Source : synthèse France Stratégie, à partir de l'étude NEOMA-BS

¹ Sur ce clivage entre stratégie *home-base-exploiting* et stratégie *home-base-augmenting*, voir Kümmerle W. (1997), « Building Effective R & D Capabilities Abroad », *Harvard Business Review*, vol. 75, n° 2, mars-avril, p. 61-70.

5. L'approche qualitative suggère que l'aide à la R & D n'est pas le facteur décisif pour la localisation des activités de R & D des firmes multinationales

L'étude NEOMA-BS complète l'analyse de l'évolution de la R & D des groupes par une approche qualitative. L'objet est d'appréhender la place des aides à la R & D, en particulier le CIR, dans les différents déterminants des décisions de localisation des activités de R & D. L'analyse se fonde sur des entretiens auprès de 18 décideurs de 17 grands groupes français¹ interrogés sur les facteurs influant les choix de localisation de leurs activités de R & D. Ces informations sont croisées avec les données quantitatives analysées précédemment.

Les critères de localisation des grands groupes sont identifiés comme multiples et renvoient à des écosystèmes locaux au sein desquels les entreprises vont évoluer. Si l'histoire ou encore le secteur jouent un rôle dans les choix faits, le processus de décision privilégie toujours l'accès à des compétences spécifiques. Dans l'ensemble, les décideurs mentionnent les principaux déterminants de la localisation de la R & D, qui sont autant de caractéristiques importantes de l'existence et du dynamisme d'un écosystème local et d'excellence. À ces facteurs s'ajoutent d'une part des critères liés aux garanties institutionnelles (les aides directes et indirectes² à la R & D et à l'innovation et le respect de la propriété intellectuelle) et d'autre part des facteurs spécifiques à l'histoire de l'entreprise ainsi qu'à l'intensité technologique du secteur dans lequel elle opère.

5.1. Élément central : l'existence préalable d'un écosystème local dynamique

L'existence de compétences stratégiques est la première motivation guidant la localisation des activités de R & D. Les décideurs déclarent privilégier les localisations où ils seront à même de trouver et d'acquérir des compétences scientifiques et techniques, le savoir-faire et les compétences managériales dont ils ont besoin pour leur activité de R & D. Ils insistent sur les avantages de localiser leurs capacités de R & D à proximité des zones les plus favorables, notamment à travers l'existence de complémentarités et de synergies

¹ 18 entretiens réalisés auprès de 17 groupes, 2 répondants d'un même groupe ont accepté de participer à l'étude. 11 répondants sont des directeurs administratifs et financiers et les sept autres sont des directeurs R & D.

² Un récent travail économétrique a montré que les aides fiscales à la R & D jouent un rôle significatif comme facteur d'attractivité des centres d'innovation dans 27 pays européens (dont la France), sur la période 2007-2018. Il se limite cependant aux nombres de projets de créations ou extensions de sites, sans tenir compte de la valeur de ces projets. Voir Lachaux A. et Lallement R. (2020), « Les facteurs d'attractivité des sites de production, d'innovation et des sièges sociaux en Europe », France Stratégie, *Note de synthèse*, novembre.

localisées entre divers acteurs (entreprises, universités, laboratoires de recherche, etc.). La constitution de clusters industriels avec des synergies « intra-sectorielles » se traduit aussi par l'émergence d'un réservoir local de compétences spécifiques très recherchées par les entreprises pour leurs activités de R & D.

Au-delà des clusters industriels spécialisés, les décideurs déclarent se positionner par rapport à des « écosystèmes » considérés comme des réservoirs de ressources relatives à différents secteurs ou domaines technologiques. Certains répondants sont notamment attentifs à l'existence d'un réseau dense de relations entre entreprises déjà implantées localement, afin de bénéficier d'effets de réseau et d'apprentissage porteurs d'avantage compétitif.

Par ailleurs, ces écosystèmes doivent satisfaire un certain nombre de critères parmi lesquels figurent notamment :

- la présence d'un cadre de vie de qualité (pour les chercheurs et leurs conjoints) ;
- l'accès à des compétences spécifiques et les possibilités d'intégration à l'écosystème (notamment en termes d'accès aux « talents » et à des compétences spécifiques pour lesquelles les considérations de coûts peuvent ne pas être déterminantes) ;
- la qualité des coopérations avec des experts relevant de l'excellence académique mondiale ;
- l'existence d'un vivier de startups permettant d'en acquérir certaines ;
- les possibilités d'intégration dans la chaîne de valeur amont et aval (logique de co-localisation entre centres de R & D et sites de production mais aussi besoin de se rapprocher de clients clés, afin de mieux pouvoir anticiper les tendances des innovations auxquelles les futurs marchés seront sensibles).

Reposant sur une logique de proximité géographique, ces écosystèmes sont donc très recherchés pour les multiples interactions et coopérations formelles et informelles dont ils sont porteurs. Les entretiens réalisés suggèrent en outre une évolution des choix de la localisation qui semblent s'émanciper des seuls lieux de production et accorder désormais un poids important à la proximité vis-à-vis des clients.

5.2. Garanties institutionnelles : les aides à la R & D et le respect de la propriété intellectuelle

Aide à la R & D ou compensation d'un taux élevé d'impôt sur les sociétés ?

La question des aides financières est bien prise en compte dans la décision de localisation, aussi bien au niveau national qu'à l'international.

La qualité des compétences des chercheurs est considérée comme élevée en France par rapport à d'autres régions du monde. Ceci étant, les incitations financières y représentent pour les entreprises une manière d'atténuer le niveau jugé élevé du coût des chercheurs¹ et surtout de la fiscalité des entreprises. Sur ce dernier point, le lien entre CIR et taux d'impôt sur les sociétés est explicitement cité : « Avoir un CIR et payer 33 % de taux d'impôt sur les sociétés, ou ne pas avoir de CIR (dans un autre pays) [...], mais avoir un taux d'impôt sur les sociétés de 25 % à 15 % lorsque vous investissez dans la R & D ».

L'influence de l'aide constituée par le CIR est considérée comme relative et dépend notamment de la présence ou non de dispositifs d'aides directes ou indirectes dans d'autres pays et du niveau de la fiscalité des pays. Pour la majorité des entreprises, l'exonération fiscale permise par le dispositif du CIR en France représente une partie non négligeable du budget consacré à la R & D. En outre, le cumul du CIR avec d'autres aides en France (subventions, autres exonérations d'impôts ou de charges sociales, prêts à faible taux d'intérêt) peut aussi inciter les entreprises à s'implanter dans certaines aires géographiques jugées prioritaires par les pouvoirs publics.

Si les répondants insistent sur le rôle des aides à la R & D, ils soulignent en particulier celles qui leur facilitent l'intégration de l'entreprise au sein de l'écosystème concerné. C'est le cas par exemple des aides à l'embauche des docteurs, et en particulier les CIFRE (convention de formation par la recherche). Ce dernier dispositif est plébiscité, mais là aussi en lien avec l'écosystème. En effet, ce dispositif est considéré comme permettant « l'acquisition de compétences très spécifiques sur un sujet donné et la facilitation du recrutement du jeune chercheur suite à l'achèvement de son doctorat. Le CIFRE est donc un facteur qui aide à intégrer les acteurs au sein d'un écosystème. »

Les grands groupes connaissent bien les conditions d'attribution des principales aides à l'implantation, dont le CIR en France ou encore les aides européennes. Ils les utilisent aussi pour mettre les sites en concurrence. Pour certaines entreprises, l'accès à ces aides est présenté même comme une condition *sine qua non* à la réalisation effective de leur projet de nouveau site. Toutefois, au-delà des aides financières, les aides dans certains pays consistent aussi à fournir des ressources et moyens techniques (infrastructures de recherche, par exemple).

Enfin, l'étude souligne qu'à aucun moment les changements importants de 2008 du dispositif CIR n'ont été évoqués dans les entretiens. L'actuel degré élevé de générosité du CIR semble de la sorte être entériné et avoir conduit à oublier les versions antérieures du dispositif. Cette attitude reflète ainsi une accoutumance à ce niveau important d'aide

¹ Voir notamment la comparaison internationale sur le cours du chercheur réalisée par l'ANRT : panel ANRT CIR 2020, *Et maintenant, prêts pour la relocalisation industrielle créatrice de valeur !*, décembre.

publique. En tout cas, l'analyse suggère que si ces aides publiques à la R & D peuvent être une condition nécessaire, elles ne sont certainement pas suffisantes.

Le respect de la propriété intellectuelle

Selon les répondants, le poids de la propriété intellectuelle dans les décisions de localisation de la R & D à l'étranger dépend d'une part du secteur d'activité et d'autre part, au sein d'un même d'un secteur d'activité, de la dimension stratégique des activités de R & D. En effet, lorsque le secteur est hautement stratégique (par exemple l'aéronautique et le spatial), la protection des innovations par les droits de propriété intellectuelle dissuade de localiser certaines activités de R & D dans des pays qui ne protègent pas ces droits. Cette question est moins déterminante dans les secteurs où les produits sont davantage standardisés.

5.3. Deux facteurs de contingence : le niveau technologique et l'histoire des entreprises

Parmi les facteurs de contingence qui peuvent avoir un poids prépondérant, les répondants citent le niveau technologique du secteur, ainsi que l'histoire de l'entreprise (ou du groupe).

La localisation des activités de R & D dépend du niveau technologique du secteur

L'intensité technologique du secteur d'une entreprise peut avoir une influence sur les décisions de localisation de ses activités de R & D. Les entreprises à forte intensité technologique sont davantage attirées par les écosystèmes d'excellence et tendent à y être très concentrées. En revanche, dans les secteurs à faible intensité technologique, les entreprises semblent moins focalisées sur les caractéristiques locales des pays et davantage en quête de capacités de R & D à bas coût ou de proximité avec des marchés de grande taille. Toutefois, même dans ces secteurs, si le coût de la R & D apparaît bien comme un critère de choix important, il n'en constitue pas pour autant le premier critère de décision pour la majorité des répondants, qui privilégient la qualité et la présence de compétences spécifiques.

Quel que soit le niveau d'intensité technologique du secteur, la taille même du site de R & D à localiser semble aussi intervenir dans le choix d'une implantation. Un site de plus grande taille nécessitera que les pays/zones candidats répondent aux critères de disponibilité des chercheurs à embaucher, de surface occupée, de coûts liés au transport d'équipements de recherche, etc.

Le rôle des préférences historiques, pour certaines entreprises

L'étude identifie aussi des critères éloignés des questions de coût du travail, de proximité des clients ou de taille du marché. Il s'agit notamment de l'importance de l'histoire et de la culture de l'entreprise. La localisation des activités de R & D peut refléter ainsi les préférences historiques des entreprises, voire de leurs fondateurs (y compris l'origine familiale des actionnaires majoritaires). Cette dimension se reflète aussi dans la transformation en centres de R & D de sites de production implantés de longue date. Ces facteurs historiques ne correspondent donc pas à des critères d'optimisation des coûts.

L'étude souligne que dans ces cas particuliers, les phénomènes d'apprentissage locaux peuvent renforcer le caractère irréversible des choix de localisation car ils augmentent les coûts de changement de localisation de la R & D. Cette logique peut concerner aussi les créations de nouveaux sites, dans la mesure où il s'agit d'investissements qui engagent dans la durée. Enfin, le choix de maintien dans des écosystèmes existants permet aux entreprises de réduire les risques et les coûts d'éventuelles erreurs de localisation.

Le lien entre le processus de décision et la structure organisationnelle de l'entreprise

Selon l'étude, l'appréciation de tous ces critères par l'entreprise s'opère le plus souvent au niveau au plus haut de la hiérarchie de l'entreprise. Le choix d'une localisation pour un nouveau site est, pour beaucoup d'entreprises, en particulier industrielles, un événement rare, voire exceptionnel. Pour l'ensemble des répondants, les décisions en matière d'implantation des activités de R & D sont prises au niveau du comité exécutif¹ voire du conseil d'administration² pour les implantations considérées comme les plus stratégiques. Toutefois, selon l'organisation des activités du groupe, certaines entreprises évoquent une relative autonomie de leurs filiales dans la décision de localisation des centres de R & D. Dans ces cas, un processus de *reporting* formalisé des activités de R & D des filiales vers le groupe est mis en place, afin de s'assurer de la cohérence de la stratégie globale de R & D. Au total, le processus d'élaboration de la décision de localisation reflète la structure organisationnelle globale de l'entreprise. En outre, le processus qui conduit à choisir tel ou tel site pour localiser des activités de R & D se révèle être plus ou moins formel.

¹ Ou comité de direction, selon la dénomination adoptée par l'entreprise.

² Ou conseil de surveillance, selon les statuts de l'entreprise.



CONCLUSION

Selon les données de l'OCDE, la France est le pays le plus généreux pour les aides fiscales à la R & D des entreprises. Le crédit d'impôt recherche (CIR) représente désormais la première dépense fiscale, avec un montant annuel supérieur à 6 milliards d'euros. La créance additionnelle annuelle par rapport à la période d'avant 2008 est de l'ordre de 4,5 milliards d'euros. Le CIR représente aussi les trois cinquièmes des soutiens publics à l'innovation. Il n'est donc pas surprenant que la Commission nationale d'évaluation des politiques d'innovation (CNEPI), après avoir établi un panorama des aides à l'innovation¹, ait retenu le CIR comme sujet prioritaire pour ses travaux d'évaluation.

Pour évaluer les effets induits par le CIR, notamment depuis sa réforme de 2008, il a fallu disposer d'un recul temporel suffisant. Les données de base à ce sujet ne sont cependant disponibles aux chercheurs qu'avec plusieurs années de décalage, d'autant plus que les entreprises bénéficiaires disposent de trois ans pour imputer la créance au titre du CIR sur leur impôt sur les bénéfices. La CNEPI a commencé ce chantier moins d'un an après sa création, en organisant d'abord, en mai 2015, un séminaire international qui a permis de faire l'état des lieux et d'étudier les méthodes mobilisées en France et à l'étranger. Essentiellement sur la base de travaux économétriques qu'elle a sollicités par un appel à projets de recherche lancé à l'été 2016, elle a publié son premier avis sur le CIR en mars 2019.

Comme les résultats issus de ces travaux n'avaient encore que peu de recul temporel et que d'importantes questions étaient restées sans réponse, la CNEPI a lancé il y a deux ans un nouvel appel à projets de recherche. Deux études ont été retenues. La première, menée par l'équipe IPP de l'École d'économie de Paris (PSE), analyse les impacts du CIR sur les performances des entreprises (brevets, valeur ajoutée, exportation, etc.). La seconde, réalisée par une équipe d'enseignant-chercheurs de NEOMA-BS, a pour objet d'analyser le comportement des entreprises multinationales, françaises et étrangères, en matière de localisation de leurs activités de R & D. Le présent avis s'appuie principalement sur ces deux études récentes. Il mobilise en outre d'autres résultats, issus en particulier

¹ Commission nationale d'évaluation des politiques d'innovation (2016), *Quinze ans de politiques d'innovation en France*, France Stratégie, janvier.

du projet MicroBeRD de l'OCDE et d'une étude commanditée par France Stratégie à Seureco (laboratoire ERASME de l'École centrale de Paris et de l'université de Paris I) pour examiner les effets macroéconomiques du CIR.

Le CIR s'est vu assigner depuis 1983 de nombreux objectifs, dont les trois principaux sont : inciter les entreprises à amorcer ou faire davantage de R & D, accroître les performances économiques des entreprises innovantes et améliorer l'attractivité de la France pour la localisation des activités de R & D des entreprises multinationales étrangères ou françaises. En outre, la réforme du CIR de 2008 a joué un rôle contra-cyclique lors de la crise survenue en 2009-2010. À l'aune de ces objectifs explicites ou implicites, et sur la base de ses travaux, la CNEPI retient les principaux résultats suivants :

- Les résultats mis en évidence portent tout d'abord sur les activités de R & D des entreprises. Les analyses de l'IPP montrent que le surcroît de dépenses de R & D engagées par les entreprises a été dans l'ensemble d'un montant à peu près équivalent aux moyens budgétaires additionnels induits par la réforme. Les études qui l'ont montré n'intégraient cependant guère les grandes entreprises, compte tenu des contraintes liées aux méthodes économétriques, notamment pour la construction du groupe de contrôle constitué d'entreprises non bénéficiaires. L'effet modéré sur les activités de R & D est confirmé également par des études de l'OCDE, qui a mené récemment des travaux relatifs à une série de pays qui ont des dispositifs d'aide fiscale à la R & D. Les résultats montrent d'une part qu'en moyenne un euro additionnel de dépense fiscale entraîne un surcroît de dépenses de R & D d'environ un euro chez les entreprises bénéficiaires, mais avec de fortes disparités entre pays. D'autre part, l'effet est en général plus fort dans le cas des PME et plus faible pour les grandes entreprises. Dans le cas de la France, l'OCDE observe que ce ratio est plus faible que pour les autres pays considérés¹, dans lesquels l'aide fiscale est moins généreuse et *de facto* ciblée généralement sur les entreprises de taille modeste. Du reste, l'OCDE précise que ce ratio est malgré tout proche de 1 pour la France, quand sont retirées de l'échantillon les grandes entreprises qui biaisent la comparaison.
- Les résultats s'attachent ensuite aux retombées en aval de la R & D. À cet égard, ils sont de deux types :
 - en premier lieu, ils concernent les entreprises qui étaient déjà dans le dispositif avant 2008. Concernant les grandes entreprises et les ETI, les études d'impact n'ont pas permis d'identifier d'impact significatif en termes de performance économique. Seules les microentreprises et les PME semblent montrer un

¹ L'Australie, la Belgique, la Norvège, le Portugal, la République tchèque et la Suède.

surcroît significatif de performance économique (notamment pour le chiffre d'affaires et l'investissement incorporel), sous l'effet des créances du CIR additionnelles dont elles ont bénéficié depuis 2008 ;

- en second lieu, d'autres résultats sont identifiés pour les entreprises entrées dans le dispositif depuis 2008. À leur sujet, l'analyse *descriptive* identifie des gains de performance économique (effort d'investissement, chiffre d'affaires et exportations). Toutefois, l'étude de l'IPP estime que ces gains sont caractéristiques d'entreprises très jeunes et, ne pouvant mener une analyse *causale*, elle ne peut confirmer que ces gains soient imputables au CIR.
- Par ailleurs, l'étude NEOMA-BS ne détecte pas dans l'évolution des activités de R & D des multinationales depuis une quinzaine d'années un effet notable du CIR sur l'attractivité de la France comme site d'implantation pour ces activités :
 - certes, les multinationales françaises ont proportionnellement accru davantage leurs dépenses de R & D en France qu'à l'étranger. Mais leur poids relatif au sein des principaux champions mondiaux de la R & D a globalement décru d'un tiers entre 2005 et 2019, à peu près au même rythme que la part relative de la France dans le PIB mondial ;
 - quant à la position relative de la France comme pays d'accueil pour les activités de R & D des multinationales étrangères, elle a dans l'ensemble plutôt baissé, comme l'attestent notamment les données sur les dépenses de R & D des groupes américains à l'étranger. D'autres éléments, plus qualitatifs, suggèrent que les aides publiques à la R & D ne constituent en général pas le principal facteur de localisation pour les activités de R & D des firmes multinationales.
- Enfin, différents scénarios de simulation macroéconomique mesurant l'impact du CIR réformé sur l'économie française concluent sans surprise qu'un surcroît de dépenses de R & D est favorable à la croissance, avec un impact d'autant plus important qu'est élevé le levier de dépenses de R & D additionnelles par euro de crédit d'impôt. Cet impact se révèle nettement plus faible mais encore positif lorsqu'est pris en compte le coût du financement de la mesure par une augmentation de l'impôt sur les sociétés.



ANNEXES



ANNEXE 1

MANDAT DE LA COMMISSION



PREMIER MINISTRE

Commissariat général
à la stratégie
et à la prospective
18, rue de Martignac
75700 Paris SP 07
www.strategie.gouv.fr

1^{er} juillet 2014

Commission d'évaluation des politiques d'innovation

Mandat

L'innovation est une clé essentielle pour le redressement de la compétitivité de notre pays. La France a ainsi initié dans le cadre de la mise en œuvre du « pacte national pour la croissance, la compétitivité et l'emploi » le plan « Une nouvelle donne pour l'innovation », rendu public par le Premier Ministre le 4 novembre 2013. L'ensemble des mesures du plan a été présenté par le ministre du Redressement productif, la ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et la ministre déléguée chargée des Petites et Moyennes Entreprises, de l'Innovation et de l'Economie numérique.

Un des quatre axes de ce plan est le renforcement de l'évaluation, en réponse notamment au constat du rapport Beylat-Tambourin « d'une diversité de dispositifs, de structures, tant au niveau national que régional ou local, peu lisibles, dont l'efficacité globale, économique, industrielle et sociale (en terme de création d'emplois), reste à démontrer ». Il se traduit par la mise en place d'une commission nationale d'évaluation des politiques d'innovation au sein du Commissariat général à la stratégie et à la prospective (CGSP). Cette mesure s'inscrit pleinement dans le cadre des missions confiées au CGSP, qui « participe à l'évaluation des politiques publiques » (décret n° 2013-333 du 22 avril 2013).

Cette note présente le mandat de la commission nationale d'évaluation des politiques d'innovation en précisant notamment les missions, le mode de saisine, le champ et les méthodes d'évaluation.

1. Les missions

La commission a pour objectif d'améliorer l'efficacité et l'efficience des politiques d'innovation. A ce titre elle est chargée de quatre missions :

- évaluer les différentes composantes et dimensions des politiques d'innovation au regard de leur impact économique (croissance, emplois, etc.) ;
- les analyser dans leur globalité et s'interroger sur leur cohérence et leur articulation ;
- formuler des propositions pour renforcer l'efficacité des politiques publiques ;
- faire connaître, sur la base d'un travail de veille tant nationale qu'internationale, les bonnes pratiques en matière de politiques d'innovation dans les régions et à l'étranger.

2. Le champ de l'évaluation

Le champ de l'évaluation est celui des politiques publiques d'innovation¹ au sens large : innovation technologique (**de produit ou de procédé**), innovation **commerciale**, innovation **organisationnelle**. Sont donc concernées l'ensemble des mesures en faveur de l'innovation, dont font partie les mesures liées à la production technologique *stricto sensu*, telles que les aides en faveur des jeunes entreprises innovantes ou les pôles de compétitivité. Sont également couverts les enjeux liés à l'entrepreneuriat, au *design*, à la vente, au financement.

3. Le mode de saisine, l'élaboration et l'adoption du programme de travail

Le programme de travail de la commission est alimenté par trois canaux. Outre l'auto-saisine, la commission pourra être saisie notamment par les ministres et les régions. La saisine par les régions se justifie par le fait qu'il s'agit d'évaluer des politiques qui peuvent être conçues et menées conjointement par l'État et les régions. La commission peut être amenée à expertiser les cahiers des charges des évaluations des actions en faveur de l'innovation inscrites dans le cadre des CPER. L'évaluation des politiques menées exclusivement par les régions peut être envisagée, à la demande de ces dernières.

Le programme de travail de la commission est annuel. Il est arrêté par son président, après examen par la commission. En ce qui concerne l'examen des saisines externes, la commission peut exiger une présentation type respectant un cahier des charges.

Dans le cadre de l'élaboration du programme de travail, le président de la commission peut consulter les ministères concernés, le président de l'Association des régions de France, le Conseil stratégique de la recherche, le Conseil national de l'industrie, le Commissariat général à l'investissement et les partenaires sociaux.

Le programme de travail devra être compatible avec les exigences en termes de délais de réalisation, de qualité des évaluations et d'utilisation des résultats dans le processus de décision.

4. Les méthodes de travail

Dans le respect de l'autonomie de la commission, les pouvoirs publics formulent deux principales attentes concernant ses méthodes de travail.

- *Prévention des conflits d'intérêt et transparence des travaux*

La crédibilité de la commission s'appuie sur le pluralisme et le niveau d'expertise des membres. La commission veillera à prévenir tout conflit d'intérêt susceptible d'affecter l'objectivité de ses travaux. La publication du programme de travail, des résultats des évaluations, des avis ainsi que des propositions qui en sont tirées constituera un élément essentiel de la transparence des travaux.

- *Pluralisme des approches*

La démarche d'évaluation comprend tout d'abord une approche centrée sur l'analyse et la mesure. Elle correspond au terme anglais *evaluation*. Elle examine tel ou tel dispositif public particulier au

¹ L'évaluation des politiques d'innovation doit naturellement être clairement distinguée de celles des programmes de recherche.

regard de son impact économique, en termes d'efficacité et d'efficience, ainsi qu'en termes de coût d'opportunité.

Le second type d'approche, qui renvoie au terme anglais *assessment*, est plus systémique et qualitatif. Il s'agit alors d'apprécier les politiques publiques en faveur de l'innovation dans leur globalité, pour en éprouver la cohérence et les modes d'articulation, notamment à l'échelle des territoires. Cela nécessite aussi de prendre en compte divers considérants qui peuvent limiter ou accroître la portée de la politique concernée : verrous ou freins comportementaux, administratifs ou réglementaires, etc.

Le fait que ces deux approches soient largement complémentaires plaide pour que leur mobilisation à titre principal soit conditionnée au thème ou dispositif à évaluer.

Au-delà de l'expertise interne de ses membres et la mobilisation des travaux disponibles, la commission aura recours à des études externalisées auprès des spécialistes de ces questions. Ces études externalisées ont vocation à apporter de nouvelles analyses ou rassembler des données précédemment indisponibles. De même, la commission peut procéder aux auditions qu'elle jugera utiles pour ses propres travaux ou en amont de l'élaboration de son programme de travail annuel.

Le Commissariat général à la stratégie et à la prospective assure le secrétariat de la commission.



ANNEXE 2

COMPOSITION DE LA COMMISSION

Président

Gilles de Margerie, commissaire général de France Stratégie

Rapporteurs

Mohamed Harfi et **Rémi Lallement**, France Stratégie

Membres

Vincent Berger, conseiller maître, Cour des comptes

Elie Cohen, directeur de recherche, CNRS

Jean-Michel Dalle, directeur de l'incubateur public Agoranov, professeur à l'UPMC

Raphaël Didier, directeur du développement à la direction de l'innovation de Bpifrance

Stéphane Distinguin, fondateur et président de FaberNovel

Dominique Guellec, conseiller scientifique de l'Observatoire des sciences et techniques (OST), au sein du Haut Conseil de l'évaluation de l'enseignement supérieur et de la recherche (HCERES)

Jean-Charles Guibert, directeur de MINATEC, conseiller technique au CEA

Isabelle Benoteau, cheffe du bureau Industrie, Économie de la connaissance et de l'innovation, DG Trésor¹

Harold Huwart, vice-président de la région Centre-Val de Loire (titulaire) ; **Jean-Philippe Berton**, conseiller développement économique, innovation, enseignement supérieur et recherche, numérique, tourisme de Régions de France (suppléant)

Sacha Kallenbach, inspecteur général de l'éducation, du sport et de la recherche (Igésr)²

¹ Représentante la Direction générale du Trésor, ministère de l'Économie, des Finances et de la Relance (Michel Houdebine, chef économiste à la DG Trésor, était membre jusqu'en septembre 2020).

² Jean-Richard Cytermann, Igésr, était membre jusqu'au 31 mai 2019.

Laurent Kott, président du directoire de la société de capital-risque IT-Translation Investissement (IT2 Investissement)

Marie-Vorgan Le Barzic, fondatrice et déléguée générale de l'accélérateur de startups Numa

Christophe Lecante, président-directeur général de Tecknowmetrix (TKM) et président de la commission Innovation du comité Richelieu

Claire Lelarge, professeur de sciences économiques à l'université Paris-Sud (Paris-Saclay), chercheuse affiliée au CEPR

Pierre Mohnen, professeur, Maastricht Economic Research Institute on Innovation and Technology (UNU-MERIT), université de Maastricht

Antonio Molina, président du groupe Mäder et du pôle de compétitivité EuraMaterials¹

Laure Reinhart, présidente de l'accélérateur de startups WILCO

Alain Resplandy-Bernard, conseiller référendaire à la Cour des comptes

Luc Rousseau, vice-président du Conseil général de l'économie, de l'industrie, de l'énergie et des technologies (CGEJET), ministère de l'Économie, des Finances et de la Relance

Frédérique Sachwald, directrice de l'Observatoire des sciences et techniques (OST), au sein du HCERES

Paul Seabright, professeur d'économie à l'université Toulouse 1 Capitole, chercheur à l'Institut d'économie industrielle (IDEI) et membre de la Toulouse School of Economics (TSE)

Reinhilde Veugelers, professeure au département de gestion, stratégie et innovation à l'université catholique de Louvain

Thierry Weil, professeur à Mines Paristech (Centre d'économie industrielle) et conseiller de La Fabrique de l'industrie

Observateurs

Estelle Dhont-Peltrault, chargée de mission auprès du chef du service de l'innovation, du transfert de technologie et de l'action régionale, à la Direction générale de la recherche et de l'innovation (DGRI), ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation

Christophe Strobel, directeur de projet, sous-direction de l'innovation, direction générale des entreprises (DGE), ministère de l'Économie, des Finances et de la Relance

¹ Jusqu'en avril 2021.



ANNEXE 3

ÉVOLUTION DES DISPOSITIONS DU CRÉDIT D'IMPÔT RECHERCHE, 1983-2021

Cette annexe présente brièvement les principales évolutions du CIR depuis 1983, avant de fournir un historique détaillé du dispositif¹. Les montants sont exprimés en francs jusqu'à 1998, puis en euros.

1. Justification économique du CIR et principales évolutions depuis 1983

Les politiques d'innovation poursuivies en France au cours des quinze dernières années peuvent être classées en cinq catégories, en fonction de l'objectif principal qui les soutient². Selon les cas, il s'agit d'augmenter les capacités privées en R & D, d'accroître les retombées économiques de la recherche publique, de développer les projets de coopération entre acteurs, de promouvoir l'entrepreneuriat innovant ou de soutenir le développement des entreprises innovantes. Par l'ampleur des moyens financiers qu'il mobilise, le CIR est de très loin le principal instrument dans la première de ces cinq familles de dispositifs. En France comme ailleurs, ce souci d'accroître les capacités de R & D des entreprises correspond surtout au constat, bien établi par l'analyse économique, que les dépenses privées en R & D ont spontanément tendance à être insuffisantes au regard de l'optimum social. Cette situation tient notamment à l'existence d'externalités liées au savoir, qui possède les deux principales caractéristiques d'un bien public (à savoir la non-rivalité et la non-exclusivité) et, de ce fait, est difficilement appropriable et incite les entreprises à imiter leurs concurrents au lieu d'investir elles-mêmes dans la R & D. En soutenant les dépenses privées de R & D, le CIR contribue à remédier à ce problème. Il cherche aussi à promouvoir les secteurs supposés être les plus en renouvellement et en croissance, par rapport aux secteurs à moindre intensité technologique.

¹ Source : CNEPI à partir des documents de la DGRI-MESRI.

² Sur cette typologie en cinq familles d'instruments de promotion de l'innovation et sur les justifications propres à chacune d'elles, voir CNEPI (2016), *Quinze ans de politiques d'innovation en France*, op. cit.

Depuis sa création, le dispositif de CIR en France a connu de nombreuses évolutions.

- **1983** – Création de ce dispositif d'incitation en faveur de l'effort de R & D des entreprises. Le crédit d'impôt est calculé sur la base de l'accroissement des dépenses. Il est égal à 25 % de l'écart entre les dépenses éligibles des années (n) et (n-1), et plafonné à 3 millions de francs.
- **1988** – Création en parallèle d'un crédit d'impôt recherche en volume égal à : 30 % de [(n) – (1987)], plafonné à 900 000 francs, qui a duré trois ans (1988-1990).
- **1983-2008**
Passage d'un dispositif par cycles pluriannuels et subordonné à une option des entreprises, à un dispositif pérenne et sans obligation d'option :
 - entre 1983 et 2003, le dispositif a été reconduit par le législateur par cycles pluriannuels (entre trois et cinq ans) et subordonné à une option de l'entreprise sur ces mêmes périodes ;
 - en 2004, le dispositif a été pérennisé par le législateur et l'option est devenue annuelle ;
 - depuis 2008, le bénéfice du crédit d'impôt recherche n'est plus subordonné à une option.
- Les réformes intervenues entre 2004 et 2008 ont abouti à :
 - un dispositif uniquement en volume et sans plafond ;
 - un taux de 30 % des dépenses dans la limite de 100 millions d'euros, puis 5 % au-delà.
- Le dispositif connaît des évolutions fréquentes, mais ses caractéristiques centrales n'ont été modifiées qu'à la marge depuis 2008.
- Le CIR comporte désormais trois composantes :
 - le CIR proprement dit est assis sur les dépenses de R & D et, pour une part réduite, certaines dépenses connexes (brevets, veille) ;
 - le crédit d'impôt nouvelles collections, réservé au secteur textile-habillement-cuir (CIR THC) porte sur les frais d'élaboration de nouvelles collections. En tant que mesure sectorielle, le CIR THC est soumis à la règle des minimis relative à la réglementation de l'Union européenne sur les aides aux entreprises et, à ce titre, est plafonné à 200 000 euros par période de trois ans ;
 - le crédit d'impôt innovation (CII) concerne certaines dépenses d'innovation au-delà de la R & D, dans le cas des PME (dépenses plafonnées à 400 000 euros, au taux de 20 %).

- Le CIR comporte aussi des mesures visant à :
 - inciter les entreprises à recourir à des institutions de recherche académique pour effectuer leurs travaux de R & D. L'assiette du CIR au titre de ces dépenses a été modifiée par le PLF 2021 (voir point 2).
 - embaucher de jeunes docteurs. Le dispositif « Jeunes docteurs » a été mis en place en 1999. Depuis les réformes intervenues entre 2004 et 2008, une entreprise dont le taux de CIR est de 30 % peut bénéficier pendant vingt-quatre mois d'un crédit d'impôt de 60 % du coût salarial d'un docteur embauché en premier CDI dans une activité de R & D. À cela s'ajoute un forfait de 60 % du coût salarial au titre des frais de fonctionnement.

2. Le CIR en France : évolutions depuis 1983

1983-2008

D'un dispositif par cycles pluriannuels et subordonné à une option des entreprises à un dispositif pérenne et sans obligation d'option.

- Depuis 1983, le dispositif est reconduit par le législateur par cycles pluriannuels (entre trois et cinq ans) et subordonné à une option de l'entreprise sur ces mêmes périodes.
- En 2004, le dispositif est pérennisé par le législateur et l'option devient annuelle.
- À compter de 2008, le bénéfice du crédit d'impôt recherche n'est plus subordonné à une option.

1983 : Instauration d'un crédit d'impôt en accroissement égal à 25 % de la variation des dépenses de R & D $[(n) - (n-1)]$, plafond 3 millions de francs.

1985 : Crédit d'impôt recherche égal à 50 % de $[(n) - (n-1)]$, plafond 5 millions de francs.

1987 : Création en parallèle d'un crédit d'impôt recherche en volume égal à 30 % de $[(n) - (1987)]$, plafonné à 900 000 francs.

- Plafonnement à 5 millions de francs pour les recherches internes et à 10 millions de francs pour l'ensemble du calcul du crédit d'impôt recherche (recherche externe).
- Amortissement des brevets acquis pour la recherche.

1990 : Possibilité d'intégrer certaines dépenses de normalisation dans l'assiette du CIR.

1991

- Disparition du CIR en volume et instauration d'un CIR en accroissement égal à 50 % de $[n - (n-1 + n-2)/2]$, plafond porté à 40 millions de francs.

- Frais de fonctionnement portés de 55 % à 75 %, dotations aux amortissements des biens meubles et immeubles.

1992

- Les entreprises du secteur agricole et du secteur textile-habillement-cuir peuvent bénéficier du crédit d'impôt recherche.
- Fin de la restitution immédiate, remboursement différé sur trois ans, sauf pour les entreprises nouvelles (article 44 sexies du CGI).

1993 : Amnistie : possibilité d'opter à nouveau pour les entreprises n'ayant pas déposé de déclaration sur les cycles 1987-1989 et 1990-1992.

Loi d'orientation pour l'aménagement du territoire, en date du 4 février 1995 :

1) Modification du taux des dépenses de fonctionnement : 100 % si elles correspondent aux dépenses de personnels affectés exclusivement dans les territoires ruraux de développement prioritaire (TRDP) et dans les zones d'aménagement du territoire (ZAT) ; - 65 % en Île-de-France, - 75 % dans les autres cas.

2) Restitution immédiate réservée aux seules entreprises nouvelles situées dans les TRDP ou les ZAT.

1996 : Instauration d'un rescrit fiscal pour le CIR.

1999 : Renouvellement du dispositif CIR pour cinq ans.

- Restitution immédiate pour les entreprises nouvelles, quel que soit leur lieu d'implantation géographique.
- Possibilité de mobiliser la créance pour les autres sociétés (*via* la BDPME).
- Agrément d'office des organismes de recherche publics et des universités et agrément des stylistes et des bureaux de style pour le secteur textile-habillement-cuir.
- Application de la règle des minimis pour le secteur textile-habillement-cuir (CIR plafonné à 100 000 euros par période de trois ans)
- Amnistie : possibilité d'opter à nouveau pour les entreprises n'ayant pas déposé de déclaration sur les cycles 1993-1995 et 1996-1998. Obligation de recalculer les bases de R & D de chacune de ces six années, pour déterminer le crédit d'impôt y afférent.
- Annulation des crédits d'impôt négatifs antérieurs à 1993.
- Lors d'un contrôle, les services fiscaux sollicitent l'avis du ministère en charge de la Recherche et de l'Innovation sur l'appréciation du caractère scientifique des travaux.

- Obligation pour les groupes de faire « remonter » les crédits d'impôt négatifs de leurs filiales (effet rétroactif sur l'année 1998).

Loi du 12 juillet 1999, sur l'innovation et la recherche (loi Allègre)

- Frais de fonctionnement portés à 100 % pour l'embauche de jeunes docteurs.

Loi de finances rectificative 1999

- Suppression de la modulation des frais de fonctionnement en fonction de la localisation géographique : retour à un taux unique de 75 % (effet au 1^{er} janvier 1999).
- Maintien du taux de 100 % pour les docteurs.

2004 : Pérennisation du CIR.

- L'option est assouplie : possibilité d'opter librement et de reconstituer ses bases.
- Élargissement de l'assiette :
 - à la défense des brevets, plafonnée à 60 000 euros ;
 - à la veille technologique, plafonnée à 60 000 euros ;
 - aux factures émanant d'organismes publics de recherche, d'universités ou de centres techniques industriels, qui sont prises en compte pour le double de leur montant.
- Plafond porté de 6,1 à 8 millions d'euros.
- Le calcul est de 5 % en volume et de 45 % de l'accroissement de n par rapport à $n-1$ et $n-2$.
- Les crédits négatifs sont reportables sur cinq ans. La 6^e année, les crédits négatifs de la 1^{re} année non encore imputés sont annulés.

LFR : extension de la recherche externe à l'ensemble des États membres de l'Espace économique européen (UE-25 + Norvège et Islande), dans la limite d'un plafond de 2 millions d'euros.

2006

Impact sur les dépenses 2005 :

- Les salaires des jeunes docteurs sont pris en compte pour le double de leur montant pendant douze mois à compter de leur premier recrutement en CDI et si l'effectif salarié de l'entreprise est stable.
- Les frais de fonctionnement pour l'embauche d'un jeune docteur sont portés à 200 %.
- La recherche externe de 2 millions d'euros est portée à 10 millions à la condition qu'il n'existe pas de lien de dépendance entre le donneur d'ordre et le sous-traitant.

- Remboursement du CIR, l'année de création et les quatre années suivantes pour les entreprises créées à compter du 1^{er} janvier 2004.
- Volume 10 % et accroissement 40 % pour le secteur THC, uniquement.

Impact sur les dépenses 2006 :

- Volume 10 % et accroissement 40 % pour les autres entreprises.
- Plafond du CIR porté de 8 à 10 millions d'euros.
- Plafond « Défense des brevets » porté de 60 000 à 120 000 euros.
- Défense des dessins et modèles (secteur textile) plafonnée à 60 000 euros.

LFR : plafond porté de 10 à 16 millions d'euros (impact sur les dépenses 2007).

2007

- Remboursement immédiat du CIR, pour les JEI et les « gazelles » (concerne le crédit d'impôt calculé entre le 1^{er} janvier 2006 et le 31 décembre 2009).
- Plafond supprimé pour la défense des brevets (impact sur dépenses 2006).
- Reconnaissance des certificats d'obtention végétale (COV) (impact sur dépenses 2006).

2008 : La part en accroissement à 40 % et le plafond à 16 millions d'euros sont supprimés.

Calcul du CIR :

- 30 % des dépenses de R & D pour une première tranche jusqu'à 100 millions d'euros ;
- 5 % des dépenses de R & D au-delà de ce seuil de 100 millions d'euros ;
- pour les entreprises qui demandent à en bénéficier pour la première fois, le taux est de 50 % l'année d'entrée dans le dispositif et de 40 % la deuxième année.
- Jeunes docteurs : prises en compte du salaire pour le double de son montant pendant les vingt-quatre premiers mois, au lieu des douze premiers mois.
- Recherche sous-traitée : plafond porté de 10 à 12 millions d'euros pour les dépenses confiées à des organismes de recherche publics à la condition qu'il n'existe pas de lien de dépendance.
- Dépenses de brevets : à compter de la déclaration de l'année 2008 sont éligibles, dans la limite de 60 000 euros par an, les primes et cotisations ou la part des primes et cotisations afférentes à des contrats d'assurance de protection juridique prévoyant la prise en charge des dépenses exposées, à l'exclusion de celles procédant d'une

condamnation éventuelle, dans le cadre de litiges portant sur un brevet ou un certificat d'obtention végétale dont l'entreprise est titulaire.

- Avances remboursables : à compter de la déclaration de l'année 2008, les avances remboursables sont déduites de l'assiette, au même titre que les subventions. Elles sont ajoutées aux bases de calcul du crédit d'impôt de l'année au cours de laquelle elles sont remboursées à l'organisme qui les a versées.
- Contrôle : le contrôle de l'administration s'exerce trois ans après le dépôt de la déclaration et non plus trois ans après le fait générateur (remboursement, restitution).
- Sécurité juridique : en application du nouvel article L 13 CA du Livre des procédures fiscales, les entreprises ont la possibilité de demander un contrôle sur le CIR. Le délai de réponse du rescrit est ramené de six mois à trois mois (au 1^{er} mars 2008).

LFR

- Remboursement du CIR à titre exceptionnel pour 2009, des créances 2005, 2006, 2007 et par anticipation 2008. Il s'agit de créances non utilisées et non mobilisées.
- Loi de modernisation de l'économie (art. 136 de la loi n° 2008-776 du 4 août 2008, décret n° 2009-1046 du 27 août 2009 et arrêté du 27 août 2009 – Convention du 26 janvier 2010). Article L 80B 3° du Livre des procédures fiscales (article initial aménagé) :
 - l'entreprise peut demander un avis à l'administration fiscale préalablement au démarrage des travaux ;
 - la réponse doit intervenir dans un délai de trois mois, sinon l'avis est réputé favorable. Le DRRT, l'ANR ou Oséo doit être sollicité sur la nature scientifique et technique des travaux décrits.

Article L 80B 3° bis du Livre des procédures fiscales (nouvel article) :

- l'entreprise peut demander directement un avis au DRRT, à l'ANR ou Oséo sur l'éligibilité de ses travaux. La réponse doit intervenir dans un délai de trois mois, sinon l'avis est réputé favorable ;
- la prise de position des services relevant du ministre chargé de la recherche ou de l'organisme chargé de soutenir l'innovation est notifiée au contribuable et à l'administration des impôts. Cette réponse doit être motivée.

2009 : Élargissement de la recherche sous-traitée publique aux :

- établissements d'enseignement supérieur délivrant un diplôme conférant le grade de master ;
- fondations de coopération scientifique agréées par le MESR ;
- établissements publics de coopération scientifique agréés par le MESR ;

- fondations reconnues d'utilité publique du secteur de la recherche agréées conformément au d bis du II de l'article 244 quater B du CGI agréées par le MESR.

Ces dépenses sont retenues pour le double de leur montant à la condition qu'il n'existe pas de liens de dépendance entre l'entreprise qui bénéficie du crédit d'impôt et ces organismes.

LFR

- Concernant le CIR textile-habillement-cuir, la loi précise que ce sont les « dépenses de personnel » qui sont éligibles en lieu et place des « salaires et charges sociales ».
- Prise en compte dans l'assiette du CIR des dépenses liées aux fonctionnaires qui apportent leur concours scientifique et des rémunérations supplémentaires et justes prix mentionnés aux 1 et 2 de l'article L. 611-7 du Code de la propriété intellectuelle versées au profit des salariés auteurs d'une invention résultant d'opérations de recherche.
- Élargissement de la recherche sous-traitée publique aux structures adossées (associations régies par la loi du 1^{er} juillet 1901 ayant pour fondateur et membre un organisme public de recherche ou un établissement d'enseignement supérieur délivrant un diplôme conférant le grade de master ou des sociétés de capitaux dont le capital ou les droits de vote sont détenus pour plus de 50 % par l'un de ces mêmes organismes). Ces dépenses sont retenues pour le double de leur montant à la condition qu'il n'existe pas de lien de dépendance entre l'entreprise qui bénéficie du crédit d'impôt et la structure adossée.

2010

- Remboursement immédiat du CIR, pour les entreprises ayant fait l'objet d'une procédure de sauvegarde, d'un redressement ou d'une liquidation judiciaires et pour les PME au sens communautaire.
- Remboursement du CIR par anticipation pour le CIR 2009 déposé en 2010. Il s'agit de créances non utilisées et non mobilisées.

2011

- Pérennisation du remboursement immédiat pour les PME au sens communautaire (< 250 salariés, CA < 50 millions d'euros, bilan < 43 millions d'euros).
- Obligation, pour les entreprises créées depuis moins de deux ans et qui sollicitent un remboursement immédiat de la créance CIR, de présenter à l'appui de la demande les pièces justificatives attestant de la réalité des opérations de R & D.
- Déduction de l'assiette du CIR du montant des dépenses de prestation de conseils.

Des taux majorés :

- 1) Réduction de taux (40 % la 1^{re} année et 35 % la 2^e année qui suivent l'expiration d'une période de cinq années consécutives au titre desquelles l'entreprise n'a pas bénéficié du CIR).
- 2) Renforcement des conditions pour en bénéficier :
 - il n'existe aucun lien de dépendance avec une autre entreprise ayant bénéficié du CIR au cours de la même période cinq années ;
 - le capital de l'entreprise non détenu à 25 % au moins par un associé détenant ou ayant détenu au cours des cinq dernières années au moins 25 % du capital d'une autre entreprise n'ayant plus d'activité effective et ayant bénéficié du CIR au cours de la même période de cinq ans ;
 - l'exploitant individuel de l'entreprise :
 - n'a pas bénéficié du CIR au cours des cinq dernières années dans le cadre de l'exploitation d'une autre entreprise individuelle n'ayant plus d'activité effective ;
 - ne détient pas ou n'a pas détenu au cours de la même période de cinq années au moins 25 % du capital d'une autre entreprise n'ayant plus d'activité effective et ayant bénéficié du CIR au cours de la même période de cinq années.
 - Frais de fonctionnement : modification de l'assiette (50 % pour les dépenses de personnel, 75 % pour les dotations aux amortissements).
 - Plafonnement des dépenses confiées à des organismes privés à trois fois le montant total des autres dépenses éligibles.
 - Obligation, pour les entreprises qui engagent plus de 100 millions d'euros de dépenses de R & D, de joindre à la déclaration de CIR un dossier justificatif (description et état d'avancement de leurs travaux de R & D en cours, descriptif et localisation des moyens matériels et humains). Sanction en cas de manquement à l'obligation (amende de 1 500 euros).

2012

- La loi de finances initiale pour 2012 permet la prise en compte, en cas de sinistre touchant les immobilisations, de la dotation aux amortissements correspondant à la différence entre l'indemnisation d'assurance et le coût de reconstruction et de remplacement. Cette mesure entre en vigueur avec un effet rétroactif au 1^{er} janvier 2009.

2013

- La loi de finances initiale pour 2013 supprime les taux majorés de 40 % la première année et 35 % la deuxième année. Un taux unique de 30 % est appliqué.

- Le régime du CIR est étendu à certaines dépenses d'innovation en faveur des PME. Ce nouveau dispositif permet aux PME au sens du droit communautaire de prendre en compte dans l'assiette de leur crédit d'impôt recherche certaines dépenses d'innovation relatives à la réalisation d'opérations de conception de prototypes ou installations pilotes de nouveaux produits. Ces dépenses entrent dans la base du crédit d'impôt recherche dans la limite de 400 000 euros par an et le taux applicable est de 20 %.
- Le caractère préalable de la demande de rescrit CIR est supprimé. Désormais, la demande de l'entreprise doit intervenir au moins six mois avant la date limite de dépôt de sa déclaration CIR.
- La loi de finances rectificatives pour 2013 prévoit une modification de la date limite de paiement du solde de l'impôt sur les sociétés pour les entreprises qui arrêtent leurs comptes au 31 décembre (report du 15 avril au 15 mai). Cette modification législative a deux conséquences concernant le CIR pour les entreprises qui clôturent leurs comptes au 31 décembre :
 - la date limite de dépôt de la déclaration CIR est le 15 mai $n+1$ (au lieu du 15 avril) ;
 - la date limite de dépôt d'une demande de rescrit CIR est le 15 novembre n (au lieu du 15 octobre n).
- Par ailleurs, la loi permet la cession de la créance CIR à des organismes de titrisation.

2014

- La loi de finances pour 2014 modifie les règles d'assiette concernant les dépenses relatives aux « jeunes docteurs » et les règles de territorialité des frais afférents aux droits de propriété intellectuelle.
- Pour bénéficier de l'avantage « jeunes docteurs », l'appréciation de la stabilité de l'effectif salarié ne s'effectue plus au niveau de l'entreprise dans son ensemble mais au niveau des seuls personnels de recherche.
- Certains frais liés à la propriété intellectuelle exposés hors de l'Espace économique européen (EEE) deviennent éligibles. Il s'agit des frais de prise et de maintenance de brevets et de certificats d'obtention végétale ainsi que des frais de dessins et modèles exposés dans le cadre du crédit d'impôt innovation.

2015

- La loi de finances 2015 porte le taux de 30 % à 50 % pour les dépenses de recherche exposées dans des exploitations situées dans un département d'outre-mer et le taux de 20 % à 40 % pour les dépenses d'innovation exposées dans des exploitations situées dans un département d'outre-mer.

- La loi de finances précise la définition du docteur en faisant référence à l'article L. 612-7 du Code de l'éducation. Le doctorat est un titre sanctionnant une expérience de recherche ainsi que la rédaction et la soutenance d'un mémoire ou d'une thèse. Ce diplôme national est l'unique diplôme de niveau Bac + 8, plus haut niveau du référentiel européen de Bologne (dit « 3-5-8 » ou « LMD » en France). Ne sont donc pris en compte que les titres et diplômes conférant le grade de docteur ou leur équivalent international (PhD), excluant, pour le dispositif « Jeunes docteurs », les diplômes d'État de docteur (médecine, pharmacie, vétérinaire, dentiste).
- Afin de faciliter le dialogue avec les entreprises, la loi de finances rectificative pour 2015 a créé un comité consultatif compétent sur les litiges relatifs à l'éligibilité au CIR de certaines dépenses de recherche. Ce comité intervient lorsque le désaccord porte sur la réalité de l'affectation à la recherche ou à l'innovation des dépenses prises en compte pour la détermination du CIR. Il peut, sans trancher une question de droit, se prononcer sur les faits susceptibles d'être retenus pour l'examen de cette question. Il intervient, avant la fin d'un contrôle fiscal opéré au titre du CIR, dans le cadre de la procédure de rectification contradictoire menée avec l'administration. Ainsi, lorsque le désaccord persiste sur les rectifications proposées par l'administration, c'est-à-dire lorsque cette dernière n'accepte pas les observations du contribuable, elle peut soumettre le litige, à la demande du contribuable, à l'avis de ce comité.

2016

- Les dépenses exposées pour la réalisation d'opérations de sous-traitance confiées à des instituts techniques liés aux professions mentionnées à l'article L. 830-1 du Code rural et de la pêche maritime, ainsi qu'à leurs structures nationales de coordination, sont retenues pour le double de leur montant à la condition qu'il n'existe pas de liens de dépendance entre l'entreprise qui bénéficie du crédit d'impôt et ces mêmes entités.
- Dans la loi de finances rectificative pour 2016, les dépenses exposées pour la réalisation d'opérations de sous-traitance confiées à des communautés d'universités et établissements (COMUE) sont retenues pour le double de leur montant à la condition qu'il n'existe pas de liens de dépendance entre l'entreprise qui bénéficie du crédit d'impôt et ces mêmes entités.
- Concernant le CII, le régime qui avait fait l'objet d'une information à la Commission européenne était échu depuis le 31 décembre 2014. Une nouvelle information a été donnée à la Commission. Le k du II de l'article 244 quater B du CGI est modifié pour tenir compte de ces nouvelles références communautaires.
- Les dépenses exposées pour la réalisation d'opérations de sous-traitance confiées à des stations ou fermes expérimentales agricoles dans le secteur de la recherche scientifique et technique agricole, ayant pour membre une chambre d'agriculture départementale ou régionale, peuvent être prises en compte pour le double de leur

montant pour le calcul du crédit d'impôt recherche à la condition qu'il n'existe pas de liens de dépendance entre l'entreprise qui bénéficie du crédit d'impôt et ces mêmes entités.

2017

- La LFR 2017 prévoit la fin du dépôt papier de la déclaration CIR. La télédéclaration du formulaire 2069-A-SD devient obligatoire à compter d'une date fixée par décret, et au plus tard pour le CIR 2019 déposé en 2020.

2018

- Article 95 de la loi, après le mot « consacrés », la fin du III bis de l'article 244 quater B du Code général des impôts est ainsi rédigée : « la part de titulaires d'un doctorat financés par ces dépenses ou recrutés sur leur base, le nombre d'équivalents temps plein correspondants et leur rémunération moyenne, ainsi que la localisation de ces moyens. Sur la base de ces informations, le ministre chargé de la recherche publique chaque année un rapport synthétique sur l'utilisation du crédit d'impôt recherche par ses bénéficiaires. »

2019

- L'article 151 de la loi étend l'obligation d'information sur la nature des dépenses financées par le crédit d'impôt recherche (CIR) à toutes les entreprises qui engagent plus de 2 millions d'euros de dépenses de recherche, contre 100 millions jusqu'à présent. Ces entreprises doivent ainsi accompagner la déclaration de crédit d'impôt recherche (n° 2069-A) d'un état (n° 2069-A-1-SD) décrivant :
 - la nature des travaux de recherche en cours et pour lesquels elles bénéficient du CIR,
 - l'état d'avancement des programmes, les moyens matériels et humains, directs ou indirects, qui y sont consacrés,
 - la part de titulaires d'un doctorat financés par ces dépenses ou recrutés sur leur base,
 - le nombre d'équivalents temps plein correspondants et leur rémunération moyenne,
 - et la localisation de ces moyens (CGI art. 244 quater B, III bis).
- L'article 150 étend au territoire de la collectivité de Corse le bénéfice des taux majorés de crédit d'impôt pour dépenses de recherche et d'innovation applicables dans les départements d'outre-mer (50 %, au lieu de 30 % pour la fraction des dépenses de recherche inférieure ou égale à 100 millions d'euros et de 5 % pour la fraction des dépenses supérieure à ce montant

2020

- Article 29 : Bornage du CII et CIR THC jusqu'au 31 décembre 2022. Une évaluation de l'efficacité de ces deux dispositifs conditionne leur éventuelle prolongation.
- Article 130 :
 - Abaissement du taux du forfait des dépenses de fonctionnement du CIR et du CII de 50 % à 43 % (le taux le CIR THC reste à 75 % des dépenses de personnel). Cette mesure s'applique aux dépenses exposées à compter du 1^{er} janvier 2020.
 - Rétablissement du seuil d'assujettissement à l'obligation documentaire complémentaire à 100 millions d'euros de dépenses.
 - Création d'une obligation documentaire allégée concernant les entreprises dont les dépenses ouvrant droit au CIR sont supérieures à 10 millions d'euros et inférieures ou égales à 100 millions.
 - Ces mesures s'appliquent aux déclarations déposées à compter du 1^{er} janvier 2020, au titre des dépenses de recherche exposées en 2019.
- Remise d'un rapport au Parlement avant le 30 septembre 2020 consacré à trois aspects spécifiques du CIR.
 - le seuil de 100 millions d'euros de dépenses dans le cadre des groupes fiscalement intégrés (risques de répartitions artificielles des dépenses CIR entre sociétés du même groupe).
 - les éventuels abus constatés s'agissant de personnes en préretraite et dont les rémunérations sont parfois retenues dans l'assiette du CIR
 - les modalités pratiques de mise en œuvre du dispositif de sous-traitance (nombre de donneurs d'ordre, nombre de ST, statistique sur le nombre d'opérations et les montants sous-traités...).
- Article 132 : Prise en compte de la sous-traitance de deuxième niveau.
- Article 133 : Remise d'un rapport au Parlement, avant le 30 septembre 2021, sur certains aspects particuliers du CIR qui paraissent pouvoir faire l'objet d'évolutions futures :
 - le niveau de prise en compte des dépenses de fonctionnement pour les jeunes docteurs et le forfait de dépenses de fonctionnement prévu dans le cadre du CIR THC, qui n'a pas évolué depuis la mise en place de cet outil ;
 - la prise en compte de dépenses hors R & D (PI, VT, normalisation).

2021

- L'article 35 de la loi de finances pour 2021 (loi n° 2020-1721 du 29 décembre 2020) consacré aux CIR et CII :

- Tout d'abord, est supprimé le doublement des dépenses de recherches confiées à des organismes publics et assimilés. La fin du doublement sera applicable aux dépenses engagées à partir du 1^{er} janvier 2022.
- De plus, est supprimée la majoration de 2 millions d'euros du plafond annuel des dépenses de sous-traitance pour les dépenses exposées lorsque figurent des travaux confiés à des organismes publics ou assimilés sans lien avec le déclarant à compter du 1^{er} janvier 2022.
- Par ailleurs, les taux majorés CIR et CII Corse sont aménagés. L'article 35 de la LFI 2021 supprime la majoration de taux du CIR (50 %) :
 - Le taux est fixé à 35 % pour les moyennes entreprises ;
 - Le taux est fixé à 40 % pour les petites entreprises.
- En outre, la demande de rescrit CIR est simplifiée. À compter du 1^{er} janvier 2021 seul le MESRI (Sittar C1 et DRARI) pourra donc désormais se prononcer sur les demandes de rescrit CIR.
- Enfin, nécessité de procéder *via* un droit de communication pour sécuriser la procédure d'envoi de documents entre le MESRI et les services fiscaux lors des contrôles qu'il mène. Et un cadre est donné à l'entreprise lorsqu'elle saisit le Comité consultatif du CIR.

Le tableau suivant permet d'apprécier la composition de l'assiette globale du CIR par type de dépenses en 2018

Tableau 13 – Distribution des dépenses de recherche par type de dépenses, en %, 2018

Catégorie de dépenses de recherche de la déclaration	Part en 2018
Dépenses de personnel, chercheurs et techniciens	50,2 %
<i>dont relatives aux jeunes docteurs</i>	1,3 %
Frais de fonctionnement	29,4 %
Recherche externalisée	11,7 %
<i>dont auprès d'entités privées</i>	7,6 %
<i>dont auprès d'entités publiques</i>	4,1 %
Amortissements	5,1 %
Dépenses relatives aux brevets	2,8 %
Veille technologique	0,3 %
Subventions publiques remboursées	0,4 %
Normalisation	0,0 %
Total	100 %

Champs : dépenses de recherche (lignes 1 à 31b de la déclaration 2069A au titre des dépenses de l'année 2018).

Source : MESRI-DGRI-Sittar, GECIR novembre 2020 (données provisoires)



ANNEXE 4

COMPLÉMENTS AU CHAPITRE 2

1. Les contrôles *a posteriori* du CIR semblent avoir eu peu d'impact négatif sur les activités de R & D des entreprises

L'étude IPP-PSE s'est intéressée aux effets potentiels des contrôles fiscaux ciblant les entreprises bénéficiaires du CIR, en mobilisant une analyse économétrique en double différence avec appariement qui permet de comparer des entreprises traitées (bénéficiaires du CIR et faisant l'objet d'un contrôle *a posteriori* du CIR) à un groupe témoin qui est constitué de bénéficiaires du CIR n'ayant pas été contrôlés. Les résultats montrent que les contrôles sont associés à une baisse du recours au CIR (marge extensive). Toutefois, cet effet négatif est restreint aux seuls contrôles associés à un avis défavorable de la part des experts mobilisés par le MESRI. L'étude observe que malgré une forte association entre avis défavorable et baisse du recours au CIR, les estimations ne décèlent pas d'effet de ces avis défavorables sur des variables de performance des entreprises ou encore sur leurs efforts en R & D. En d'autres termes, l'étude conclut que la politique de contrôle du CIR ne semble pas avoir de conséquences négatives sur les activités innovantes des bénéficiaires du CIR.

Objet de l'étude et méthodologie

L'accès aux données sur les contrôles fiscaux au titre du CIR ont permis aux auteurs d'innover en tentant d'élargir l'étude d'impact sur la base de ce qui apparaît comme un autre facteur de variation supposé en grande partie exogène, notamment dans la mesure où ces contrôles fiscaux échappent à la volonté des entreprises concernées. L'analyse est menée sur la base d'une approche en double différence avec appariement¹, en comparant, au sein des bénéficiaires du CIR, les entreprises « traitées » (ayant fait l'objet d'un contrôle *a posteriori* du CIR) à un groupe témoin constitué d'entreprises n'ayant pas été contrôlées. Les données sont consolidées à l'échelle des groupes fiscaux. Un groupe fiscal sera ainsi

¹ L'appariement tient compte de la taille de l'entreprise en termes d'effectifs, de son âge, de son secteur d'activité (NAF rev. 2, 2 digit) et de l'année de son premier recours au CIR.

considéré comme ayant fait l'objet d'un contrôle CIR une année donnée s'il comprend au moins une unité légale ayant subi un tel contrôle selon les données compilées par le MESRI. L'échantillon d'estimation retenu restreint l'analyse aux entreprises entrées dans le dispositif du CIR à partir de 2008 ; et il considère une fenêtre de deux ans avant et quatre ans après chaque évènement (i. e. chaque contrôle fiscal).

À la suite des interventions d'experts mandatés par le ministère en charge de la Recherche (MESRI), la proportion d'avis considérés comme défavorables a fluctué entre 16 % et 28 % par an depuis 2011, alors qu'elle était plus proche de 10 % au cours des années 2008-2010. L'échantillon considéré contient 1 010 entreprises contrôlées, dont 256 cas ont se sont traduits par un avis défavorable.

Les statistiques comparant les entreprises « traitées » à celles du contrefactuel montrent que les premières présentent un taux d'imposition implicite sensiblement différent que de celui qui se rapporte au groupe témoin, à savoir en moyenne un taux assez fortement négatif. Cela suggère que le fisc cible *de facto* les entreprises présentant ce type de caractéristiques fiscales.

L'économétrie permet justement de confirmer cette hypothèse concernant la logique sous-jacente aux contrôles du fisc, en établissant que, pour une entreprise donnée et toutes choses égales par ailleurs, le fait de présenter un revenu fiscal négatif ou bien un impôt négatif la prédispose plutôt à faire l'objet d'un contrôle. La taille de l'entreprise (mesurée par sa VA) et de sa créance fiscale figurent aussi parmi les autres facteurs positivement et significativement liés à la probabilité de subir un contrôle fiscal.

Identifiée également par l'économétrie, une autre variable qui semble avoir suscité la suspicion du fisc est pour une entreprise donnée le fait d'avoir recouru aux prestations de cabinets de conseil lors de la constitution du dossier de demande de CIR. [Cela peut s'expliquer par le fait que certains cabinets de conseil ont adopté des comportements abusifs il y a quelques années, ce qui a par la suite conduit les autorités ministérielles à en encadrer les pratiques¹.]

L'économétrie permet aussi de déterminer les facteurs qui sont significativement liés à la probabilité de subir un avis fiscal défavorable, conditionnellement au fait d'avoir été contrôlé au préalable : n'en ressort que le rôle négatif joué par la part des ingénieurs dans l'emploi et par la taille de la créance CIR. Le premier point peut être interprété comme une confirmation supplémentaire de ce que l'ampleur relative des ingénieurs dans l'emploi de l'entreprise constitue une bonne approximation de ses dépenses de R & D. Quant au lien négatif avec la taille de la créance CIR, il signifie probablement que les entreprises qui

¹ Dans cette perspective, [le Médiateur des entreprises](#), institué par décret en avril 2010, a publié une liste qui a entre avril 2015 et août 2019 référencé 41 sociétés de conseil en CIR-CII.

présentent les plus fortes créances CIR sont en général celles qui en pratique parviennent le mieux à gérer leurs dossiers en la matière et donc offrent *in fine* le moins prise à des avis fiscaux défavorables.

Liens avec les contrôles fiscaux a posteriori au titre du CIR

L'économétrie permet aussi de cerner les liens dynamiques entre l'occurrence d'un contrôle fiscal (avec avis défavorable ou non) et le comportement de recours du CIR. En ressort que, par rapport au groupe témoin, les entreprises subissant une certaine année un contrôle fiscal présentent des profils de recours au CIR spécifiques. Ces profils spécifiques se caractérisent notamment par deux traits. Le premier est un très net déclin du recours au CIR, c'est-à-dire une plus grande tendance à sortir du dispositif ; il n'apparaît cependant que lorsque le contrôle débouche sur un avis défavorable. Le second trait est un déclin de moindre ampleur dans le montant du CIR demandé. Dans la mesure où ces profils spécifiques se manifestent avant même le début du contrôle fiscal, cela pourrait toutefois invalider en partie l'hypothèse d'exogénéité des contrôles fiscaux et donc l'ambition de la démarche économétrique (la stratégie d'identification) d'identifier un lien causal entre l'occurrence d'un contrôle fiscal et le comportement des bénéficiaires du CIR.

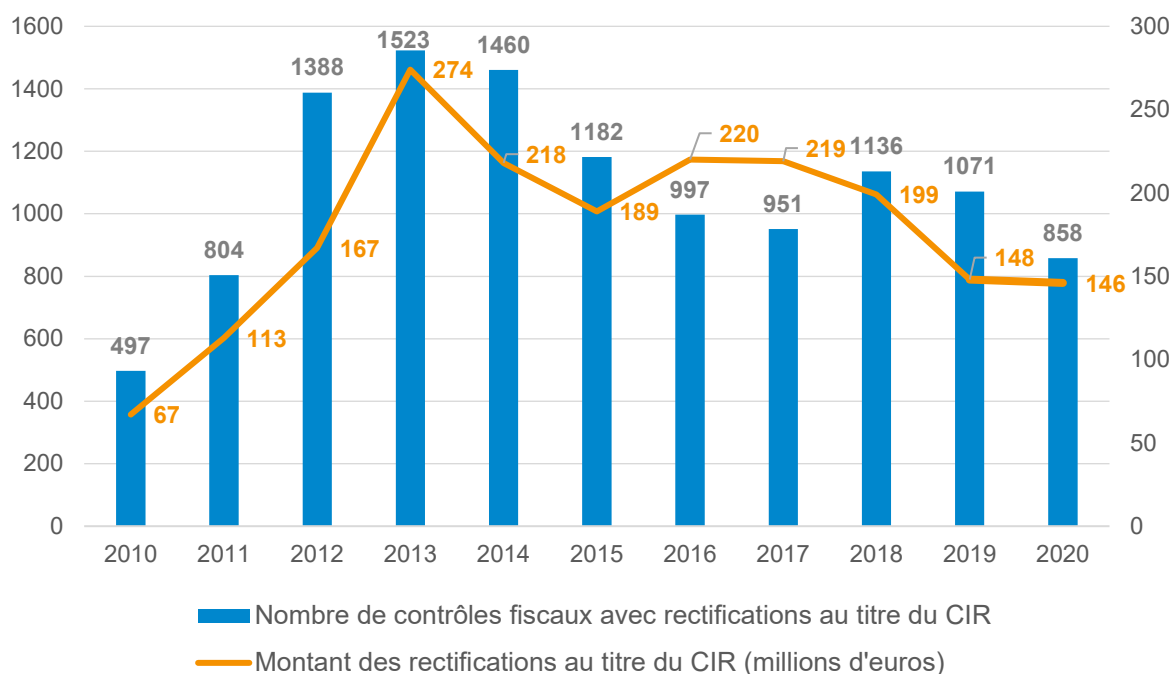
Pour les entreprises concernées, en tout cas, un contrôle fiscal (avec ou sans avis défavorable) ne se traduit généralement pas par des effets défavorables sur les indicateurs d'effort de R & D (concernant les effectifs d'ingénieurs), pas plus que sur les indicateurs considérés de performance économique (valeur ajoutée, taux d'investissement). Les auteurs y voient le signe que les pratiques de contrôle fiscal relatives au CIR n'auraient pas d'effets collatéraux inattendus au détriment des activités d'innovation des bénéficiaires du CIR. Une autre interprétation possible revient à invoquer une sorte d'effet d'apprentissage. L'idée sous-jacente est que d'éventuels contrôles fiscaux, loin d'impliquer forcément des conséquences fâcheuses pour les bénéficiaires du CIR, participent *in fine* d'une logique de professionnalisation progressive de la capacité à gérer les dossiers de CIR, de la part des bénéficiaires. Ce processus de professionnalisation du CIR est notamment attesté par de récents résultats d'enquête¹, qui montrent aussi qu'en matière

¹ Selon le cabinet de conseil Ayming, qui a enquêté auprès de 1 500 responsables CIR dans des entreprises de toutes tailles faisant de la R & D, les 20 % d'entreprises considérées comme les plus matures dans leur gestion du CIR ont pour 90 % d'entre elles déjà subi un contrôle fiscal ; elles déclarent en moyenne près de 5 millions d'euros de CIR, 71 % d'entre elles ont plus de dix ans de pratique du dispositif CIR et 100 % plus de 5 ans et elles travaillent le plus souvent dans les secteurs de la chimie, des matériaux, de la mécanique ou de l'environnement. À l'inverse, les deux déciles d'entreprises qui obtiennent les moins bons scores n'ont en majorité (57 %) jamais subi de contrôle fiscal ; les entreprises en question déclarent en moyenne 415 000 euros de CIR, utilisent en majorité (52 %) ce dispositif depuis moins de 5 ans et sont principalement actives dans l'informatique. Voir Ayming, *85 % des entreprises qui font de la R & D n'ont pas une gestion « mature » de leur CIR*, communiqué de presse daté du 18 octobre 2018).

de CIR, les relations entre les entreprises et les administrations publiques se sont améliorées ces dernières années¹.

Encore une fois, l'une des limites majeures de la démarche adoptée, relevée par les auteurs eux-mêmes, est que les contrôles fiscaux puissent être en partie endogènes, comme le montre le fait – bien établi sur la base des données présentées – que ces contrôles visent de facto les entreprises qui présentent certaines caractéristiques ou adoptent certains comportements².

2. Évolution du nombre de contrôles fiscaux annuels comportant une rectification au titre du CIR 2015-2020

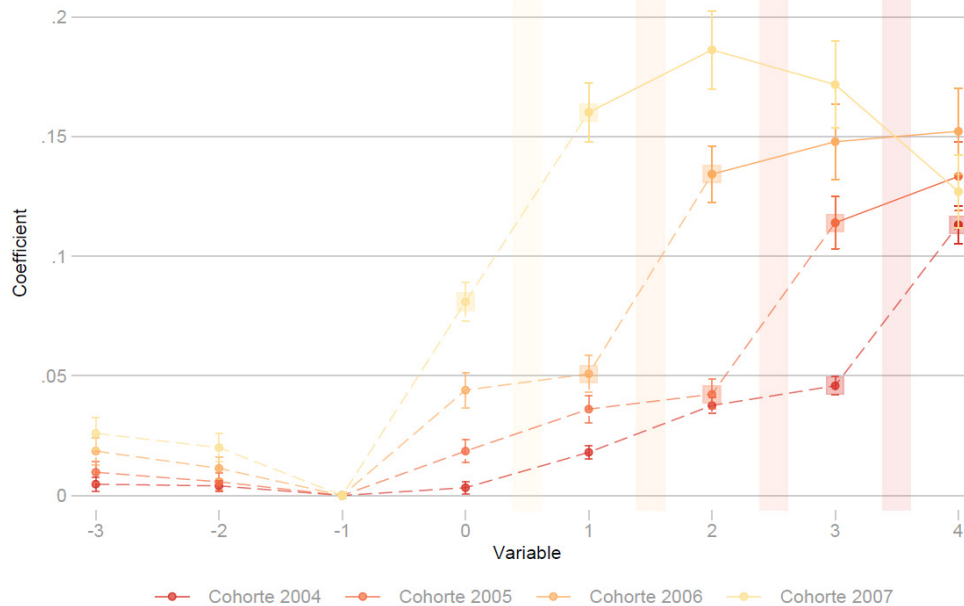


Source : Données DGFiP (2021)

¹ Selon une enquête de la société d'avocats Taj (groupe Deloitte), 45 % des entreprises ont fait l'objet d'une expertise scientifique au cours des six dernières années, dans le cadre du contrôle du CIR. Voir Taj/Deloitte, *Quel contrôle pour le CIR ? La parole aux entreprises*, Enquête CIR 2019, octobre 2019.

² Sortie du dispositif du CIR, baisse du montant du CIR, présence d'un revenu fiscal négatif ou bien d'un impôt négatif, entreprise de grande taille (en termes de VA), créance fiscale de grande ampleur, recours à des cabinets de conseil, etc.

3. Créance CIR rapportée à l'actif des entreprises par année relative au premier recours pour chaque cohorte



Note : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante la créance CIR rapportée à l'actif non financier en $t - 1$. Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus par étude d'événements avec des années relatives au traitement séparées par cohorte de recours, sur la période 2000-2012, par année relative au traitement. L'estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d'âge*quintile d'actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes post-2008, et une indicatrice pour le fait d'être confronté à la réforme de 2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée sur l'échantillon des entreprises appartenant (via au moins l'une des unités légales du groupe) aux secteurs dont au moins 5 % des entreprises demandent le CIR.

Source : étude IPP-PSE, d'après BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets



ANNEXE 5

COMPLÉMENTS AU CHAPITRE 3

1. La question de la nationalité des groupes d'entreprises

La question de la nationalité des entreprises, qui reflète la mondialisation économique fait parfois l'objet de controverse. De fait, elle ne se laisse pas définir aisément et les critères sont *a priori* multiples, au-delà de la seule nationalité des investisseurs¹. L'analyse économique aborde en général la question à travers les notions de contrôle du capital et d'investissement direct étranger (IDE). Un IDE est en effet défini comme une entité d'un pays dont le capital (ou les droits de vote) est détenu à hauteur d'au moins 10 % par une entreprise située dans un autre pays. En dessous de ce seuil, un investissement étranger est par convention considéré comme un investissement de portefeuille et non pas comme un IDE².

Dans le rapport NEOMA-BS, et comme c'est généralement le cas dans les analyses économiques relatives aux investissements directs à l'étranger (IDE), la nationalité d'un groupe d'entreprises est celle de l'entité considérée comme propriétaire ultime du groupe. Partant de ce principe, l'équipe NEOMA-BS a dû effectuer plusieurs réaffectations, afin de corriger certains problèmes relatifs aux groupes français et à certains groupes étrangers. Il s'est notamment agi d'éviter certains biais liés au fait que de grands groupes comme Airbus, Gemalto, Gemplus, Ipsen ou STMicroelectronics pourraient être artificiellement attribués aux Pays-Bas ou au Luxembourg.

Il est vrai que, dans la base de données du tableau de bord européen du JRC (sur les 2 500 entreprises mondiales avec les plus grands budgets de recherche) et comme c'est souvent le cas en droit positif, le critère adopté au sujet de la nationalité des groupes se

¹ Sur cette multiplicité de critères, voir notamment Commissariat général du plan (1999), *La nouvelle nationalité de l'entreprise dans la mondialisation*, rapport du groupe présidé par J.-F. Bigay, La Documentation française, Paris.

² Voir notamment Banque de France (2015), *Méthodologie de la balance des paiements et de la position extérieure*.

réfère au pays où est localisé le siège social. Ceci signifie par exemple que, selon les données brutes de la base de données JRC¹, le groupe pharmaceutique Allergan est considéré comme irlandais, compte tenu de son siège social situé à Dublin, où les bénéfices des sociétés ne sont taxés qu'à 12,5 %. Le groupe Allergan, producteur du Botox et généralement considéré comme américain, a de toute façon été racheté par son concurrent américain Abbvie en 2019. Autre exemple, la firme Accenture (ex-Andersen Consulting) est considérée par le JRC comme irlandaise dès lors que son siège social se trouve à Dublin, même si elle réalise en Amérique du Nord près de la moitié de son chiffre d'affaires². Il est rappelé par ailleurs qu'Accenture, présentée comme « la plus grande société de service informatique au monde avec IBM », était immatriculée aux Bermudes jusqu'en 2009, l'année de son transfert en Irlande³.

2. Quels indicateurs pour l'analyse de la localisation de la R & D des groupes ?

En l'absence de bases de données permettant d'identifier précisément les sites étrangers où les groupes français réalisent leurs activités de R & D, le chapitre 2 du rapport NEOMA-BS analyse différents indicateurs permettant d'apprécier le mieux possible la localisation et le volume de ces activités. Parmi les indicateurs centrés sur l'*output* de la R & D et donc sur la production de connaissance figurent les données sur le nombre d'inventions, le nombre d'innovations, le nombre de brevets, ou encore le nombre de publications académiques.

Portée et limites des données sur les brevets et publications

Les données de brevets ont de nombreux avantages, notamment en termes de disponibilité et de détail à un niveau fin de nomenclature par domaines technologique. Leurs limites sont tout aussi connues, dont le fait que toutes les inventions ne sont pas brevetables, que le nombre de brevets déposés ne renseigne guère sur leur valeur économique, qu'il existe d'autres moyens d'appropriation – dont le secret des affaires – et qu'un brevet reflète parfois moins une activité inventive qu'une volonté de la protéger et de la valoriser par ce type de moyen formel.

Si le critère des publications scientifiques n'est clairement pas un indicateur d'innovation, il constitue le principal indicateur communément admis pour les activités de recherche. Certes, les données sur les publications comportent elles aussi leurs avantages et inconvénients. En particulier, le choix de publier des travaux scientifiques, de la part de chercheurs travaillant en entreprise, relève de stratégies spécifiques qui concernent a

¹ Il s'agit de la version actuellement disponible en ligne, datée de janvier 2020.

² Le pourcentage a été de 47 % pour l'année 2017, [selon une infographie d'Accenture](#).

³ Voir l'article de Philippe Escande, « Accenture, croisé de la mondialisation », *Les Échos*, 25 novembre 2009.

priori plutôt des entreprises de grande taille ou de certains secteurs, ce qui peut introduire certains biais dans l'analyse et notamment conduire à surreprésenter certaines activités internationales. En outre, et comme pour les inventeurs concernant les brevets, les liens entre les auteurs de ces publications et la localisation des entreprises ou filiales concernés sont souvent ambigus. Plus encore, et là aussi comme pour les données de brevets, les opérations successives de fusion-acquisition et de cessions rendent difficile l'attribution des publications à tel ou tel groupe multinational, au fil du temps.

En pratique, les données payantes sur les brevets (notamment *via* la base Orbis) ou sur les publications (notamment la base Scopus) ne permettent que très imparfaitement d'attribuer les brevets et publications à leurs groupes de rattachement, en particulier du fait qu'elles peinent à correctement prendre en compte ces fusions acquisitions et cessions. Aller au-delà et véritablement identifier les vrais portefeuilles annuels de brevets et publications des groupes nécessiterait un fastidieux travail de retraitement.

De façon liée et faute d'accéder aux données historiques, les chercheurs utilisant ces données ne sauraient analyser que les activités de R & D les plus récentes, alors que les cerner avec précision dans leur envergure internationale supposerait de pouvoir reconstituer les mouvements d'entrée et sortie pour tous les pays sur l'ensemble de la période d'analyse, sur une vingtaine d'années.

L'apport des données issues des rapports annuels des grandes entreprises

D'autres informations utiles résident dans les rapports annuels des grandes entreprises, qui sont obligatoires pour les entreprises cotées et sont librement accessibles en ligne ou sur demande et renseignent souvent sur l'existence et la localisation des centres de R & D stratégiques, même de petite taille. Certes, l'information comptable peut y être présentée selon différents référentiels comptables, selon la localisation des pays respectifs où elles sont cotées. De plus, les entreprises concernées peuvent choisir de divulguer ou non des informations détaillées sur leur R & D, selon leurs priorités stratégiques. Il en découle que cette source de données ne permet pas de faire un suivi précis des stratégies des entreprises en matière d'implantation ou d'investissement en R & D à l'étranger.

Les données du Financial Times sur les investissements directs en R & D à l'étranger

Une autre source d'information fructueuse pour cette recherche, selon les auteurs, réside dans la base de données du *Financial Times* sur les investissements directs à l'étranger (fDi Markets). Ces données, qui portent sur *a priori* sur les investissements transfrontaliers dans tous les pays et tous les secteurs depuis 2003, ont l'avantage de préciser la fonction principale remplie par chaque projet d'investissement direct, notamment lorsqu'il s'agit de R & D. Fondée sur des informations publiées par les entreprises elles-mêmes, la base se restreint aux nouveaux projets (création ou expansion), excluant de la sorte les opérations

de fusion-acquisition. Outre le fait que certains de ces projets ne sont pas rendus publics car jugés stratégiques, l'une des principales limites de ces données est qu'elles ne fournissent pas d'information sur la pérennité des projets ainsi engagés. Car certains des projets annoncés peuvent ultérieurement être revus à la baisse ou jamais réalisés et car les données ne renseignent pas non plus sur les désinvestissements, c'est-à-dire sur les projets abandonnés après avoir été réalisés.

La base de données Capital IQ de Standard & Poor's, sur les fusions-acquisitions

Complémentaires aux précédentes, qui excluent les opérations de reprise, les données sur les fusions et acquisition (F&A) utilisées pour cette recherche (Capital IQ, Standard & Poor's) ont l'intérêt de porter sur des opérations qui sont souvent de grande ampleur. Elles ont cependant pour défaut d'inclure des opérations qui pour l'investisseur visent principalement à accéder au marché du pays d'accueil et à prendre le contrôle d'actifs stratégiques de diverses natures (unités de production, image de marque, etc.). En d'autres termes, les capacités de R & D éventuellement acquises par les investisseurs dans le cadre de fusions-acquisitions peuvent n'en être qu'un effet collatéral et non une motivation centrale. De ce fait, ces données ne renseignent qu'assez faiblement sur l'attractivité relative des différents pays pour les activités de R & D.

Le besoin de croiser ces différentes sources d'information

Seul le croisement de ces différentes sources d'information permet en pratique de retracer finement et dans leur ensemble les indications sur la localisation des activités de R & D des multinationales. Mais la répartition géographique des montants en jeu et leur évolution dans le temps restent le plus souvent très difficiles à cerner autrement que par approximation. S'il existe entre certains types d'indicateurs un fort degré de corrélation pour leur distribution géographique – notamment entre les brevets d'invention et les publications scientifiques –, d'autres types de données offrent des éclairages qui se complètent plus qu'ils ne se recoupent. En conclusion, selon les auteurs, les indicateurs sont utiles car ils donnent des indices, dont il faut regarder les recoupements ou absence de recoupements, et dont la vocation est surtout d'aider à chercher dans la bonne la bonne approche.

3. Les 80 plus grands groupes mondiaux par l'ampleur de leurs dépenses annuelles de R & D

Rang	Groupe	Pays	Secteur	R & D 2019 (millions €)	Chiffre d'affaires (millions €)	Intensité en R & D (%)
1	Alphabet (Google)	États-Unis	Software & Computer Services	23 160,1	144 077,8	16,1
2	Microsoft	États-Unis	Software & Computer Services	17 152,4	127 305,5	13,5
3	Huawei	Chine	Technology Hardware & Equipment	16 712,7	109 416,7	15,3
4	Samsung	Corée du Sud	Electronic & Electrical Equipment	15 525,0	177 139,8	8,8
5	Apple	États-Unis	Technology Hardware & Equipment	14 435,6	231 595,2	6,2
6	Volkswagen	Allemagne	Automobiles & Parts	14 306,0	252 632,0	5,7
7	Facebook	États-Unis	Software & Computer Services	12 106,1	62 931,3	19,2
8	Intel	États-Unis	Technology Hardware & Equipment	11 894,3	64 060,0	18,6
9	Roche	Suisse	Pharmaceuticals & Biotechnology	10 753,2	56 511,3	19,0
10	Johnson & Johnson	États-Unis	Pharmaceuticals & Biotechnology	10 107,7	73 045,2	13,8
11	Daimler	Allemagne	Automobiles & Parts	9 630,0	172745,0	5,6
12	Toyota	Japon	Automobiles & Parts	9057,9	244156,3	3,7
13	Merck US	États-Unis	Pharmaceuticals & Biotechnology	8234,8	41694,9	19,8
14	Novartis	Suisse	Pharmaceuticals & Biotechnology	7713,2	44940,4	17,2
15	Gilead Sciences	États-Unis	Pharmaceuticals & Biotechnology	7393,6	19983,1	37,0
16	Pfizer	États-Unis	Pharmaceuticals & Biotechnology	7373,2	46065,5	16,0
17	Honda	Japon	Automobiles & Parts	6834,8	121800,9	5,6
18	Ford	États-Unis	Automobiles & Parts	6587,1	138775,2	4,7
19	BMW	Allemagne	Automobiles & Parts	6419,0	104210,0	6,2
20	Robert Bosch	Allemagne	Automobiles & Parts	6229,0	77721,0	8,0
21	Siemens	Allemagne	Electronic & Electrical Equipment	6086,0	86849,0	7,0
22	General Motors	États-Unis	Automobiles & Parts	6053,1	122162,2	5,0
23	Sanofi	France	Pharmaceuticals & Biotechnology	6015,0	36126,0	16,7
24	Cisco Systems	États-Unis	Technology Hardware & Equipment	5854,5	46202,6	12,7
25	Bayer	Allemagne	Pharmaceuticals & Biotechnology	5628,0	46287,0	12,2
26	Alibaba	Chine	Software & Computer Services	5488,5	64938,0	8,5
27	Oracle	États-Unis	Software & Computer Services	5400,6	34776,6	15,5
28	Bristol-Myers Squibb	États-Unis	Pharmaceuticals & Biotechnology	5373,9	23273,1	23,1
29	GloxoSmithKline	Royaume-Uni	Pharmaceuticals & Biotechnology	5068,0	39425,2	12,9
30	Abbvie	États-Unis	Pharmaceuticals & Biotechnology	4813,1	29611,9	16,3
31	Qualcomm	États-Unis	Technology Hardware & Equipment	4805,1	17423,0	27,6
32	AstraZeneca	Royaume-Uni	Pharmaceuticals & Biotechnology	4795,3	21705,5	22,1
33	IBM	États-Unis	Software & Computer Services	4767,7	68672,8	6,9
34	Dell Technologies	États-Unis	Technology Hardware & Equipment	4741,9	82031,3	5,8
35	Nissan	Japon	Automobiles & Parts	4444,0	80587,6	5,5
36	Nokia	Finlande	Technology Hardware & Equipment	4411,0	23315,0	18,9
37	Uber Technologies	États-Unis	Software & Computer Services	4304,8	12593,0	34,2
38	SAP	Allemagne	Software & Computer Services	4283,0	27553,0	15,5
39	Panasonic	Japon	Leisure Goods	4230,9	61105,2	6,9
40	Fiat Chrysler	Pays-Bas	Automobiles & Parts	4194,0	109844,0	3,8
41	Broadcom	États-Unis	Technology Hardware & Equipment	4180,2	20114,8	20,8

42	Denso	Japon	Automobiles & Parts	4142,6	42039,9	9,9
43	Sony	Japon	Leisure Goods	4073,0	67380,7	6,0
44	Peugeot (PSA)	France	Automobiles & Parts	4061,0	74731,0	5,4
45	Takeda Pharmaceutical	Japon	Pharmaceuticals & Biotechnology	4014,2	26848,1	15,0
46	Tencent	Chine	Software & Computer Services	3871,4	48067,2	8,1
47	Renault	France	Automobiles & Parts	3697,0	55537,0	6,7
48	Ericson	Suède	Technology Hardware & Equipment	3681,6	21749,8	16,9
49	Amgen	États-Unis	Pharmaceuticals & Biotechnology	3663,9	20795,8	17,6
50	Continental	Allemagne	Automobiles & Parts	3596,6	44478,4	8,1
51	Airbus	Pays-Bas	Aerospace & Defence	3491,0	70478,0	5,0
52	Boehringer Sohn	Allemagne	Pharmaceuticals & Biotechnology	3462,0	18997,0	18,2
53	Eli Lilly	États-Unis	Pharmaceuticals & Biotechnology	3251,6	19867,8	16,4
54	China Stade Construction Engineering	Chine	Construction & Materials	2786,5	178128,1	1,6
55	LG Electronics	Corée du Sud	Leisure Goods	2773,1	47903,1	5,8
56	General Electric	États-Unis	General Industrials	2772,8	84756,1	3,3
57	Hon Hai Precision Industry	Taiwan	Electronic & Electrical Equipment	2706,8	157972,8	1,7
58	Taiwan Semiconductor	Taiwan	Technology Hardware & Equipment	2703,0	31636,6	8,5
59	Raytheon Technologies	États-Unis	Aerospace & Defence	2683,8	68582,9	3,9
60	Boeing	États-Unis	Aerospace & Defence	2674,9	75501,2	3,5
61	Nvidia	États-Unis	Technology Hardware & Equipment	2518,2	9718,7	25,9
62	Salesforce.com	États-Unis	Software & Computer Services	2462,2	15219,9	16,2
63	Canon	Japon	Technology Hardware & Equipment	2435,1	29312,6	8,3
64	SK Hynix	Corée du Sud	Technology Hardware & Equipment	2416,9	20751,4	11,6
65	Hitachi	Japon	Electronic & Electrical Equipment	2396,7	71519,6	3,4
66	Baidu	Chine	Software & Computer Services	2337,3	13684,6	17,1
67	Hyundai Motor	Corée du Sud	Automobiles & Parts	2323,2	81301,4	2,9
68	Merck DE	Allemagne	Pharmaceuticals & Biotechnology	2268,0	16152,0	14,0
69	BASF	Allemagne	Chemicals	2239,0	63187,0	3,5
70	Micron Technology	États-Unis	Technology Hardware & Equipment	2172,9	20835,0	10,4
71	ZF	Allemagne	Automobiles & Parts	2130,0	36518,0	5,8
72	Tata Motors	Inde	Automobiles & Parts	2119,0	32296,4	6,6
73	China Railway Construction	Chine	Construction & Materials	2105,7	104411,9	2,0
74	China Railway	Chine	Construction & Materials	2103,5	108398,8	1,9
75	Medtronic Public Ltd	Irlande	Health Care Equipment & Services	2075,0	25737,1	8,1
76	Abbott Laboratories	États-Unis	Pharmaceuticals & Biotechnology	2052,7	28399,5	7,2
77	Biogen Idec	États-Unis	Pharmaceuticals & Biotechnology	2030,1	12798,6	15,9
78	Petrochina	Chine	Oil & Gas Producers	1995,9	320645,6	0,6
79	Western Digital	États-Unis	Technology Hardware & Equipment	1942,3	14749,0	13,2
80	Valeo	France	Automobiles & Parts	1907,0	19477,0	9,8

Source : France Stratégie, d'après la version 2020 du tableau de bord de l'institut IPTS-JRC (EU Industrial R & D Investment Scoreboard).

Encadré 7 – Le classement mondial des 2 500 groupes effectuant le plus de dépenses de R & D : illustration à travers le cas du groupe Amazon

Le tableau de bord effectué par l'institut IPTS-JRC de la Commission européenne se fonde sur les données figurant dans les rapports et comptes annuels publiés par les grands groupes. Compte tenu des différences qui existent entre les pays pour les normes comptables et les pratiques de divulgation de la part des entreprises, il n'est cependant pas toujours possible d'identifier spécifiquement les dépenses de R & D, qui peuvent parfois être intégrées à d'autres dépenses telles que les coûts d'ingénierie. Pour éviter de surestimer les chiffres de la R & D dans son tableau de bord, l'IPTS-JRC a choisi de n'y faire figurer que les chiffres de R & D publiés de manière distincte. Ce choix conduit parfois à omettre du classement certains grands groupes, dont la société américaine Amazon fournit un exemple extrême.

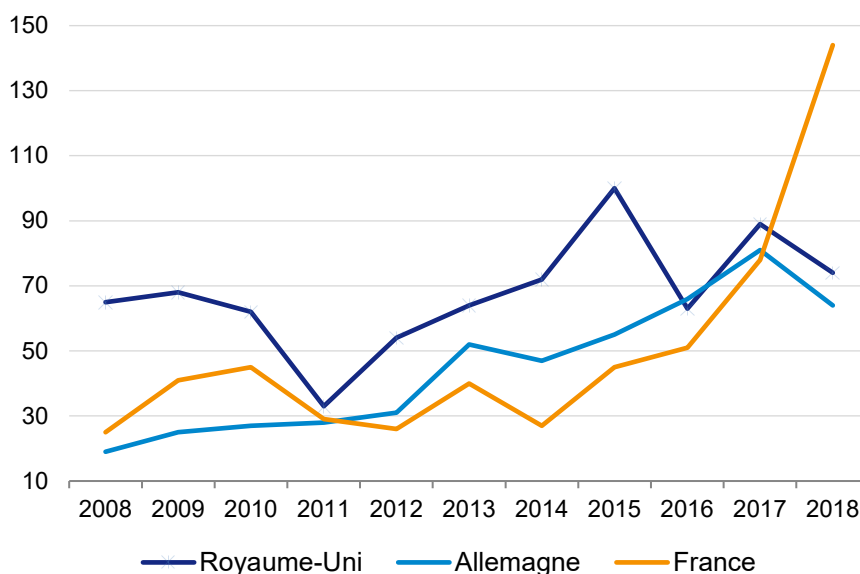
Ainsi, le groupe Amazon ne figure pas dans la version 2020 de ce tableau de bord. Cela tient au fait que le rapport annuel d'Amazon ne publie qu'une donnée globale sur l'investissement dans la « technologie et contenu » (T&C), sans y préciser la part comptabilisée en technologie (R & D). Sachant que cet investissement global en « technologie et le contenu » a pour Amazon atteint le chiffre de 35,9 milliards de dollars pour l'année 2019, selon le rapport IPTS-JRC de 2020, et sachant qu'il s'agit en grande partie de R & D, ce rapport en déduit que le groupe Amazon a probablement détrôné de la première place du classement le groupe Alphabet (Google) avec ses 23,2 milliards d'euros de dépenses de R & D. Auparavant, il a été estimé que, sur les 12,5 milliards de dollars de dépenses au titre de la technologie et du contenu (T&C) figurant dans le compte de résultat d'Amazon pour l'année 2015, 10,3 milliards relevaient de la technologie (R & D). Du reste, le groupe Amazon a parfois figuré dans des versions antérieures de ce tableau de bord. Dans le tableau de bord paru en 2015, Amazon.com était ainsi classé en 206^e position, avec un montant de seulement 528,0 millions d'euros pour la R & D au titre de l'année 2014, ce qui correspond seulement au montant au titre de la R & D immobilisée. Amazon aurait alors pu figurer parmi les 20 premiers groupes du classement pour les dépenses de R & D, si ce groupe avait divulgué avec précision le total de ses dépenses de R & D du groupe.

Sources : France Stratégie, d'après les versions 2020, 2019 et 2015 du tableau de bord de l'institut IPTS-JRC (EU Industrial R & D Investment Scoreboard)

4. L'attractivité pour les activités de R & D au vu des données sur les projets d'investisseurs étrangers

Ces dernières années, en première analyse, la France a semblé témoigner pour les activités de R & D d'une attractivité internationale globalement proche de celle dont bénéficient le Royaume-Uni et l'Allemagne. En Europe, elle s'est même placée en 2018 au premier rang des pays d'accueil pour le nombre de projets de centres de R & D (avec 144 projets), devant le Royaume-Uni (74) et l'Allemagne (64), selon le baromètre de l'attractivité publié par le cabinet EY. Telles qu'elles sont publiées, ces données en nombres de projets ne renseignent cependant ni sur l'importance relative des projets – notamment sous l'angle des dépenses de R & D induites –, ni sur le partage entre nouveaux centres et extension de centres existants, pas plus que sur le rôle que les incitations fiscales ont pu jouer dans la décision de lancer ces projets. L'étude NEOMA-BS montre bien que cette attractivité mesurée à partir des données sur le nombre de projets est somme toute relative quand on tient compte de l'évolution effective en termes de dépenses de R & D.

**Les trois principaux pays d'accueil des projets de centres de R & D en Europe
(en nombre de projets*)**



* Nombre de projets de nouveaux centres ou d'extension de centres existants.

Source : France Stratégie d'après les données publiées par le cabinet EY dans ses baromètres annuels de l'attractivité



ANNEXE 6

REMERCIEMENTS

Que soient ici vivement remerciés les personnes ou organismes qui ont apporté leur concours aux travaux de la commission, en amont du présent avis¹.

Auteurs et discutants² des études en appui au présent avis

Équipe de l'étude NEOMA-BS (2021)

Stéphane Lhuillery, professeur en économie de l'innovation à NEOMA-BS

Solène Menu, ingénieure de recherche à NEOMA Business School

Marion Tellechea, doctorante en sciences de gestion à l'ICN Business School (Nancy) et à l'université de Lorraine

Stéphanie Thiéry, professeure en audit à ICN Business School

Discutants : Dominique Guellec et Claire Lelarge, membres de la CNEPI

Équipe de l'étude IPP-PSE (2021)

Laurent Bach, professeur associé de finance à l'ESSEC Business School et directeur du programme Entreprises à l'Institut des politiques publiques (IPP)

Antoine Bozio, maître de conférences à l'École des hautes études en sciences sociales (EHESS) et chercheur associé à l'École d'économie de Paris (PSE) et directeur de l'IPP

Arthur Guillouzouic, économiste à l'Institut des politiques publiques

Clément Malgouyres, économiste à l'IPP et chercheur associé à PSE

Nicolas Serrano-Velarde, professeur associé à l'Université de Bocconi à Milan et chercheur affilié à l'IPP

¹ Les fonctions et intitulés des organismes indiqués sont ceux qui s'appliquaient au moment où ces personnes ont interagi avec la commission.

² Il s'agit des auteurs de ces travaux et des experts chargés d'en discuter les résultats d'étape ou le rapport final, au cours de réunions organisées par France Stratégie entre juillet 2019 et mai 2021.

Discutants : Pierre Mohnen, membre de la CNEPI et **Haithem Ben Hassine**, chef de projet à France Stratégie

Équipe de l'étude Seureco (2021)

Pierre Le Mouël, économiste à Seureco et au laboratoire ERASME de l'École centrale de Paris et de l'université de Paris I

Paul Zagamé, directeur scientifique de l'équipe ERASME, professeur émérite à l'université de Paris I

Discutants : Reinhilde Veugelers, membre de la CNEPI

Personnes consultées à l'occasion de diverses réunions

Paul Catoire, Direction générale des entreprises (DGE), ministère en charge de l'Économie

Briac Chevallier-Chantepie, DGE, ministère en charge de l'Économie

Kymble Christophe, DGE, ministère en charge de l'Économie

Christine Costes¹, Direction générale de la recherche et de l'innovation (DGRI), ministère en charge de la Recherche

Paul Cusson, Direction générale du Trésor (DGT), ministère en charge de l'Économie

Vincent Dortet-Bernadet, directeur de projet, sous-direction de la prospective, des études et de l'évaluation économique (SDP3E), direction générale des entreprises (DGE)

Émilie-Pauline Gallié, Inspection générale de l'administration de l'éducation nationale et de la recherche (IGAENR), ministère en charge de la Recherche

Esther Goreichy, Direction générale du Trésor (DGT), ministère en charge de l'Économie

Thibault Guyon, DGT, ministère en charge de l'Économie²

Benjamin Hadjibeyli, DGE, ministère en charge de l'Économie

Matthieu Landon, DGE, ministère en charge de l'Économie³

Benoît Legait, Conseil général de l'économie, de l'industrie, de l'énergie et des technologies (CGEIET), ministère en charge de l'Économie⁴

Simon Liu, CGEIET, ministère en charge de l'Économie

¹ Outre sa participation aux réunions organisées en amont du présent avis, Christine Costes a permis, avec le concours de Laurent Perrain, d'actualiser le plus possible les principales données statistiques relatives au CIR.

² Jusqu'en octobre 2020.

³ Jusqu'en juillet 2020.

⁴ Jusqu'en février 2020.

Claude Mathieu, chercheur au laboratoire ERUDITE, professeur à l'université Paris-Est Créteil, conseiller scientifique à France Stratégie

Laurent Perrain, DGRI, ministère en charge de la Recherche

Adrien Perret, DGT, ministère en charge de l'Économie

Dorian Roucher, DGT, ministère en charge de l'Économie

Guillaume Roulleau, DGT, ministère en charge de l'Économie

Michel Schmitt, CGEIET, ministère en charge de l'Économie

Liste de personnes consultées et des participants aux séminaires dans le cadre des travaux du premier avis, voir avis de la CNEPI de mars 2019.



ANNEXE 7

SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ANR	Agence nationale de la recherche
APE	Activité principale exercée
BDPME	Banque du développement des PME
CA	Chiffre d'affaires
CGI	Code général des impôts
CIFRE	Convention industrielle de formation par la recherche entreprise
CII	Crédit d'impôt innovation
CIR	Crédit d'impôt recherche
CIS	Enquête communautaire sur l'innovation (<i>Community innovation survey</i>)
CNEPI	Commission nationale d'évaluation des politiques d'innovation
DERDE	Dépenses externes en recherche et développement des entreprises
DGFIP	Direction générale des finances publiques
DGRI	Direction générale de la recherche et de l'innovation
DIRDE	Dépenses intérieures de R & D des entreprises
DJD	Dispositif « Jeunes docteurs »
DLF	Direction de la législation fiscale
DRRT	Délégué régional à la recherche et à la technologie
JEI	Jeune entreprise innovante
LMD	Licence-master-doctorat
LME	Loi de modernisation de l'économie
MENESR	Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche

MESR	Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche
MESRI	Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
PIB	Produit intérieur brut
PME	Petites et moyennes entreprises
R & D	Recherche et développement
SITTAR	Service de l'innovation, du transfert de technologie et de l'action régionale
THC	Textile, habillement, cuir
TRDP	Territoires ruraux de développement prioritaire
ZAT	Zone d'aménagement du territoire



Directeur de la publication

Gilles de Margerie, commissaire général

Directeur de la rédaction

Cédric Audenis, commissaire général adjoint

Secrétaires de rédaction

Olivier de Broca, Gladys Caré, Anaïs Teston

Contact presse

Matthias Le Fur, directeur du service Édition/Communication/Événements

01 42 75 61 37, matthias.lefur@strategie.gouv.fr

RETROUVEZ
LES DERNIÈRES ACTUALITÉS
DE FRANCE STRATÉGIE SUR :



www.strategie.gouv.fr



[@Strategie_Gouv](https://twitter.com/Strategie_Gouv)



[france-strategie](https://www.linkedin.com/company/france-strategie)



[FranceStrategie](https://www.facebook.com/FranceStrategie)



[@FranceStrategie_](https://www.instagram.com/FranceStrategie_)



[StrategieGouv](https://www.youtube.com/StrategieGouv)

Les opinions exprimées dans ce rapport engagent leurs auteurs et n'ont pas vocation à refléter la position du gouvernement.



FRANCE STRATÉGIE



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Institution autonome placée auprès du Premier ministre, France Stratégie contribue à l'action publique par ses analyses et ses propositions. Elle anime le débat public et éclaire les choix collectifs sur les enjeux sociaux, économiques et environnementaux. Elle produit également des évaluations de politiques publiques à la demande du gouvernement. Les résultats de ses travaux s'adressent aux pouvoirs publics, à la société civile et aux citoyens.



Institut des
Politiques Publiques

RAPPORT IPP No. 33– Mai 2021

Les impacts du crédit impôt recherche sur la performance économique des entreprises

Laurent BACH
Antoine BOZIO
Arthur GUILLOUZOUIC
Clément MALGOUYRES
Nicolas SERRANO-VELARDE

A large, semi-transparent version of the IPP logo is positioned in the bottom right corner of the page. It consists of the lowercase letters 'ipp' in a dark teal font, centered within a circular frame made of two curved teal lines. The logo is rendered in a lighter shade of teal against the dark teal background.

ipp



L'Institut des politiques publiques (IPP) a été créé par l'École d'économie de Paris (PSE) et est développé dans le cadre d'un partenariat scientifique entre PSE et le Groupe des écoles nationales d'économie et statistique (GENES) avec le soutien de l'ANR au titre du programme Investissements d'avenir. L'IPP vise à promouvoir l'analyse et l'évaluation quantitatives des politiques publiques en s'appuyant sur les méthodes les plus récentes de la recherche en économie.

www.ipp.eu



LES AUTEURS DU RAPPORT

Laurent Bach est professeur associé de finance à l'ESSEC Business School et directeur du programme Entreprises à l'Institut des politiques publiques (IPP). Ses travaux de recherche sont principalement consacrés à l'analyse quantitative des politiques publiques. Il est spécialiste de finance d'entreprise et des ménages.

Page personnelle : <https://sites.google.com/site/laurentbach/>

Antoine Bozio est maître de conférences à l'École des hautes études en sciences sociales (EHESS), chercheur associé à l'École d'économie de Paris (PSE) et directeur de l'Institut des politiques publiques (IPP). Ses travaux de recherche concernent en particulier le système de retraite et la fiscalité.

Page personnelle : <https://www.parisschoolofeconomics.com/bozio-antoine/en/>

Arthur Guillouzouic est économiste à l'Institut des politiques publiques (IPP). Ancien élève de l'École normale supérieure de Cachan et titulaire d'un doctorat en sciences économiques de Sciences Po, ses recherches se situent dans les champs de l'économie publique et de l'économie de l'innovation.

Page personnelle : <https://arthurguileco.wixsite.com/aguillouzouiclecorff>

Clément Malgouyres est économiste à l'Institut des politiques publiques (IPP) et chercheur associé à l'École d'économie de Paris (PSE). Il s'intéresse à des questions empiriques en économie publique, économie internationale et économie du travail. Ses travaux récents portent sur la fiscalité des entreprises et l'évaluation quantitative des politiques publiques.

Page personnelle : <https://sites.google.com/site/clementmalgouyres>

Nicolas Serrano-Velarde est professeur associé à l'Université de Bocconi à Milan et chercheur affilié à l'IPP. Ses intérêts de recherche se concentrent sur le financement des entreprises, l'entrepreneuriat et l'innovation.

Page personnelle : <https://sites.google.com/site/nicolasserranovelarde/>

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Ce rapport de recherche est consacré à l'analyse de l'impact du crédit impôt recherche (CIR) sur l'investissement en R&D, l'innovation et les performances économiques des entreprises. L'analyse exploite des données administratives sur l'ensemble des entreprises françaises, jusqu'alors peu mobilisées pour évaluer l'impact du CIR.

L'exploitation de nouvelles données administratives

- À l'aide des données DADS Postes, nous proposons une mesure de l'emploi R&D reposant sur l'identification des occupations consacrées à la R&D, en particulier les postes d'ingénieurs et de techniciens. L'avantage de cette mesure de l'emploi R&D est d'être disponible sur l'ensemble de la période d'étude pour toutes les entreprises, y-compris pour celles qui n'ont pas encore recours au dispositif du CIR. Il s'agit d'un élément crucial pour évaluer l'impact du CIR sur la marge extensive, c'est-à-dire le fait de démarrer un investissement en R&D pour la première fois.
- Les données fiscales entreprises (BIC-RN, BIC-IS) permettent de documenter pour toutes les entreprises l'évolution de leurs performances économiques, et ainsi de mesurer l'impact du CIR sur des dimensions plus larges que les dépenses R&D qui ont été privilégiées par les évaluations jusqu'alors : chiffre d'affaires, valeur ajoutée, emploi, productivité, etc.

- Les données de contrôles du CIR permettent d'identifier les entreprises qui ont eu une baisse d'accès au dispositif suite à un contrôle négatif sur l'éligibilité des dépenses de R&D. Ces données collectées par le MESRI n'avaient encore jamais été mobilisées à des fins d'évaluation du CIR.

Évolution du recours au CIR sur la période

- Nous réalisons une analyse descriptive du recours au CIR, en nous intéressant aux caractéristiques de chaque « cohorte » de recours, c'est-à-dire en regroupant les entreprises selon leur première année de recours au dispositif.
- Certaines cohortes, et notamment la cohorte 2004, ayant eu recours pour la première fois au CIR l'année de son passage en volume, continuent à représenter en 2016 une part très importante de la créance totale.
- L'âge, la taille et la productivité des entreprises ayant recours au dispositif pour la première fois ont baissé au cours du temps.
- La concentration du dispositif, c'est-à-dire la part de la créance totale allant aux plus gros demandeurs, est importante mais est restée plutôt stable sur la période 2004-2016.

Etude d'événements autour de l'année de premier recours au CIR

- Nous approfondissons l'étude par cohortes en réalisant une étude d'événements, où nous estimons les dynamiques des entreprises autour de leur premier recours au CIR. Le recours au CIR étant une décision des entreprises, ces résultats n'ont pas de valeur causale, mais permettent de décrire précisément la dynamique des entreprises qui ont recours au CIR.

- Nous nous intéressons dans un premier temps aux cohortes 2008-2016, c'est-à-dire les entreprises ayant eu recours pour la première fois au CIR après la réforme du CIR de 2008.
- Les estimations confirment que ces entreprises bénéficient d'un montant de crédit d'impôt à la fois important et pérenne, qui leur accorde une baisse de leur taux implicite d'imposition (impôt sur les sociétés rapporté à l'excédent brut d'exploitation) de l'ordre de 20 points de pourcentage.
- Nous montrons également que le recours s'accompagne d'une hausse de l'emploi d'ingénieurs, à la fois en niveau et en part de l'emploi dans l'entreprise, ainsi que d'une hausse de la probabilité de déposer un brevet.
- Le recours au CIR s'accompagne également de transformations dans l'affectation de la valeur ajoutée (VA) : la part de la main d'œuvre dans la VA augmente, tandis que la productivité diminue de manière transitoire.
- Enfin, le chiffre d'affaires augmente très fortement pour les entreprises bénéficiaires l'année du recours.
- Nous reproduisons le même exercice sur les cohortes 2004 à 2007, soit des entreprises de taille plus importante dans un contexte où le CIR était moins généreux. Nous obtenons des résultats qualitativement très similaires à ceux obtenus sur les cohortes ultérieures.

Analyse d'impact du CIR sur la performance économique des entreprises

- Afin d'estimer l'impact causal du CIR sur la performance économique des entreprises, nous réutilisons le cadre de l'étude d'événements sur les cohortes 2004-2007 pour estimer l'effet de la réforme de 2008 sur ces entre-

prises. Cette stratégie d'identification exploite la variation exogène de la générosité du CIR.

- Les estimations confirment d'abord que la réforme a bien engendré une forte hausse de la créance du CIR perçue par les entreprises, se traduisant en une forte baisse de leur taux d'imposition.
- Elles mettent en évidence des effets positifs, mais modérés, sur les variables d'activité de R&D des entreprises : le nombre d'ingénieurs augmente, mais leur part dans la main d'œuvre n'augmente pas, de même que la probabilité de déposer un brevet.
- Sur les mesures de performance économiques, nos résultats indiquent un impact positif de la réforme sur l'investissement incorporel des entreprises, sur leur intensité en facteur travail, et sur leur chiffre d'affaires. Ces effets sont toutefois nettement moins prononcés que ceux observés naïvement autour de l'obtention du CIR.
- Lorsque nous décomposons ces résultats par taille d'entreprise, nous mettons en évidence que l'essentiel des réponses observées provient des petites entreprises (Micro et PME). Aucun effet positif n'est détecté pour les plus grandes entreprises. L'accès à un CIR plus généreux après 2008 semble donc surtout avoir desserré les contraintes financières des bénéficiaires dans une période de crise économique, leur permettant ainsi de développer leur activité sans nécessairement privilégier une stratégie d'innovation.

Impact des contrôles a posteriori du CIR

- Nous analysons l'impact des contrôles fiscaux au titre du CIR. Nous effectuons cette analyse sur la base d'une double différence avec appariement qui permet de comparer des entreprises traitées (bénéficiaires du CIR et faisant

l'objet d'un contrôle a posteriori du CIR) à un groupe témoin qui est constitué de bénéficiaires du CIR n'ayant pas été contrôlés.

- Nous montrons que les contrôles sont associés à un déclin du recours au CIR à la marge extensive. Cet effet négatif est restreint aux contrôles associés à un avis défavorable de la part des experts dépêchés par le MESRI. On constate également un déclin de moindre ampleur dans la marge intensive du recours.
- En dépit d'une forte association entre avis défavorable et baisse du recours au CIR, on ne constate pas d'effet de ces avis défavorables sur des variables de performance des entreprises ou encore d'effort R&D. Cela suggère que la politique de contrôle du CIR ne semble pas avoir de conséquences inattendues négatives sur les activités innovantes des bénéficiaires du CIR.

SOMMAIRE

Synthèse des résultats	11
Introduction	15
1 Description des données	21
1.1 Les limites des données existantes	21
1.2 L'utilisation des DADS pour mesurer l'emploi R&D	23
1.2.1 Mesure de l'emploi R&D	23
1.2.2 Comparaison des mesures d'emploi R&D entre l'enquête R&D et les DADS	24
1.3 Les autres données mobilisées	27
2 Analyse descriptive	29
2.1 Analyse par cohortes	29
2.2 Analyse descriptive de la concentration du dispositif	39
3 Analyse économétrique par étude d'événements	43
3.1 Méthodologie	43
3.2 Analyse sur les cohortes 2008–2016	49
3.2.1 Première étape : l'effet du CIR sur la charge fiscale	49
3.2.2 Association entre recours au CIR et mesures d'efforts de R&D	51
3.2.3 Association entre recours au CIR et variables de performance économique	56
3.3 Analyse par étude d'événements sur les cohortes 2004-2007	63
3.3.1 Première étape : l'effet du CIR sur la charge fiscale	66
3.3.2 Association entre recours au CIR et mesures d'efforts de R&D	68
3.3.3 Association entre recours au CIR et variables de performance économique	71

4	Impact de la réforme de 2008	77
4.1	Méthodologie	78
4.2	Résultats d'estimation sur l'échantillon des secteurs intensifs en CIR	80
4.3	Décomposition des effets par taille d'entreprise	85
5	Contrôle a posteriori du CIR et dynamique du recours au dispositif	91
5.1	Description du contexte institutionnel	92
5.2	Données	94
5.3	Approche empirique	96
5.3.1	Appariement	96
5.3.2	Spécification principale : Double différence statique	97
5.3.3	Spécification supplémentaire : Double différence dynamique	98
5.4	Statistiques descriptives	98
5.5	Résultats	103
5.5.1	Résultats graphiques sur la base des doubles-différences dy- namiques.	104
5.5.2	Résultats de la spécification statique.	109
5.5.3	Résultats sur un échantillon plus large.	110
5.6	Discussion	111
	Conclusion	115
A	Annexes au chapitre 1	119
B	Annexes au chapitre 3	121
C	Annexes au chapitre 4	133
D	Annexes au chapitre 5	135
	Références	137
	Liste des tableaux	139
	Liste des figures	141

INTRODUCTION

Contexte de l'étude

Le crédit d'impôt recherche (CIR) est en France la principale politique publique pour soutenir l'innovation dans les entreprises. Avec plus de 6 milliards d'euros de dépense fiscale, ce crédit d'impôt représente plus de 60 % de l'effort public consacré au soutien à l'innovation. La Commission nationale d'évaluation des politiques d'innovation (CNEPI), pilotée par France Stratégie, a publié en mars 2019 un avis sur l'impact du CIR au vu de plusieurs études commanditées par France Stratégie à des laboratoires de recherche. Le constat dressé par la CNEPI est que les études concordent pour souligner que la mise en place du CIR entraîne une hausse de la dépense de R&D, mais que la question de l'efficacité du dispositif devrait être appréciée aussi au vu de l'impact du CIR sur la performance économique des entreprises.

La CNEPI a donc lancé en mai 2019 un appel à projet de recherche spécifiant des attentes d'évaluation sur l'impact du CIR sur les entreprises non présentes dans le dispositif avant la réforme de 2008 (marge extensive), sur les impacts économiques du CIR (sur le chiffre d'affaire, la valeur ajoutée, les exportations, l'emploi, etc.) et sur l'attractivité de la France pour les activités de R&D. L'Institut des politiques publiques (IPP) a soumis une proposition de recherche centrée sur les deux premières questions (marge extensive et mesures de performance économique) qui a été retenue par le comité de sélection. Ce rapport correspond aux

résultats de ces travaux.

Objectifs de l'étude

Ce projet vise à éclairer deux aspects des effets du CIR. Il vise en premier lieu à estimer l'effet du CIR sur des mesures de R&D, et à identifier les conséquences du CIR sur la performance des entreprises.

La première partie du projet de recherche se situera donc dans la continuité des travaux déjà menés au sein de l'IPP sur le crédit impôt recherche (Bozio et al., 2019), mais en étendant l'analyse à un échantillon plus large et à des dimensions supplémentaires. La performance des entreprises et les activités de R&D seront en effet mesurées par le biais de données administratives, ce qui permettra d'inclure un plus grand échantillon d'entreprises que dans le cas des études dont le périmètre était essentiellement circonscrit à celui des données de l'enquête R&D. L'analyse des effets du CIR sur des indicateurs de qualité des brevets, de productivité et de performance à l'export, permettront de mesurer de manière plus complète et plus précise les impacts économiques du CIR. Cette analyse permet d'une part de vérifier que les efforts supplémentaires en R&D se matérialisent en succès économiques, et d'autre part d'étudier le canal proprement financier de l'impact du CIR, qui est certes conçu comme une incitation à réaliser de la R&D mais qui constitue aussi une manne financière très substantielle pour les bénéficiaires, en particulier en période de crise.

La deuxième partie de l'étude contribuera à la compréhension des effets du CIR en considérant la « marge extensive » des activités de R&D, c'est-à-dire la décision pour une entreprise de commencer à faire de la R&D. Les premiers travaux relatifs au CIR se sont principalement intéressés aux réponses à la marge intensive (voir par exemple Bozio et al., 2019; Mulkay et Mairesse, 2018) : dans quelle mesure des firmes recourant déjà au CIR ont-elles accru leur effort de R&D avec

la réforme? Ils ont également brièvement étudié des effets sur une dimension de marge extensive, à savoir le recours : parmi les firmes ayant déjà une activité de R&D avant la réforme, quel est l'effet de cette réforme sur la probabilité qu'elles recourent au CIR (Bozio, Cottet et Py, 2019). L'analyse des réponses sur le lancement de projets de R&D à la marge extensive est néanmoins cruciale : en effet, il est tout à fait envisageable qu'un dispositif ait des effets limités à la marge intensive (par exemple à cause d'effets d'aubaine faisant que les entreprises demandent la subvention pour des projets qu'elles auraient réalisés de toute façon) mais génère des effets agrégés importants via les réponses à la marge extensive. Ainsi, les effets pourraient être concentrés sur les entreprises qui n'ont jamais eu d'activités de recherche-développement, mais dont la baisse soudaine du coût d'usage du capital de R&D rend profitable le lancement d'un tel projet. Même en présence d'effets à la marge intensive (ce que les études précédentes ont montré dans le cas du CIR), l'effet total de la réforme du CIR ne peut être appréhendé sans une évaluation de cette marge de réponse des entreprises.

Plan du rapport

Chapitre 1 : Description des données

Le premier chapitre est consacré à la description des données mobilisées pour cette étude, et en particulier l'exploitation des données DADS pour mesurer la masse salariale sur des occupations d'ingénieurs et la confronter à la mesure des dépenses de personnel dans l'enquête R&D.

Chapitre 2 : Analyse descriptive

Dans ce second chapitre nous décrivons l'évolution de la dépense fiscale impliquée par le recours au CIR au fil des cohortes d'entreprises qui ont pu entrer dans le dispositif du CIR. Nous étudions en parallèle l'évolution de l'effort de dépense

en R&D tel que capturé par le recrutement d'ingénieurs de recherche. Nous présentons une description des entreprises ayant recours au dispositif selon la date d'entrée dans celui-ci.

Chapitre 3 : Analyse économétrique par étude d'événement

Nous étudions dans le chapitre 3 l'évolution de l'investissement en R&D et des mesures de performance économique des entreprises par une étude d'événement autour du recours au CIR. Nous comparons ainsi l'évolution précédant et suivant le recours au CIR. Cette analyse est descriptive du fait que le recours au CIR est un choix de l'entreprise et ne peut donc pas être interprété comme une variation exogène. Mais elle est néanmoins informative de la réalité du parcours des entreprises recourant au CIR.

Chapitre 4 : Analyse d'impact de la réforme de 2008

Nous proposons dans ce chapitre une analyse d'impact exploitant la différence entre l'évolution avant/après recours au CIR avant la réforme de 2008 et après celle-ci. Dans la mesure où la réforme de 2008 est exogène, et sous l'hypothèse que son effet n'est pas affecté par la crise financière de 2008, alors il est possible de conclure à l'impact causal de l'augmentation du CIR après la réforme de 2008 sur l'investissement en R&D et sur les variables de performance économique des entreprises après la réforme.

Chapitre 5 : Contrôle a posteriori du CIR et dynamique du recours au dispositif

Dans ce chapitre, nous utilisons les contrôles fiscaux a posteriori au titre du CIR, ce qui est externe au processus de décision propre à l'entreprise, comme source de variation dans la décision de recourir au CIR (marge extensive). Ces contrôles, initiés par l'administration fiscale dans le cadre de la vérification de la comptabilité des entreprises, donnent lieu à évaluations par des experts via le MESRI. Le contrôle

du CIR pouvant constituer une formalité administrative relativement lourde pour l'entreprise et résulter en un avis défavorable, il est plausible que faire l'objet d'un contrôle puisse décourager les entreprises de demander le CIR au cours des exercices suivant l'année de contrôle du CIR. Sur la base des données disponibles, nous sommes en mesure d'analyser les dynamiques de recours au CIR avant et après un contrôle parmi les entreprises contrôlées par rapport à un groupe "témoin" d'entreprises bénéficiaires du CIR n'ayant pas fait l'objet de contrôle.

CHAPITRE 1

DESCRIPTION DES DONNÉES

Ce chapitre décrit les données utilisées dans cette étude. Ces données étant des données individuelles de salariés et d'entreprises, elles ont fait l'objet d'une demande d'accès auprès du comité du secret, et les travaux ont été conduits dans le cadre d'un accès sécurisé distant du CASD.

Par rapport aux travaux précédents de l'IPP (Bozio et al., 2019), nous ne recourons pas à l'enquête R&D conduite par le ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation (MESRI). Nous détaillons ici les limites de cette enquête pour évaluer l'impact du CIR sur la probabilité des entreprises d'entamer des investissements en R&D (partie 1), et notre choix d'utiliser une mesure administrative de l'emploi en R&D grâce aux données exhaustives des DADS (partie 2). Nous présentons enfin dans une dernière partie les données mobilisées pour mesurer la performance économique des entreprises.

1.1 Les limites des données existantes

La plupart des travaux d'évaluation du CIR mobilisent l'enquête R&D (ERD) du MESRI. Cette enquête, réalisée annuellement, dispose de nombreuses informations sur la structure de la dépense de recherche-développement des entreprises

interrogées, permettant ainsi de relier le montant de la créance du CIR à son assiette. L'avantage de l'enquête est de mesurer l'investissement R&D de façon déclarative, et ainsi d'obtenir une source indépendante du recours au CIR. Les travaux précédents ont ainsi mis en évidence le fait que parmi les entreprises investissant régulièrement en R&D, le taux de recours du dispositif du CIR était faible lorsque celui-ci fonctionnait de façon incrémentale (avant 2004), et avait augmenté significativement lors des réformes de 2004 et 2008 avec la transformation de la formule du crédit d'impôt vers un taux calculé en fonction du volume de dépense R&D (voir notamment Bozio et al., 2019).

La principale limite de cette enquête est néanmoins son plan d'échantillonnage qui vise les entreprises déjà investies dans des projets de R&D. L'objectif de l'enquête étant de cibler les entreprises réalisant de la R&D, l'échantillon est alimenté par les bases administratives du CIR, du dispositif des jeunes entreprises innovantes (JEI) ou les entreprises disposant de l'aide d'incubateurs (MESRI, 2015). Par construction, elle ne permet pas de suivre les entreprises qui ne réalisent pas d'investissement en R&D et qui décideraient de commencer une stratégie d'investissement et d'innovation. Cette source est donc peu adaptée pour analyser des réponses à la marge extensive du recours au CIR.

La seconde raison qui rend l'enquête R&D peu pertinente pour cette étude est le fait qu'elle mesure essentiellement l'effort d'investissement en R&D mais elle n'offre que des informations limitées sur les performances économiques des entreprises, qui sont l'objet principal de notre étude.

Pour ces deux raisons, nous avons mobilisé les données administratives disponibles, les données fiscales permettant de mesurer une série très complète de mesures de performance. La difficulté principale tient alors à la mesure de l'effort d'investissement en R&D qui ne peut dépendre des données administratives du CIR. Nous proposons ici l'exploitation des données DADS afin de mesurer l'emploi R&D.

1.2 L'utilisation des DADS pour mesurer l'emploi R&D

Pour considérer l'effort de R&D dans un ensemble plus large d'entreprises que ne le permet l'ERD, cette étude repose en partie sur la structure de l'emploi telle que mesurée dans les déclarations annuelles de données sociales (DADS Postes). Cette base présente l'avantage considérable de couvrir presque l'ensemble du secteur privé sur une longue période, et ainsi de couvrir à la fois les entreprises susceptibles d'entrer dans le dispositif CIR, et les entreprises qui en bénéficient avant leur entrée si elles n'étaient pas présentes dans l'ERD.

1.2.1 Mesure de l'emploi R&D

Les données DADS contiennent pour chaque période d'emploi effectuée par un salarié, l'identité de l'employeur, le salaire versé, les heures travaillées, ainsi que le poste occupé. Ces postes permettent de construire la composition de l'emploi des entreprises, notamment en analysant les emplois d'ingénieurs et de techniciens.

Les emplois d'ingénieurs. Notre mesure principale de l'emploi R&D est définie par le nombre d'ingénieurs, identifiés par les postes avec une profession et catégorie socioprofessionnelle (PCS) commençant par 38 : « Ingénieurs et cadres techniques d'entreprise ». L'avantage de cette définition est de ne pas présenter de rupture de série et d'être ainsi disponible sur toute la période d'étude, avant et après la réforme de 2008.

Personnes assignées à des tâches de R&D. A partir de 2009, il est possible d'exploiter la variable PCS détaillée, à quatre chiffres, et ainsi d'isoler les personnes assignées précisément à des occupations de R&D¹. Cette définition plus précise

1. Avant 2009, il n'est pas obligatoire de renseigner cette PCS détaillée pour les entreprises de moins de 20 salariés. On constate néanmoins une rupture de série en 2009 même pour les entreprises de plus de 20 salariés, ne permettant pas de considérer comme fiable la série longue de cette variable détaillée.

correspond à la liste des PCS détaillées au tableau 1.1. Elle comprend à la fois des ingénieurs et cadres d'études affectés à de la R&D et des techniciens de R&D.

TABLEAU 1.1 – PCS des personnes assignées à des tâches de R&D.

PCS	Intitulé
383A	Ingénieurs et cadres d'étude, recherche et développement en électricité, électronique
384A	Ingénieurs et cadres d'étude, recherche et développement en mécanique et travail des métaux
385A	Ingénieurs et cadres d'étude, recherche et développement des industries de transformation (agroalimentaire, chimie, métallurgie, matériaux lourds)
386A	Ingénieurs et cadres d'étude, recherche et développement des autres industries (imprimerie, matériaux souples, ameublement et bois, énergie, eau)
388A	Ingénieurs et cadres d'étude, recherche et développement en informatique
473B	Techniciens de recherche-développement et des méthodes de fabrication en électricité, électromécanique et électronique
474B	Techniciens de recherche-développement et des méthodes de fabrication en construction mécanique et travail des métaux
475A	Techniciens de recherche-développement et des méthodes de production des industries de transformation
478A	Techniciens d'étude et de développement en informatique

SOURCE : Insee, nomenclature des professions et catégories socioprofessionnelles (PCS-2003).

1.2.2 Comparaison des mesures d'emploi R&D entre l'enquête R&D et les DADS

Afin d'analyser la validité de l'utilisation des DADS, nous effectuons une comparaison des mesures de l'emploi R&D tel que mesuré selon l'enquête R&D ou selon les DADS, pour le sous-échantillon d'entreprises présentes dans les deux bases. On vérifie que pour les entreprises présentes à la fois dans DADS et ERD on observe une corrélation positive entre les mesures de RD déclarées dans ERD et les mesures d'emploi orienté vers la R&D dans les DADS.

Comparaison des effectifs. Nous comparons dans un premier temps les effectifs contribuant à la RD tels que déclarés par les entreprises dans l'ERD aux effectifs susceptibles d'y contribuer compte tenu de leur poste déclaré dans les DADS Postes, sur la période 2009 – 2016. Nous construisons dans les DADS deux catégories particulières de postes : le nombre d'ingénieurs en équivalent temps-plein, mesuré par le nombre d'heures travaillées (DADS Ingénieurs), et le nombre de

personnes assignées à des tâches de R&D (DADS R&D). Ces deux catégories sont comparées aux effectifs de personnels R&D déclarés dans l'ERD.

Nous comparons alternativement les variables d'intérêt entre les deux bases pour l'ensemble des entreprises (unités légales) présentes dans chacune des deux sources de manière continue sur la période 2009–2016, ainsi que pour ces mêmes variables dans l'échantillon des entreprises en déclarant une valeur positive dans les deux sources.

TABLEAU 1.2 – Comparaison des parts des effectifs R&D dans l'ERD et les DADS

Variable	Echantillon	<i>N</i>	ρ	Écart : moy.	p50	p10	p90
DADS R&D	Entier	51,809	0.192	-0.112	-0.034	-0.550	0.157
DADS Ingénieur	Entier	51,809	0.238	0.004	0.030	-0.429	0.390
DADS R&D	Variable positive	37,140	0.383	-0.024	0.000	-0.343	0.237
DADS Ingénieur	Variable positive	44,780	0.370	0.062	0.050	-0.267	0.432

NOTES : ρ = coefficient de corrélation. Écart := $\frac{\text{Effectifs (ingé. ou RD) DADS}}{\text{Effectif total DADS}} - \frac{\text{Effectifs RD ERD}}{\text{Effectif total ERD}}$. L'échantillon "variable positive" concerne les entreprises rapportant un effectif positif dans les DADS (ingénieurs ou RD) selon les lignes.

Le tableau 1.2 montre ainsi la comparaison du ratio des effectifs de RD dans l'effectif total déclarés dans les deux sources. La colonne ρ exprime le coefficient de corrélation linéaire des valeurs prises par le ratio dans les deux sources : cette corrélation se situe autour de 20 % pour les mesures de nombre d'ingénieurs et de nombre de personnels de RD dans l'échantillon entier, et augmente à environ 0.37 dans le sous-échantillon des entreprises indiquant un emploi non-nul dans ces catégories. Les colonnes de droite expriment respectivement les écarts moyen, médian, ainsi que le premier et le dernier décile de l'écart entre le ratio dans les DADS et le ratio dans l'ERD. Ils montrent des écarts faibles en moyenne et à la médiane entre les deux sources, mais néanmoins importants aux déciles extrêmes, ce qui explique la corrélation relativement faible entre les sources.

Comparaison de la masse salariale. Afin d'obtenir une mesure différente et plus proche des dépenses de R&D, c'est-à-dire la variable que nous tentons d'approxi-

mer, le tableau 1.3 présente la corrélation et les statistiques sur l'écart entre les sources des dépenses de main d'œuvre réalisant de la R&D (alternativement approximée par la main d'œuvre R&D et par la main d'œuvre d'ingénieurs dans les DADS) rapportée au chiffre d'affaires de l'entreprise. Cette normalisation par le chiffre d'affaires vise à limiter le poids de différences de déclaration par des très grandes entreprises qui s'avéreraient avoir un poids considérable sur la corrélation mesurée en niveau. On obtient dans ce cadre des corrélations entre les bases beaucoup plus élevées que pour les ratios d'effectifs, en particulier pour l'emploi d'ingénieurs, dont la corrélation en niveau est de 72,4 % dans l'échantillon entier, et monte à 84,5 % dans le sous-échantillon des entreprises dont la variable prend une valeur positive. L'écart entre les DADS et l'ERD est proche de 0 à la médiane mais négatif en moyenne, ce qui signifie qu'à la fois la mesure ingénieur et la mesure d'employé R&D dans les DADS tendent à sous-estimer la dépense de personnel R&D effective. Ceci peut s'expliquer par le fait que la définition d'employés contribuant à la RD (par exemple dans l'acception retenue par le CIR) est plus large que celle définissant directement les postes des employés comme orientés vers la R&D, et que le fait que tous les ingénieurs de l'entreprise ne soient pas orientés vers la R&D ne suffit pas à combler cette différence.

Au total, le fait d'employer des ingénieurs, et en particulier la masse salariale des ingénieurs rapportée au chiffre d'affaires de l'entreprise, semble être une mesure satisfaisante dans le but de repérer les entreprises réalisant des activités de RD, même si elle ne prédit pas exactement le montant de dépense de RD consentie par ces entreprises.

TABEAU 1.3 – Comparaison des rémunérations du personnel RD dans l'ERD et masse salariale dans les DADS sur chiffre d'affaires HT

Variable	Echantillon	N	ρ	Écart : moy.	p50	p10	p90
DADS RD	Entier	52,525	0.499	-0.278	-0.014	-0.397	0.030
DADS Ingénieur	Entier	52,525	0.724	-0.178	0.002	-0.300	0.125
DADS RD	Variable positive	37,358	0.733	-0.168	-0.005	-0.238	0.058
DADS Ingénieur	Variable positive	45,106	0.845	-0.112	0.007	-0.202	0.147

NOTES : ρ = coefficient de corrélation. Écart := $\frac{\text{Masse salariale DADS}}{\text{CAHT}} - \frac{\text{Rémunérations RD ERD}}{\text{CAHT}}$. L'échantillon "variable positive" concerne les entreprises rapportant un montant positif de masse salariale dans les DADS (ingénieurs ou RD) selon les lignes.

1.3 Les autres données mobilisées

GECIR et MVC CIR. Les données GECIR et MVC CIR consistent respectivement dans les déclarations effectuées via le formulaire 2069-A-SD afin de recevoir le CIR et dans les données de mouvements de créances au titre du CIR. La source GECIR contient donc un ensemble d'informations sur les dépenses réalisées par les entreprises et éligibles au crédit d'impôt, tandis que la source MVC CIR contient simplement les montants versés. Nous disposons de la source GECIR sur la période 2008-2016, et de la source MVC CIR sur la période 2000-2019.

Données de groupes économiques (LIFI, PERIM). L'une des avancées de ce rapport par rapport à Bozio et al. (2019) est de construire le recours au CIR et en analyser les transformations induites au niveau des groupes économiques plutôt qu'au niveau des unités légales, niveau auquel il est observé dans les données (via la tête du groupe fiscal bénéficiaire).

À cette fin, nous exploitons deux sources de données contenant des informations de niveau groupe. En premier lieu, nous utilisons la source LIFI (DGFIP), qui dispose des liens entre unités légales françaises et leur tête de groupe². Cette source étant une enquête jusqu'en 2012, nous la complétons avec la source PERIM

2. C'est-à-dire l'unité légale la plus en amont en termes de liens de propriété.

(DGFIP) permettant de consolider les unités légales au niveau de leur groupe fiscal pour l'ensemble de la période. Ainsi, les unités légales n'appartenant à aucun groupe économique pour une année donnée sont associées, le cas échéant, à leur tête de groupe fiscal.

Données des liasses fiscales de l'impôt sur les sociétés (BIC-IS). Afin de construire avec une grande précision les variables économiques d'intérêt observées au niveau de chaque entreprise, nous utilisons les données issues des liasses fiscales BIC-IS (DGFIP), dont nous utilisons l'ensemble des déclarations au régime normal de l'impôt sur les sociétés (IS).

Données sur les demandes de brevets (Atlas des brevets). Afin de mesurer les demandes de brevets réalisées par les entreprises bénéficiant du Crédit Impôt Recherche, nous utilisons la base sous-jacente à l'Atlas des Brevets, réalisé par le ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et l'INPI. Cette base identifie les dépôts réalisés à l'INPI (office français des brevets). Contrairement à la base Patstat, dont la couverture est supérieure, il présente l'avantage d'inclure le Siren des assignés des brevets, lorsqu'il existe. Ceci permet donc d'apparier rapidement ces données avec l'ensemble des autres sources de niveau entreprise que nous utilisons.

CHAPITRE 2

ANALYSE DESCRIPTIVE

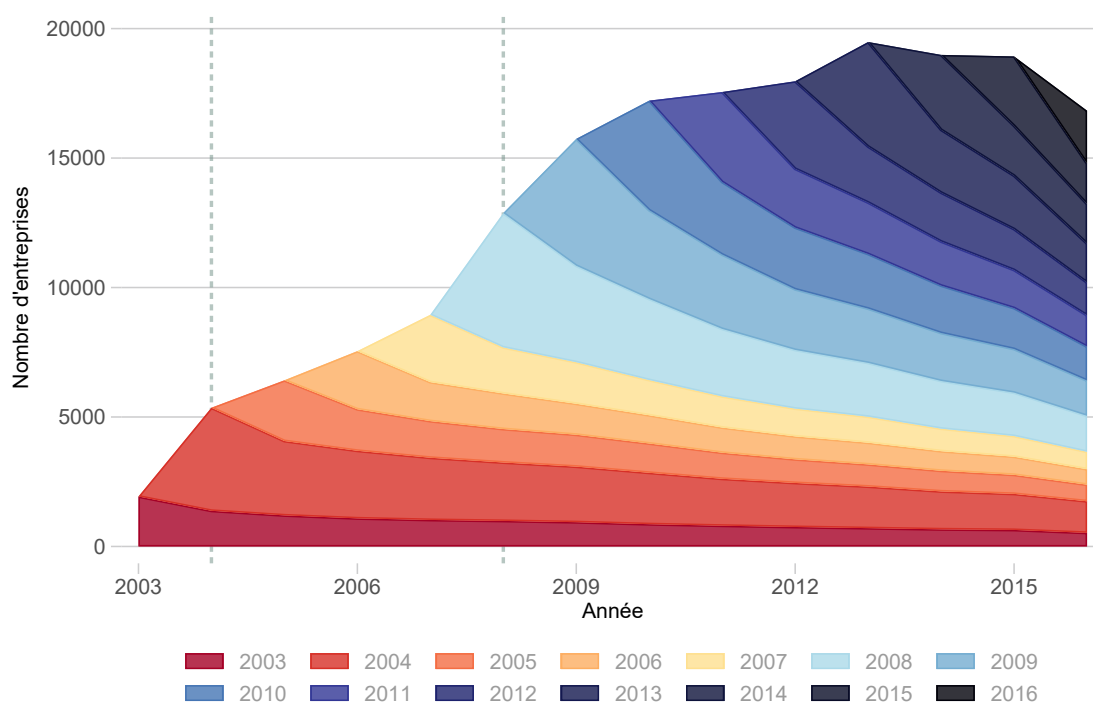
Ce chapitre mobilise les données administratives décrites précédemment pour décrire la dynamique des entreprises ayant recours au CIR. Quelles sont les caractéristiques des entreprises recourantes, avant et après les réformes principales du dispositif? Comment évolue le poids de la charge fiscale avec l'obtention du CIR? comment évolue l'emploi R&D? Quelles dynamiques de croissance et de productivité peuvent caractériser ces entreprises bénéficiaires du CIR?

2.1 Analyse par cohortes

Afin de mieux comprendre les phénomènes de recours au CIR à la marge extensive, c'est-à-dire de passage du non-recours au recours, nous menons dans cette partie une analyse par cohortes. Nous définissons chaque cohorte par l'année de premier recours au CIR des entreprises. Le recours au CIR est défini au niveau d'un groupe économique, c'est-à-dire que les groupes sont placés dans la cohorte correspondant à l'année de premier recours par une des unités légales le composant.

Les figures 2.1 et 2.2 présentent respectivement le nombre d'entreprises (groupes économiques) et le total de la créance associé à chaque cohorte au cours du temps.

FIGURE 2.1 – Nombre d’entreprises ayant recours au CIR par année de premier recours

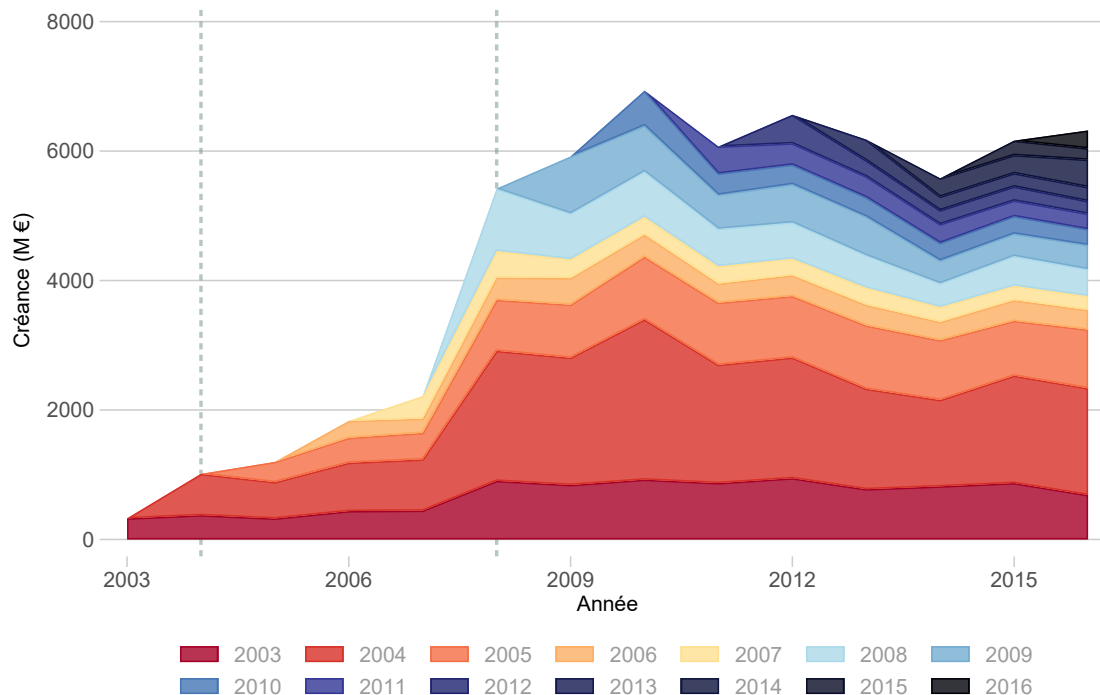


SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM.

INTERPRÉTATION : Nombre d’entreprises (groupes économiques) ayant recours au crédit impôt recherche chaque année. Chaque couleur représente une cohorte, c’est-à-dire une année de premier recours au dispositif : les couleurs du jaune au rouge représentent les cohortes précédant la réforme de 2008, les nuances de bleu les cohortes postérieures à la réforme de 2008. La cohorte 2003 regroupe les entreprises recourant au dispositif pour la première fois entre 2000 et 2003.

On observe ainsi dans la figure 2.1 que la cohorte 2004, c’est-à-dire l’ensemble des groupes économiques dont la première demande au CIR a été effectuée en 2004, est composée d’un grand nombre d’entreprises relativement aux cohortes pré-2003 (regroupées visuellement dans la cohorte 2003) et 2005. Ceci correspond en réalité à une réforme importante du CIR, dont la formule de calcul passe d’une base purement incrémentale (le crédit d’impôt étant alors calculé sur la variation de dépenses de R&D relativement à l’année précédente), à l’introduction d’une partie en volume, c’est-à-dire basée sur le niveau de dépenses R&D. L’autre réforme d’ampleur de la période a lieu en 2008, avec le passage à une base de calcul

FIGURE 2.2 – Montant annuel de la créance de CIR des entreprises selon leur année de premier recours



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM.

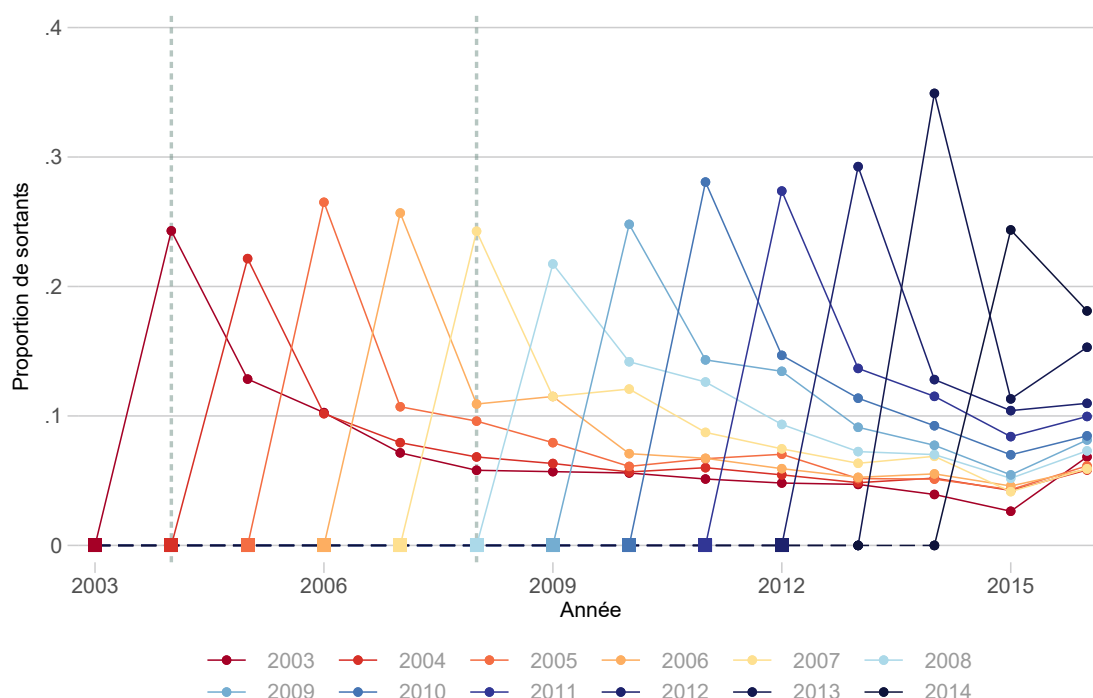
INTERPRÉTATION : Montant annuel de la créance totale de CIR pour les entreprises au régime réel normal de l'IS, par cohorte. Chaque couleur représente une cohorte, c'est-à-dire une année de premier recours au dispositif : les couleurs du jaune au rouge représentent les cohortes précédant la réforme de 2008, les nuances de bleu les cohortes postérieures à la réforme de 2008. La cohorte 2003 regroupe les entreprises recourant au dispositif pour la première fois entre 2000 et 2003.

purement en volume, et semble également accompagnée de cohortes 2008 et 2009 exceptionnelles en nombre d'entrants dans le dispositif.

La figure 2.2 permet d'appréhender le poids de chaque cohorte dans le total de la dépense de CIR. Elle confirme le poids considérable de la cohorte 2004 : celle-ci représente un montant important de la dépense jusqu'en 2008, et voit ce montant augmenter de manière considérable avec l'augmentation du taux du CIR sur le stock de dépense R&D. Les cohortes composées d'entreprises entrées consécutivement à la réforme de 2008 apparaissent par contraste plus modestes en montant, et témoignent donc de l'entrée d'entreprises demandant des montants moyens plus

faibles. Les cohortes correspondant à des premières demandes entre 2010 et 2016 pèsent plus faiblement dans le total et apparaissent très homogènes. Ainsi, en 2016, la créance était allouée pour un peu plus d'un tiers à des groupes économiques entrés dans le dispositif après la réforme de 2008, et pour un peu moins des deux-tiers à des groupes entrés avant cette réforme.

FIGURE 2.3 – Part des entreprises ne demandant pas le CIR l'année n alors qu'elles le demandaient en $n - 1$, par cohorte de recours



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM.

INTERPRÉTATION : Part des entreprises d'une cohorte (année de premier recours) cessant de demander le Crédit impôt recherche chaque année. Chaque couleur représente une cohorte, c'est-à-dire une année de premier recours au dispositif : les couleurs du jaune au rouge représentent les cohortes précédant la réforme de 2008, les nuances de bleu les cohortes postérieures à la réforme de 2008. La cohorte 2003 regroupe les entreprises recourant au dispositif pour la première fois entre 2000 et 2003.

La figure 2.3 s'intéresse à la part des entreprises cessant de demander le CIR chaque année, par cohorte. On observe des dynamiques très similaires d'une cohorte à l'autre, avec une part autour de 25 % des entreprises appartenant à une cohorte cessant de demander le CIR dès l'année suivant leur première demande, puis une convergence rapide vers un rythme autour de 5 % par année de « sor-

tants »¹. La part de sortants semble légèrement plus faible pour les cohortes correspondant à des années de réforme importante du dispositif (2004 et 2008), et en hausse après la réforme de 2008.

Les tableaux 2.1 et 2.2 décrivent la distribution d'âge et de taille (mise en évidence via la masse salariale de l'entreprise) par cohorte, l'année du premier recours au CIR. Ainsi, l'âge moyen des entreprises recourant au CIR pour la première fois en 2004 est de 9,67 ans, à comparer avec un âge moyen dans l'ensemble de la population des entreprises de 10,3 années. Cet âge moyen des demandeurs du CIR se réduit considérablement au cours de la période, chutant autour de 6,5 ans pour les dernières cohortes, tandis que l'âge moyen des entreprises dans la population reste stable. Cette tendance s'observe également dans l'âge médian, puisque la médiane oscille entre 5 et 7 ans en début de période et chute à 3 ans en fin de période. Le tableau 2.1 présente également les caractéristiques de masse salariale des demandeurs du CIR, à travers le centile médian et le 3^e quartile (p75) de masse salariale au sein de la population des entreprises. Ceux-ci se situent par construction à 50 et 75 respectivement pour l'ensemble de la population. En 2004, l'entreprise médiane demandant le CIR pour la première fois se situe au 91^e centile de la distribution des masses salariales, tandis que l'entreprise au 3^e quartile des demandeurs de CIR se situe 99^e centile de la distribution des tailles. Les entreprises demandant le CIR sont donc des entreprises plutôt grandes, mais cette taille décroît au cours de la période : la taille médiane des demandeurs est au 79^e centile en 2016 tandis que le 3^e quartile est au 95^e centile. Ainsi, les entreprises demandant le CIR en 2004 ont un âge proche de l'âge moyen dans la population des firmes mais sont plus grandes, mais ces deux caractéristiques baissent au cours de la période.

De la même manière, le tableau 2.2 décrit la productivité des entreprises de-

1. Les sortants sont définis simplement comme les entreprises demandant le CIR une année et ne le demandant pas l'année suivante : il est donc tout à fait possible d'être compté plusieurs fois comme sortant.

TABLEAU 2.1 – Âge et taille (1 an avant le recours)

Cohorte	Âge moyen		Âge médian		Masse sal. : pctl méd.		— p75		N	
	CIR	Toutes	CIR	Toutes	CIR	Toutes	CIR	Toutes	CIR	Toutes
2004	9.67	10.30	7	8	91	50	99	75	3,470	462,877
2005	8.56	10.42	5	8	86	50	98	75	2,006	473,861
2006	8.26	10.48	5	8	84	50	98	75	1,893	488,572
2007	8.23	10.47	5	7	84	50	97	75	2,145	507,614
2008	9.97	10.46	7	7	86	50	97	75	4,345	525,954
2009	9.23	11.03	6	8	82	50	95	75	4,042	546,274
2010	8.48	11.19	5	8	80	50	95	75	3,337	562,987
2011	7.87	11.18	4	8	79	50	95	75	2,766	572,101
2012	7.65	11.16	4	8	78	50	95	75	2,571	587,901
2013	7.73	11.02	4	8	76	50	93	75	3,043	597,511
2014	7	11.04	4	8	78	50	94	75	2,207	610,657
2015	6.23	11.17	3	8	76	50	93	75	1,985	622,004
2016	6.56	11.40	3	8	79	50	95	75	1,573	618,808

NOTES : Le périmètre des entreprises correspond au régime réel normal. Les variables sont définies au niveau du groupe. L'âge est défini comme l'âge maximal des unités légales composant le groupe. La masse salariale est sommée entre unités légales appartenant au même groupe. Pctile = centile. *Lecture* : les entreprises de la cohorte CIR 2004 avaient en 2003 une taille médiane qui correspond au percentile 91 de la distribution de l'ensemble de la population des entreprises au RN.

mandant le CIR au cours de la période, en comparaison avec le reste de la population des entreprises (dans la partie gauche du tableau), ou avec le reste des entreprises du secteur (dans la partie droite du tableau). En début de période, les entreprises entrant dans le dispositif se situent à la médiane au 67^e centile de la distribution de la productivité, mais cette position diminue jusqu'au 55^e centile, ce qui signifie qu'en 2016, l'entreprise médiane entrant dans le dispositif a une productivité très proche de l'entreprise médiane dans l'économie. Cette tendance est encore plus frappante lorsque l'on ajuste pour le secteur d'appartenance des entreprises : en comparant les demandeurs de CIR à la population des entreprises dans leur secteur, l'entreprise médiane se situe au 58^e centile en 2004 mais seulement au 44^e centile en 2016, ce qui signifie qu'en 2016 les nouveaux entrants sont moins productifs que l'entreprise médiane de leur secteur. Ces tendances se vérifient également lorsque l'on s'intéresse au 3^e quartile de la distribution plutôt qu'à la médiane. Comme cela était suggéré par l'importance de sa créance dans la fi-

gure 2.2, la cohorte 2004 semble composée d'entreprises particulièrement grandes et âgées en comparaison aux autres cohortes.

TABLEAU 2.2 – Productivité (1 an avant le recours)

Cohorte	VA/L : pctl méd.		– pctl p75		VA/L secteur : pctl méd.		– pctl p75	
	CIR	Toutes	CIR	Toutes	CIR	Toutes	CIR	Toutes
2004	67	50	86	75	58	50	81	75
2005	65	50	85	75	55	50	79	75
2006	63	50	84	75	55	50	79	75
2007	60	50	81	75	52	50	76.50	75
2008	60	50	81	75	51	50	76	75
2009	59	50	82	75	49	50	75	75
2010	62	50	83	75	52	50	75	75
2011	61	50	83	75	48	50	76	75
2012	60	50	81	75	48	50	72	75
2013	61	50	82	75	51	50	76	75
2014	58	50	80	75	47	50	71	75
2015	59	50	82	75	46	50	75	75
2016	55	50	81	75	44	50	71	75

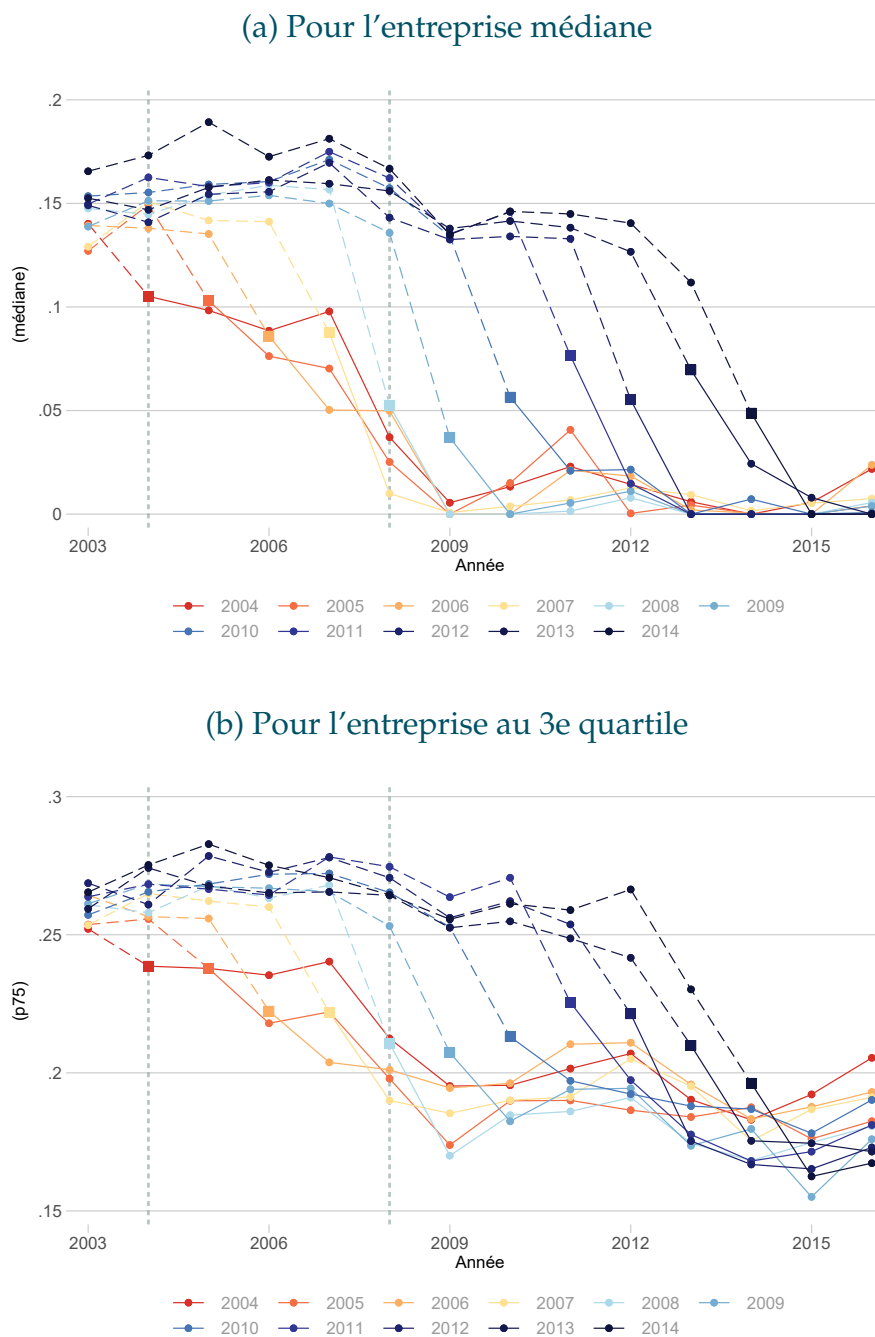
NOTES : Le périmètre des entreprises correspond au régime réel normal. Les variables sont définies au niveau du groupe. VA/L mesure la valeur ajoutée par travailleur. Les percentiles de "VA/L secteur" sont calculés par année au sein de chaque secteur NAF. La différence entre VA/L : pctl et VA/L secteur : pctl est la prise en compte la composition sectorielle dans la comparaison des productivités apparentes du travail des deux groupes.

Lecture : les entreprises de la cohorte CIR 2004 avaient en 2003 une productivité médiane qui correspond au 67ème percentile de la distribution de l'ensemble de la population des entreprises au régime normal de l'IS, et au 58ème percentile des entreprises du même secteur.

La figure 2.4 présente le taux effectif d'imposition, défini comme l'impôt sur les sociétés effectivement payé par les entreprises rapporté à leur EBE, pour l'entreprise médiane (a) et au 3e quartile (b) de chaque cohorte². On observe dans la figure 2.4a que les cohortes ont un taux effectif médian d'imposition assez homogène autour de 15 % de leur EBE avant de recourir au CIR, et bénéficient d'une baisse brutale de ce taux de l'ordre de 8 points de pourcentage en moyenne, soit 50 % de son niveau initial, l'année du recours, et converge ensuite à zéro, c'est-à-dire que l'entreprise médiane ne paye plus d'IS quelques années après son premier recours au CIR. La figure 2.4b montre un phénomène similaire pour le 3e quartile, soit des entreprises imposées plus fortement : le taux effectif moyen d'imposition se situe autour de 27 % de l'EBE avant recours au CIR, et baisse d'environ 5 points de pourcentage l'année du recours et près de 10 points après plusieurs années.

2. La présentation de quantiles plutôt que la moyenne permet d'éviter aux valeurs extrêmes de peser dans les statistiques présentées

FIGURE 2.4 – Taux effectif d'imposition sur les bénéfices (IS / EBE) par cohorte



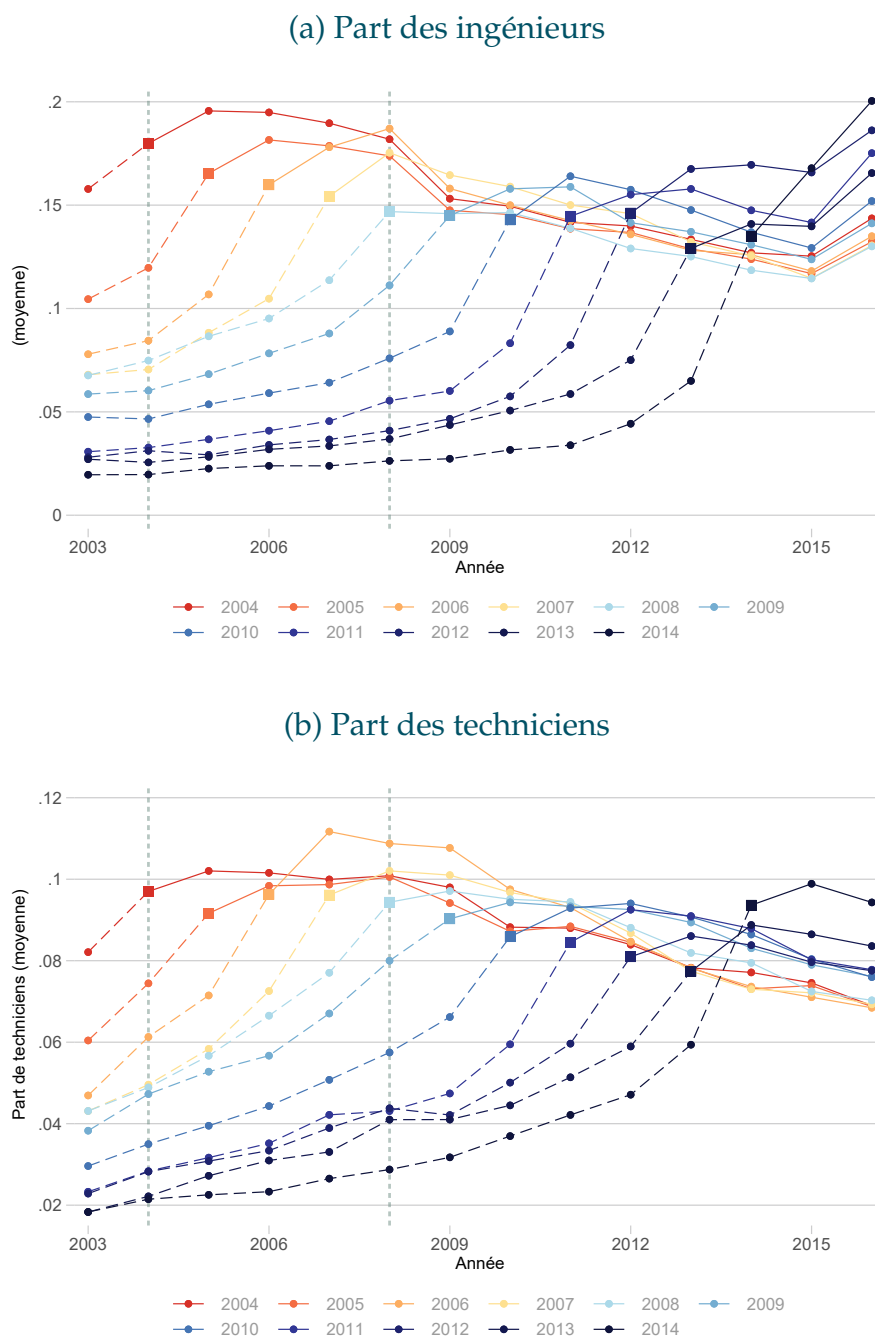
NOTES : Taux effectif d'imposition (IS rapporté à l'EBE) pour les entreprises ayant recours au CIR chaque année pour l'entreprise médiane (a) et l'entreprise au 3e quartile (b) dans chaque cohorte.

La figure 2.4 témoigne également logiquement d'une différence entre les cohortes pré et post réforme de 2008 sur la baisse du taux d'imposition effectif l'année du

recours, qui est près de deux fois plus important pour les cohortes post réforme de 2008 que pour celles ayant recours pour la première fois avant 2008. On observe néanmoins une convergence des taux d'imposition pour l'ensemble de ces cohortes.

La figure 2.5 montre l'évolution par cohorte de recours au CIR de l'évolution de la structure de l'emploi : en particulier, 2.5a montre l'évolution de la part des heures travaillées par des ingénieurs, et 2.5b par des techniciens. Ces deux figures montrent une convergence très forte de l'ensemble des cohortes vers une structure d'emploi commune. On observe notamment une transition très rapide de moins de 10 % de la main d'œuvre composée d'ingénieurs avant le recours au CIR à 15 % après le recours. Cette part semble ensuite subir une baisse tendancielle lente, qui peut être le reflet d'une hausse de la production dans les activités de l'entreprise. La part des techniciens dans le total des heures travaillées évolue selon un schéma très similaire à celle des ingénieurs : celle-ci passe d'une moyenne autour de 5 % du total à près de 10 % dès le recours au CIR, puis subit une légère baisse tendancielle.

FIGURE 2.5 – Évolution de la composition de l’emploi des entreprises par cohorte de recours au CIR

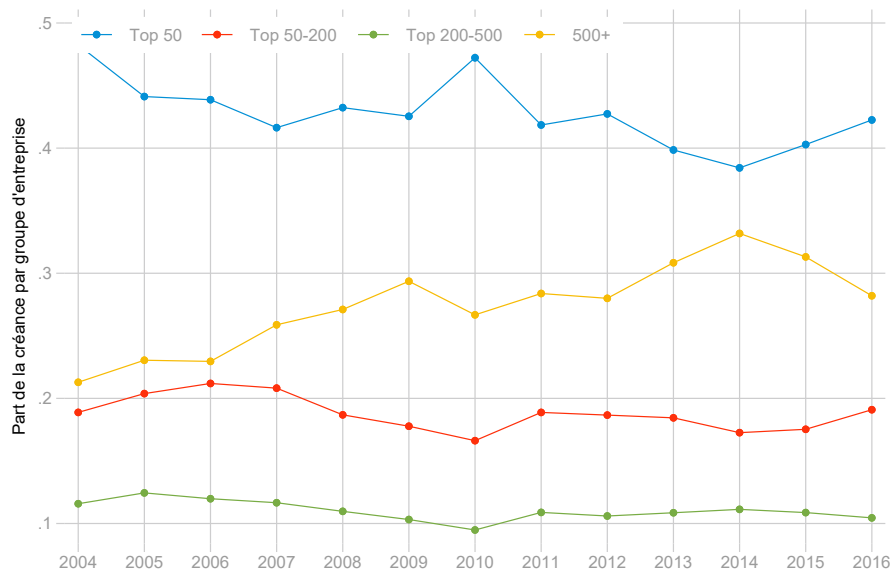


NOTES : Moyenne de la part des heures travaillées par des ingénieurs (a) et par des techniciens (b) dans les heures totales travaillées dans l’entreprise, par cohorte de recours au CIR.

2.2 Analyse descriptive de la concentration du dispositif

Cette section propose une analyse de la concentration du CIR, c'est-à-dire de la façon dont la dépense totale se distribue entre les plus gros demandeurs et les plus petits, et la manière dont celle-ci a évolué au cours du temps.

FIGURE 2.6 – Part de la créance associée aux groupes de demandeurs en fonction de leur rang

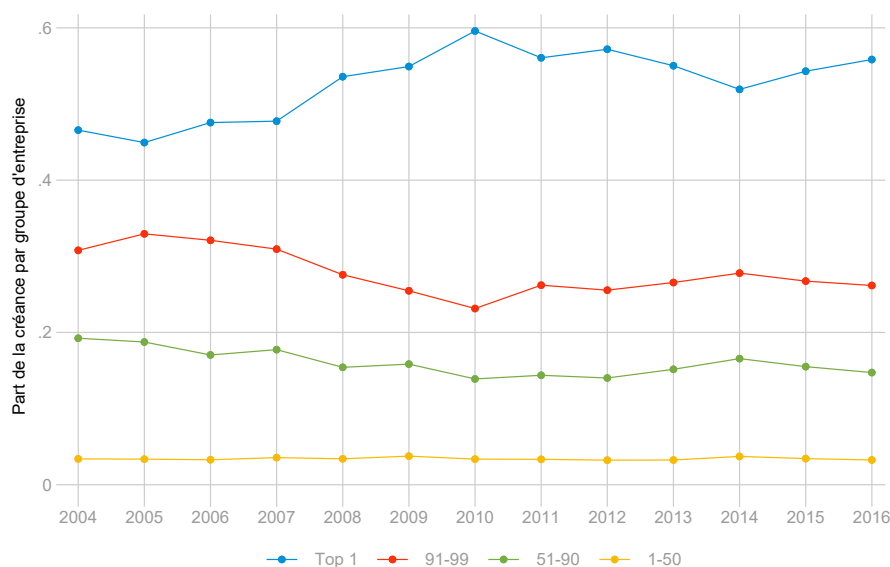


NOTES : Évolution de la part annuelle dans la créance totale de chaque groupe d'entreprises construit selon le rang dans la créance totale (groupe composé des 50 entreprises demandant le plus de CIR, les entreprises classées de 51 à 200, de 201 à 500, et après 500).

La figure 2.6 analyse l'évolution de part de la créance que représentent les 50 plus grandes entreprises demandeuses chaque année, celles dont le rang est compris entre 50 et 200, entre 200 et 500 et enfin celles classées après 500. On observe que la part représentée par les 50 entreprises ayant les créances de CIR les plus importantes est très élevée puisqu'elle représente autour de 45 % du total. Cette part semble néanmoins décroître puisqu'elle passe de près de 50 % en début de période à environ 40 % en fin de période. Cette baisse semble s'effectuer au bénéfice

du groupe qui a connu une forte augmentation du nombre d'entreprises, à savoir les entreprises classées au-delà du rang 500. La figure 2.7 définit les groupes non plus par leur rang absolu mais par leur centile dans la distribution des créances, permettant ainsi de prendre en compte l'augmentation du nombre d'entreprises ayant recours au dispositif au cours de la période. On observe une légère hausse de la part du top 1 % des créances au cours de la période, passant d'environ 48 % à 55 %. Ceci se traduit par une légère baisse des groupes situés entre la médiane et le 99^e centile, tandis que la part des petites créances (sous la médiane) reste stable au cours de la période.

FIGURE 2.7 – Part de la créance associée aux groupes de demandeurs en fonction de leur centile d'appartenance



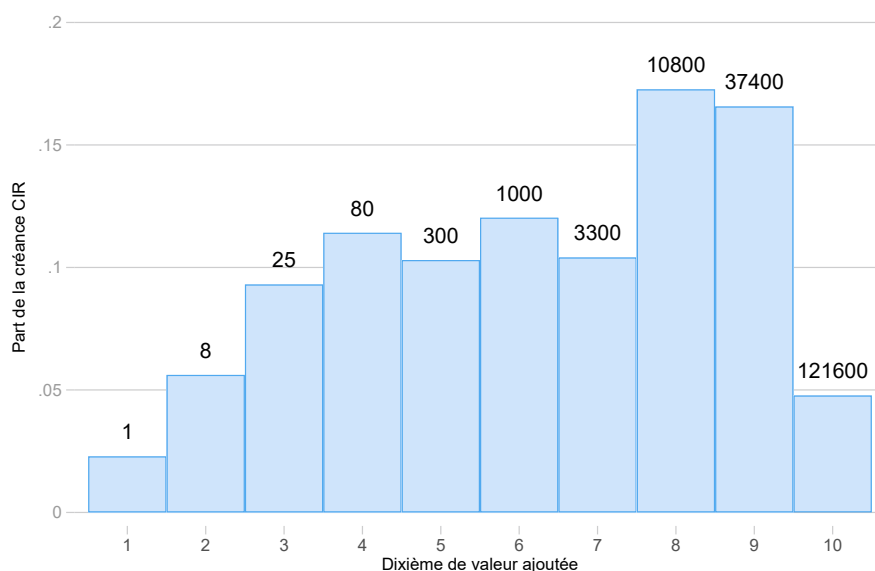
NOTES : Évolution de la part dans la créance totale de chaque groupe de quantiles (50 % les plus bas, 51 à 90 %, 91 à 99 % et top 1 %), où les entreprises sont classées selon leur part dans le total de la créance CIR, et chaque centile représente 1 % des entreprises.

Afin de compléter l'analyse, une représentation complémentaire consiste à réaliser un « découpage » de la population des entreprises de manière à ce que chaque groupe issu de ce découpage représente une part égale de la valeur ajoutée totale. Nous suivons ici la méthodologie suivie par Bach et al. (2020) dans la construction

de la base de données sous-jacente. Cette analyse permet non plus d'apprécier l'évolution de la concentration du dispositif, mais de savoir si le recours au dispositif du CIR est plus concentré que la valeur ajoutée générée dans l'économie française. En effet, les grandes entreprises génèrent une part importante de la valeur ajoutée totale, et le fait qu'elles représentent également une part importante de la créance de CIR n'est pas surprenant. Cette représentation a donc l'avantage de regrouper les entreprises de manière à ce que chaque groupe ait la même contribution au PIB. La figure 2.8 présente ainsi la part de CIR représentée par chaque dixième de valeur ajoutée, où les entreprises sont triées par leurs effectifs salariés. Le premier dixième représente donc le dixième de valeur ajoutée réalisé par les entreprises les plus petites en termes d'effectifs. Les nombres affichés au dessus des barres indiquent un arrondi de la valeur moyenne des effectifs au sein des entreprises incluses dans le groupe.

La figure 2.8 a trois caractéristiques principales. À gauche du graphique, on observe que la part dans la créance totale de CIR croît avec la taille des entreprises au sein des 30 % de la valeur ajoutée réalisés par les plus petits employeurs. Les premiers 10 % de la VA, réalisés par des entreprises dont l'effectif moyen est 1, ne consomment que 2 % de la créance totale, et cette part s'accroît à environ 9 % pour le 3^e dixième de valeur ajoutée, composé d'entreprises d'environ 25 salariés en moyenne. La part de chaque dixième est ensuite stable jusqu'au 7^e dixième, c'est-à-dire jusqu'aux entreprises employant plus de 3000 personnes. On observe enfin un pic au niveau des dixièmes 8 et 9, représentant des entreprises dont les salariés se comptent en dizaines de milliers, et qui consomment chacun plus de 17 % de la créance totale. Enfin, le dernier dixième de valeur ajoutée, composé d'entreprises gigantesques employant en moyenne une centaine de milliers de personnes, consomme une part beaucoup plus faible de la créance. Ceci s'explique probablement par la présence d'entreprises issues du service public ou de la grande distribution qui sont donc de très grands employeurs réalisant peu de R&D.

FIGURE 2.8 – Part de la créance selon la taille des entreprises (effectifs), découpées par dixième de valeur ajoutée



NOTES : Part de la créance totale du CIR en 2018 consommée répartie par dixième de la valeur ajoutée réalisée par les entreprises du secteur privé en France. Les entreprises sont classées par effectif croissant. Les nombres indiqués en noir au sommet des barres représentent une moyenne arrondie de l'effectif des entreprises représentées dans cette barre.

INTERPRÉTATION : À droite du graphique, la 10e barre indique que les entreprises les plus grandes en termes d'effectifs et représentant 10 % de la valeur ajoutée totale, consomment un petit peu moins de 5 % du total de la créance CIR. Elles emploient en moyenne environ 121600 salariés.

CHAPITRE 3

ANALYSE ÉCONOMÉTRIQUE PAR ÉTUDE D'ÉVÉNEMENTS

Afin de valider les intuitions obtenues grâce à l'analyse par cohortes, ce chapitre propose une analyse par étude d'événements. Au sein de l'échantillon des entreprises employant des ingénieurs dès le début de la période, nous analysons l'évolution de plusieurs variables d'intérêt autour de la première année de recours au CIR.

Cette analyse reste descriptive, sans prétention à une interprétation causale. En effet, l'événement étudié dans notre cas – le recours au CIR – a lieu à une date endogène puisque celle-ci correspond au choix des entreprises dans leur dynamique d'investissement en R&D. Néanmoins, elle apporte une description précise de la façon dont évolue la dynamique économique des entreprises avant et après le recours au CIR.

3.1 Méthodologie

Une approche par étude d'événements. L'étude d'événements, ou en anglais *event study*, est une méthodologie usuelle de l'évaluation d'impact. Elle exploite

une multiplicité d'événements dont la temporalité est considérée comme exogène. En estimant les effets temporels avant et après l'événement, cette méthode vise généralement à obtenir une mesure causale du traitement (l'événement) sur des variables d'intérêt. Cette méthode est très proche de la différence-de-différences, la différence entre ces deux méthodes résidant dans le fait que les unités reçoivent dans le premier cas le traitement à des dates différentes.

Dans le cas du recours au CIR, l'événement ne peut pas être considéré comme exogène : le choix de recours au CIR a lieu à différents moments selon les entreprises, en partie pour des raisons arbitraires, mais aussi pour des motifs stratégiques correspondant à la dynamique d'innovation.

L'interprétation des résultats de ces études d'événements ne peut donc pas être l'impact causal du recours au CIR, puisqu'en l'absence du CIR des choix d'investissement en R&D auraient aussi eu lieu selon une dynamique captée autour de l'événement de recours au CIR. Les résultats présentés sont donc descriptifs par nature : ils mesurent la variation d'investissement en R&D, et la performance économique avant et après le recours au CIR.

Spécification. Nous estimons une spécification dynamique qui autorise l'effet du traitement à varier en fonction du temps écoulé depuis le traitement. L'année de traitement d'une entreprise i est notée t_{i0} . On peut alors indexer le temps écoulé par rapport au traitement avec $d = t - t_{i0}$ où t est une année calendaire. L'indice d est négatif avant le traitement et positif après. La fenêtre d'estimation est définie par le biais d'une borne inférieure m_0 égale à -4 et supérieure m_1 égale à 5. Les observations incluses dans l'échantillon d'estimation sont donc telles que : $d \in \{-4, -3, \dots, 4, 5\}$.

L'équation d'estimation de base s'écrit alors :

$$Y_{it} = \sum_{\substack{d=-m_0+1 \\ d \neq -1}}^{d=m_1} \beta_d \times 1\{t = d + t_{0i}\} + \mathbf{x}'_{it} \boldsymbol{\delta} + \alpha_i + \psi_t + \varepsilon_{it}, \quad (3.1)$$

où $\mathbf{1}\{\}$ est la fonction indicatrice; α_i et ψ_t sont des effets fixes année et entreprise; \mathbf{x}'_{it} est vecteur de variables de contrôle qui varient au cours du temps.

On propose ici d'omettre la variable indicatrice pour $d = -1$, et de combiner les variables indicatrices correspondant aux périodes comprises avant -4, ainsi que celles comprises après 5, c'est à dire en les contraignant à être égaux comme proposé par Schmidheiny et Siegloch (2019). Cette restriction est nécessaire dans le cas d'une étude d'événements où l'ensemble des unités sont finalement traitées, pour éviter la multi-colinéarité et pour identifier le processus de génération de données dynamiques sous-jacent si l'ensemble des unités incluses dans l'échantillon d'estimation est traité (Borusyak et Jaravel, 2017; Gross et al., 2019). Dans notre cas, cette restriction permet principalement une comparabilité directe avec les résultats obtenus sur l'échantillon incluant uniquement les traités (*staggered event study*).

Construction de l'échantillon. Dans cette analyse économétrique, nous utilisons comme unité d'analyse le groupe économique, en cohérence avec les chapitres précédents. La consolidation des variables d'intérêt au niveau groupe économique n'est pas directe : en effet, nous observons ces variables au niveau de l'unité légale, et certaines variables ne sont pas sommables. En particulier, le bilan du groupe n'est pas égal à la somme des bilans des unités qu'il contient, puisque les participations de la tête de groupe aux unités filles sont valorisées comme actifs financiers de la première, et impliqueraient donc un double compte. Afin de contourner ce problème, nous créons une variable totalisant les actifs non financiers détenus par le groupe économique. L'ensemble des autres variables que nous étudions (impôts payés, salaires versés, investissements, etc.) peuvent être sommés directement. La détermination du secteur dans lequel le groupe évolue nécessite également une reconstruction, puisque l'activité principale de l'unité légale mère dans la classification NAF indique souvent une activité de siège social ou financière. Nous attribuons comme activité principale du groupe l'activité de son unité légale ayant les

salaires versés les plus élevés et n'étant pas une activité de siège social ou financière¹.

TABLEAU 3.1 – Part de la créance 2016 représentée par cohorte et échantillon

Cohorte	Part créance		
	(1) Échelonné	(2) High-tech	(3) Intensif CIR
2004	1	0,807	0,795
2005	1	0,914	0,979
2006	1	0,597	0,973
2007	1	0,627	0,985
2008	1	0,680	0,933
2009	1	0,692	0,942
2010	1	0,531	0,898
2011	1	0,427	0,964
2012	1	0,608	0,898
2013	1	0,455	0,960
2014	1	0,333	0,972
2015	1	0,485	0,967
2016	1	0,751	0,973

NOTES : La colonne (1) décrit un échantillon où toutes les entreprises présentes dans l'échantillon sont finalement traitées (méthode des études d'événements échelonnées ou *staggered event study*). La colonne (2) correspond à un échantillon des entreprises opérant dans les secteurs considérés comme « high-tech ». La colonne (3) décrit un échantillon d'entreprises appartenant à des secteurs dont au moins 5 % d'entreprises ont recours au CIR sur la période.

La sélection de l'échantillon sur lequel mener nos analyses par étude d'événements répond à plusieurs contraintes. Celle-ci doit permettre d'analyser un groupe d'entreprises les plus comparables entre elles que possible, tout en contenant une large partie de la créance totale au titre du CIR. Le tableau 3.1 décrit la part de la créance totale en 2016 dans notre base de données présente dans chacun des sous-échantillons. La première colonne du tableau décrit un échantillon correspondant à une application classique de la méthode des études d'événements échelonnées (*staggered event study*, telle que décrite dans Borusyak et Jaravel, 2017; Schmidheiny et Siegloch, 2019) où toutes les entreprises présentes dans l'échantillon sont finale-

1. En outre, les groupes économiques notamment étrangers ont une structure plus volatile, et sont donc susceptibles de changer de tête de groupe. Ce problème est naturellement aggravé par les changements dans la source Lifi au cours de la période. Afin d'éviter de considérer ces évolutions comme des changements de groupe, nous définissons une tête de groupe "stable" qui est l'unité légale ayant les effectifs salariés les plus importants.

ment traitées. Cette méthode permet par construction de décrire l'ensemble des entreprises traitées. Cependant, elle n'offre pas de groupe de contrôle explicite et permet donc des interprétations moins naturelles que dans un cadre d'étude d'événements. En outre, elle repose plus fortement sur une hypothèse d'exogénéité de la date du traitement, qui n'est pas respectée ici puisque les entreprises choisissent le moment auquel elles recourent au CIR. La seconde colonne présente la part de la créance 2016 pour chaque cohorte représentée par un échantillon incluant l'ensemble des entreprises opérant dans les secteurs considérés comme « high-tech » par la classification d'Eurostat (Eurostat, 2020), et qui pourraient ainsi représenter un bon échantillon d'estimation². Cette construction de l'échantillon permet de représenter une part élevée mais néanmoins variable des cohortes ayant recours au CIR, cette part culminant à plus de 80 % de la créance les premières années, et tendant à baisser au cours de la période. Cet échantillon contient donc une part importante des entreprises bénéficiaires du CIR, ainsi qu'un grand nombre d'entreprises considérées comme « high-tech » sur la base de leur secteur mais n'ayant jamais recours au CIR. Enfin, la 3e colonne du tableau décrit un échantillon construit de manière analogue au précédent, mais en définissant cette fois la liste de secteurs considérés sur la base du fait qu'ils contiennent au moins 5 % d'entreprises ayant recours au CIR sur la période 2000-2016 (on considère ici l'activité principale du groupe comme secteur d'appartenance). Cette définition permet de couvrir entre 80 et 98 % de la créance en fonction des cohortes. Cette prise en compte d'une grande partie de la créance a l'inconvénient d'éloigner les entreprises traitées et contrôles en termes de caractéristiques observables, comme le montre le tableau 3.2. Malgré ce défaut, le niveau plus élevé et la plus grande stabilité permis par

2. L'unité considérée étant le groupe économique, la caractérisation en tant que groupe « high-tech » est rendue difficile à la fois par l'appartenance fréquente des têtes de groupes à des secteurs de nature financière ou relatifs à des activités de sièges sociaux, et par l'étendue éventuelle des groupes sur de nombreux secteurs. Ainsi, nous définissons comme high-tech toute entreprise dont au moins une des unités légale a pour activité principale une NAF entrant dans la liste des NAF « high-tech ».

L'approche par secteurs intensifs en CIR nous amène à préférer cette option.

Une précaution importante à prendre relativement à ces statistiques descriptives concerne le fait que nous autorisons l'entrée au cours de la période d'étude. Ainsi, de nombreuses entreprises ne contribuent pas aux statistiques exposées dans le tableau 3.2, simplement parce qu'elles n'étaient pas observées lors de l'année 2007. Ceci est particulièrement probable pour des entreprises ayant recours au CIR pour la première fois vers la fin de la période d'étude. Ce choix explique pourquoi le nombre d'observations dans le tableau diffère du nombre d'entreprises présentes dans les groupes traité et contrôle dans les estimations. L'inconvénient associé au fait de ne pas pouvoir présenter de statistiques descriptives pour toutes les firmes à une même date nous semble néanmoins compensé par le fait de ne pas conditionner sur les dynamiques de notre échantillon, qui plus est de manière différenciée entre cohortes, ce qui serait très problématique pour l'interprétation de nos estimations.

TABLEAU 3.2 – Statistiques descriptives sur l'échantillon des secteurs intensifs en CIR en 2007

	(1) Groupe de traitement				(2) Groupe de contrôle			
	Moyenne	Médiane	1er décile	9e décile	Moyenne	Médiane	1er décile	9e décile
Chiffre d'affaires (k€)	29648.44	2157.84	216.91	29594.00	5899.84	1154.21	177.76	8305.55
Valeur ajoutée (HT, k€)	7006.53	869.11	78.55	8437.54	1593.99	458.01	67.72	2448.62
EBE (HT, k€)	2070.30	122.08	-72.02	2054.50	455.72	64.80	-41.22	637.76
Masse salariale (HT, k€)	3361.98	503.94	65.55	4516.41	771.87	266.37	48.00	1300.43
Résultat net (k€)	2528.49	76.95	-61.42	1486.64	339.50	41.24	-32.42	447.47
IS rapporté à l'EBE	0.19	0.18	0.00	0.34	0.20	0.18	0.00	0.35
Nb de salariés (ETP)	91.70	13.29	0.97	127.00	21.56	7.00	0.88	38.26
Nb d'ingénieurs (ETP)	10.93	1.00	0.00	13.32	1.60	0.00	0.00	2.69
Nb de techniciens (ETP)	6.68	0.99	0.00	11.23	1.48	0.00	0.00	3.04
Nb de brevets déposés (INPI-OEB)	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Observations	8859				69879			

SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Statistiques descriptives sur les entreprises appartenant au groupe de contrôle ou de traitement des secteurs intensifs en CIR et étant observées dans les données fiscales en 2007. Le groupe de traitement inclut 18732 entreprises. Le groupe de contrôle inclut 115560 entreprises.

3.2 Analyse sur les cohortes 2008–2016

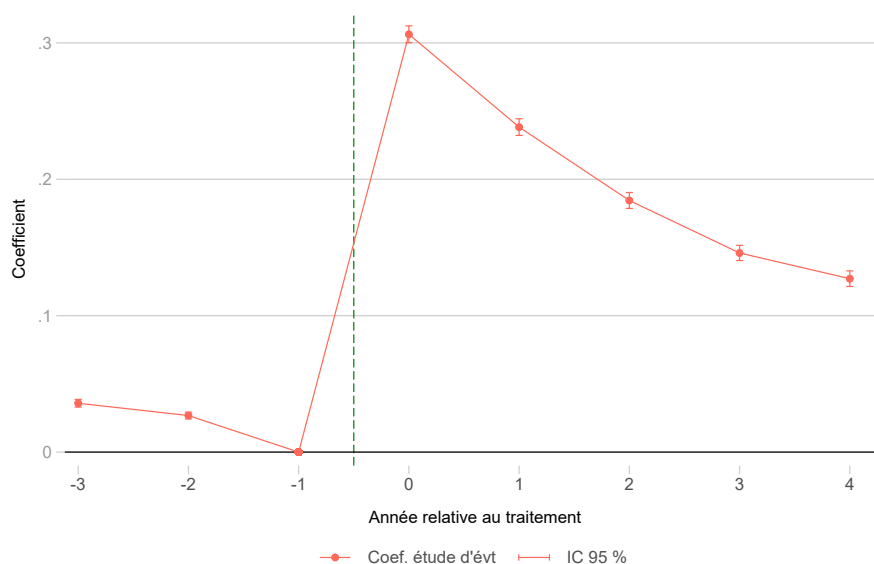
Dans cette partie, nous menons des estimations par étude d'événements avec comme groupe de traitement l'ensemble des entreprises ayant eu recours pour la première fois au CIR entre 2008 et 2016. Ceci permet de s'intéresser à un groupe de bénéficiaires ayant fait face au même dispositif, à savoir un crédit d'impôt à hauteur de 30 % de la dépense de recherche-développement.

3.2.1 Première étape : l'effet du CIR sur la charge fiscale

Tout d'abord, notre étude s'intéresse aux conséquences du recours au CIR sur la charge fiscale des entreprises. Pour ce faire, nous vérifions en premier lieu que le recours a bien pour conséquence une augmentation de la créance attribuée par l'administration fiscale au groupe économique ayant recours au dispositif. La figure 3.1 présente la créance de CIR rapportée à l'actif non financier de l'exercice précédent autour du premier recours au CIR dans le groupe économique. On observe effectivement une très forte augmentation de la créance rapportée à l'actif, celle-ci représentant la première année du recours un total d'environ 30 % de l'actif non financier de l'entreprise. Cette proportion décroît ensuite progressivement jusqu'à environ 15 points d'actif 4 années après le recours, ce qui peut simplement traduire une hausse du dénominateur via une augmentation de la taille de l'entreprise.

La figure 3.2 présente l'évolution du taux implicite d'imposition sur les sociétés, c'est-à-dire l'impôt sur les sociétés dû par l'entreprise rapporté à l'excédent brut d'exploitation, autour du premier recours au CIR. Afin que cette mesure ait du sens, nous nous restreignons aux entreprises ayant un EBE positif. La figure montre une évolution très stable avant le recours, et une baisse brutale de ce taux d'imposition autour de 20 % de l'EBE l'année du premier recours au CIR. Cette baisse est pérenne et s'accroît même légèrement, suggérant un recours continu

FIGURE 3.1 – Créance de CIR rapportée à l’actif non financier autour de l’année de premier recours

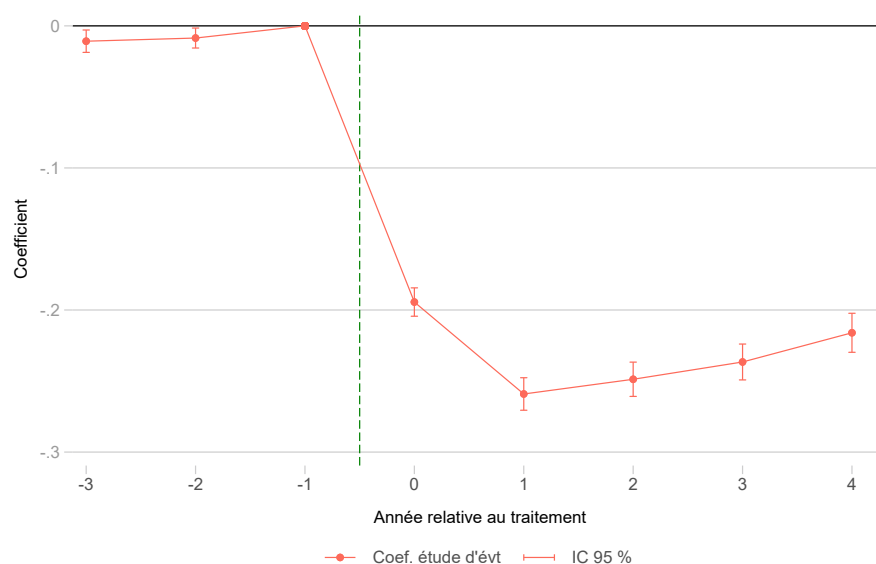


SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante la créance de CIR rapportée à l’actif non financier de l’année précédente. Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l’équation 3.1, sur la période 2004-2017, par année relative au traitement. L’estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d’âge*quintile d’actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes pré-2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée sur l’échantillon des entreprises appartenant (via au moins l’une des unités légales du groupe) aux secteurs dont au moins 5 % des entreprises demandent le CIR.

au CIR. Ces résultats confirment donc la forte réduction de la charge fiscale des entreprises bénéficiaires du crédit impôt recherche.

FIGURE 3.2 – Taux implicite d'imposition (IS / EBE) autour de l'année de premier recours au CIR



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante le taux de taxation implicite (impôt sur les sociétés divisé par l'excédent brut d'exploitation). Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l'équation 3.1, sur la période 2004-2017, par année relative au traitement. L'estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d'âge*quintile d'actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes pré-2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée sur l'échantillon des entreprises appartenant (via au moins l'une des unités légales du groupe) aux secteurs dont au moins 5 % des entreprises demandent le CIR.

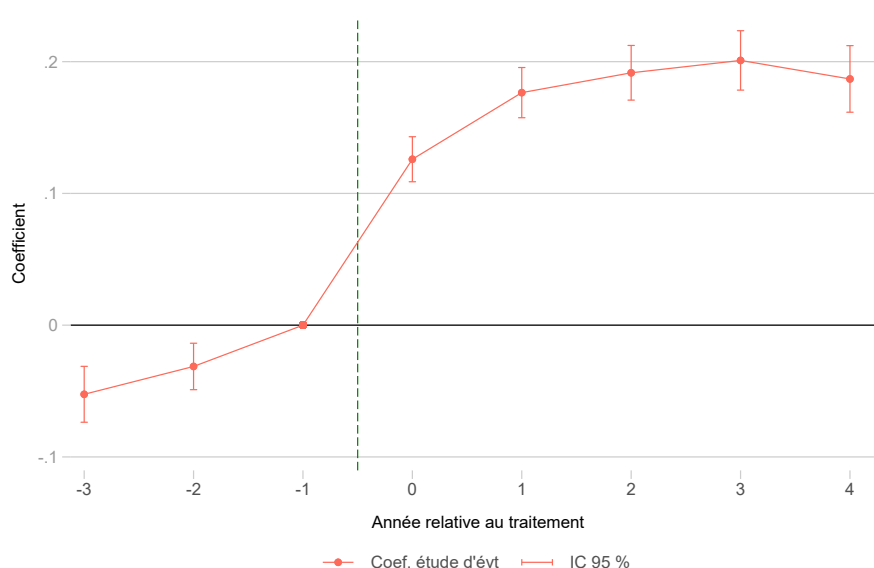
3.2.2 Association entre recours au CIR et mesures d'efforts de R&D

Une fois confirmé l'effet sur la charge fiscale des entreprises au moment du recours au CIR, et mesuré son aspect pérenne, nous cherchons à mesurer l'effort de recherche-développement suivant le recours au CIR, et donc susceptible d'être influencé par l'incitation fiscale à réaliser de la R&D.

En premier lieu, nous analysons ainsi l'effet moyen autour du recours au CIR sur l'emploi d'ingénieurs, puisque nous avons établi qu'il s'agit d'un bon proxy de la dépense de R&D par les entreprises. À cette fin, nous étudions deux types de variables. D'une part, nous analysons l'évolution du nombre d'ingénieurs, via le

log des heures travaillées, ainsi que la probabilité d'employer plus de n ingénieurs, n étant un entier que nous faisons varier. D'autre part, nous nous intéressons à la part des salaires versés par l'entreprise qui le sont à des ingénieurs, mesurant ainsi la variation d'intensité de R&D dans la structure des coûts du travail des entreprises autour du premier recours au CIR.

FIGURE 3.3 – Log des heures travaillées par des ingénieurs



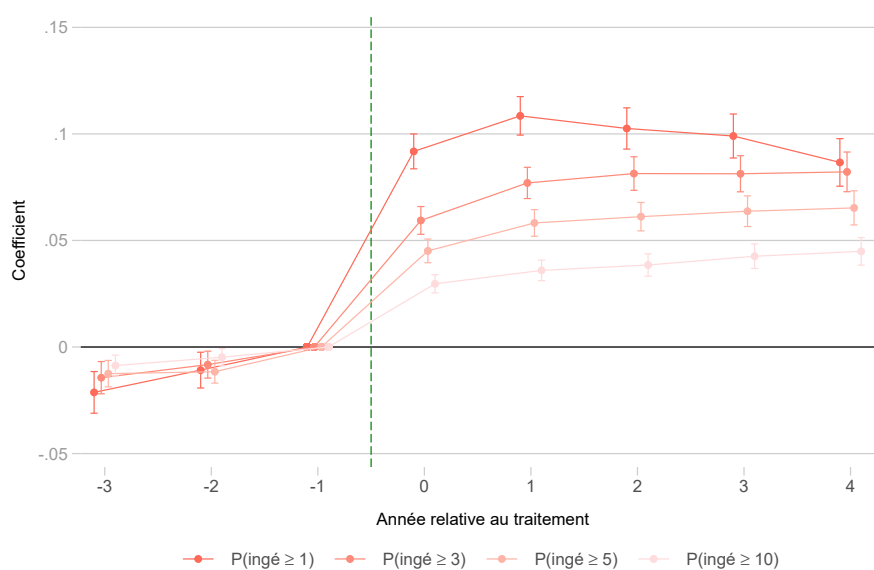
SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante le log des heures travaillées par des ingénieurs. Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l'équation 3.1, sur la période 2004-2017, par année relative au traitement. L'estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d'âge*quintile d'actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes pré-2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée sur l'échantillon des entreprises appartenant (via au moins l'une des unités légales du groupe) aux secteurs dont au moins 5 % des entreprises demandent le CIR.

La figure 3.3 présente l'évolution du log des heures travaillées par des ingénieurs dans l'entreprise. Si on observe une tendance à la hausse dans les années précédant le recours au CIR, une rupture brutale est visible l'année du recours, traduisant une augmentation d'environ 10 % du nombre d'ingénieurs dans l'entreprise. De manière analogue, la figure 3.4 présente quatre ensembles de coefficients correspondant chacun à la probabilité que le contingent d'ingénieurs dépasse un seuil donné dans l'entreprise une année donnée. Les seuils choisis sont respecti-

vement de 1, 3, 5 et 10 ingénieurs; les couleurs plus foncées indiquent des seuils plus faibles, les couleurs plus claires des seuils plus élevés. On observe ainsi une très forte augmentation d'environ 10 points de pourcentage de la probabilité d'employer au moins un ingénieur l'année du premier recours au CIR, qui se maintient les années suivantes. De manière similaire, on observe une augmentation d'environ 6 points de pourcentage d'employer au moins trois ingénieurs à partir de l'année de premier recours, et des augmentations respectives de 4,5 et 3 % d'employer au moins 5 et au moins 10 ingénieurs.

FIGURE 3.4 – Probabilités d'employer plus de n ingénieurs autour du recours au CIR



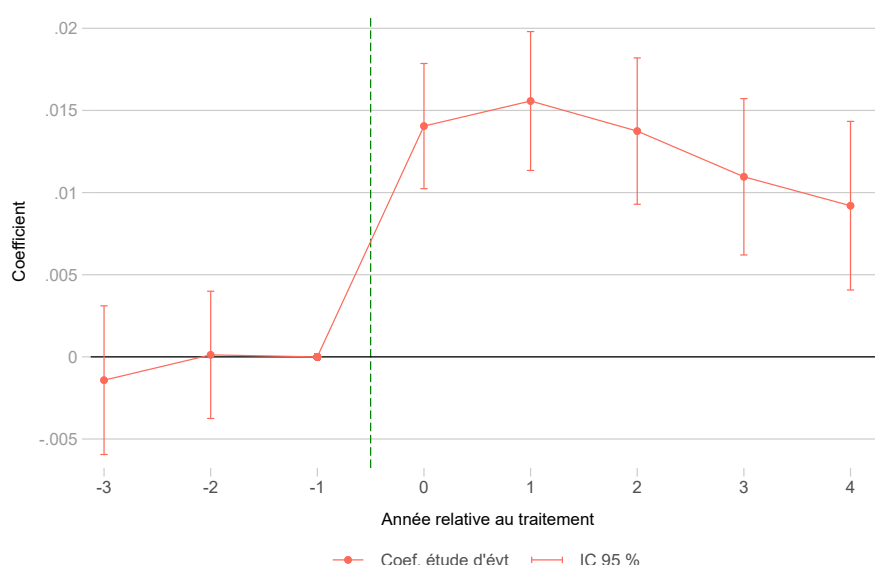
SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante la probabilité d'employer plus de n ingénieurs. Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l'équation 3.1, sur la période 2004-2017, par année relative au traitement. L'estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d'âge*quintile d'actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes pré-2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée sur l'échantillon des entreprises appartenant (via au moins l'une des unités légales du groupe) aux secteurs dont au moins 5 % des entreprises demandent le CIR.

La figure 3.5 représente les coefficients estimés relatifs à la part des ingénieurs dans l'entreprise. On observe une nette rupture l'année du recours, correspondant à une augmentation moyenne de l'emploi d'ingénieurs d'environ 1,5 % des salaires versés par l'entreprise. Aucune variation significative n'est présente avant

le premier recours, ce qui signifie que la hausse du nombre d'ingénieurs observée avant le recours correspondait à une hausse générale de l'emploi dans l'entreprise. En outre, la hausse observée au moment du recours est pérenne et demeure très stable plusieurs années après le recours au CIR.

FIGURE 3.5 – Part des salaires versés à des ingénieurs autour de l'année de premier recours au CIR



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante la part des salaires bruts versés à des ingénieurs. Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l'équation 3.1, sur la période 2004-2017, par année relative au traitement. L'estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d'âge*quintile d'actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes pré-2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée sur l'échantillon des entreprises appartenant (via au moins l'une des unités légales du groupe) aux secteurs dont au moins 5 % des entreprises demandent le CIR.

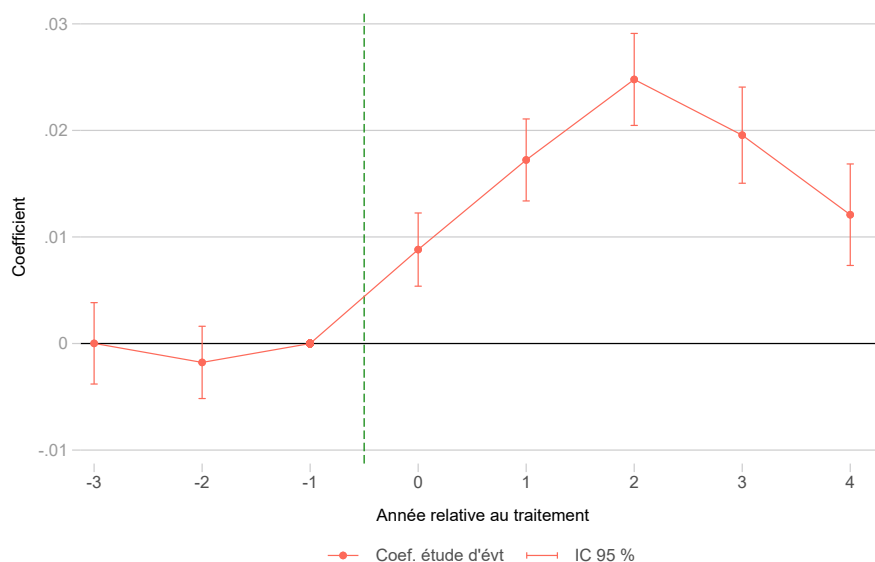
Ces deux ensembles de résultats montrent ainsi nettement qu'une transformation dans la structure de l'emploi s'opère au sein des entreprises au moment de leur recours au CIR, avec une augmentation pérenne à la fois dans le nombre et dans la part que les ingénieurs représentent dans l'emploi total et une rupture nette l'année du premier recours.

De manière complémentaire, nous nous intéressons à la probabilité de déposer une demande de brevet français ou européen autour de la première demande de

CIR³. La figure 3.6 présente ainsi l'évolution du coefficient d'estimation associé à cette probabilité autour du recours. Elle montre ainsi une tendance similaire sur la période précédant le recours au dispositif, une augmentation significative dès l'année du recours ($t=0$), et qui culmine deux ans après le premier recours à environ 2 points de pourcentage d'augmentation de cette probabilité. Ces estimations, si elles confirment la plus grande tendance des bénéficiaires du CIR à déposer des brevets, invitent à garder à l'esprit la nature descriptive de l'exercice (et à se garder de réaliser une interprétation causale). En effet, il apparaît peu probable que l'ensemble du travail de recherche préalable au dépôt d'un brevet ait pu être réalisé au cours d'une même année, et il semble plus probable que les entreprises aient recours au CIR à ce moment de leur développement précisément parce que leur R&D est jugée suffisamment prometteuse pour justifier son expansion. Notons de plus que le fait d'avoir déposé un brevet est considéré comme un élément susceptible de justifier l'éligibilité des dépenses de l'entreprises au CIR en cas de contrôle. Par exemple, les brevets font partie des indicateurs de R&D recommandés dans le modèle de dossier justificatif des travaux de R&D déclarés au titre au titre du CIR que l'entreprise transmet à l'expert en cas de contrôle (DRRT-MENESR, 2015).

3. La demande de brevet est captée par la probabilité de réaliser une demande via l'Institut national de la propriété industrielle (INPI).

FIGURE 3.6 – Probabilité de déposer un brevet autour de l’année de premier recours au CIR



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

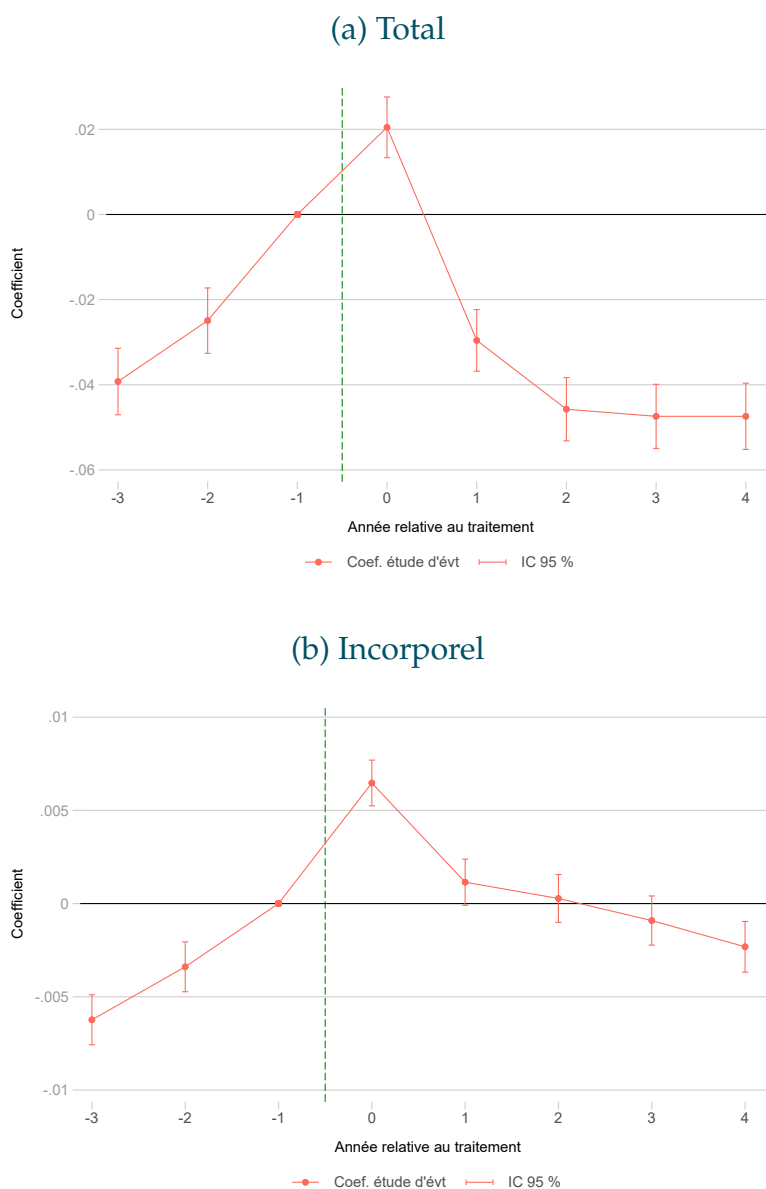
NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante la probabilité de déposer une demande de brevet à l’INPI ou à l’OEB. Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l’équation 3.1, sur la période 2004-2017, par année relative au traitement. L’estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d’âge*quintile d’actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes pré-2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée sur l’échantillon des entreprises appartenant (via au moins l’une des unités légales du groupe) aux secteurs dont au moins 5 % des entreprises demandent le CIR.

3.2.3 Association entre recours au CIR et variables de performance économique

Investissement. La figure 3.7 montre l’évolution associée au recours au CIR du taux d’investissement total (a) et du taux d’investissement dans des immobilisations incorporelles (b). Les deux graphiques témoignent de très fortes tendances pré-traitement, c’est-à-dire d’une croissance de l’investissement des entreprises dès le début de la fenêtre d’observation, et ce jusqu’à l’année du recours. Ces figures suggèrent donc que les entreprises ayant recours au CIR réalisent leurs investissements avant le recours, et que celui-ci culmine l’année du recours, pour diminuer ensuite. Ce résultat peut s’expliquer simplement par le fait que ces en-

treprises sont jeunes et très dynamiques, et sont donc dans une phase d'investissements massifs eu égard à leur taille plusieurs années avant le recours au CIR.

FIGURE 3.7 – Taux d'investissement autour de l'année de premier recours au CIR



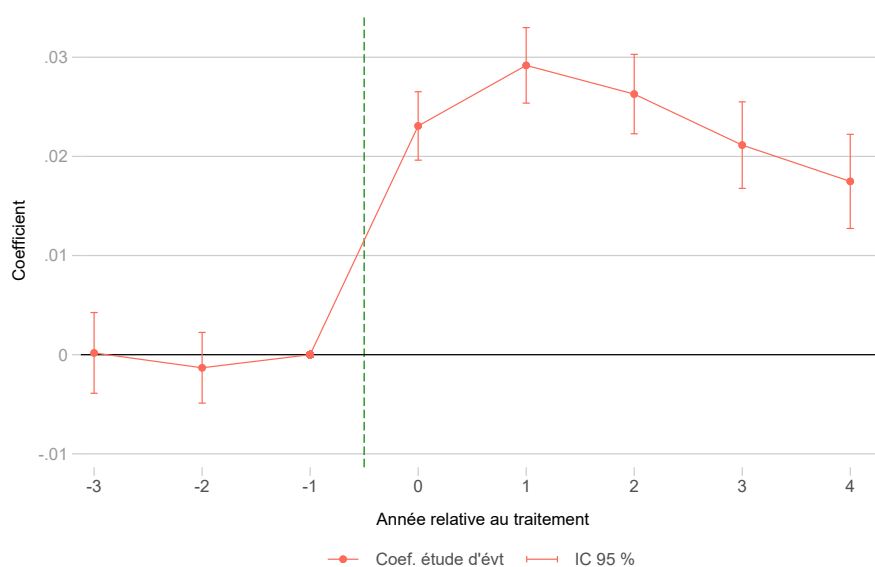
SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante le taux d'investissement total (a) et le taux d'investissement incorporel (b). Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l'équation 3.1, sur la période 2004-2017, par année relative au traitement. L'estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d'âge*quintile d'actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes pré-2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée sur l'échantillon des entreprises appartenant (via au moins l'une des unités légales du groupe) aux secteurs dont au moins 5 % des entreprises demandent le CIR.

Productivité et part des salaires. Les figures 3.8 et 3.9 s'intéressent respectivement à l'évolution de la part de la valeur ajoutée dédiée aux salaires et de la productivité totale des facteurs. Ces deux figures montrent deux images opposées de l'affectation de la valeur ajoutée : la première indique à quel point l'entreprise est intensive en main d'œuvre, tandis que la seconde est nette des parts de la VA affectée au travail et au capital. On observe donc très logiquement des tendances symétriques dans les deux figures : la figure 3.8 montre une augmentation brutale de la part des salaires dans la VA au moment du recours au CIR, tandis que la figure 3.9 montre une baisse de la productivité. Ceci indique que les entreprises bénéficiaires font le choix d'augmenter leur masse salariale l'année du recours sans que ceci soit compensé par une hausse de valeur ajoutée simultanée. Ces tendances semblent se neutraliser sur la fin de la période, suggérant un rattrapage de la valeur ajoutée après plusieurs années, ce qui est compatible avec le fait que la recherche-développement menée au sein de l'entreprise puisse porter ses fruits quelques années après avoir été engagée.

Chiffre d'affaires et exportations. La figure 3.10 présente l'évolution du chiffre d'affaires (en log) autour du premier recours au CIR. Elle témoigne d'une augmentation considérable des ventes l'année du recours, représentant une augmentation de plus de moitié. Une explication probable pour une telle dynamique est qu'une partie des entreprises bénéficiaires demande en réalité le CIR dès la première année de leur activité commerciale, ce qui implique une augmentation considérable en proportion car débutant à un niveau très faible. La figure 3.11 suggère un phénomène analogue pour les exportations : l'augmentation est brutale l'année du recours, suggérant un effet de composition avec un nombre d'entreprises démarrant leur activité à l'export l'année du premier recours au CIR. Ces dynamiques sont à nouveau illustratives de la nature très particulière des entreprises bénéficiant pour la première fois du CIR après sa réforme en 2008.

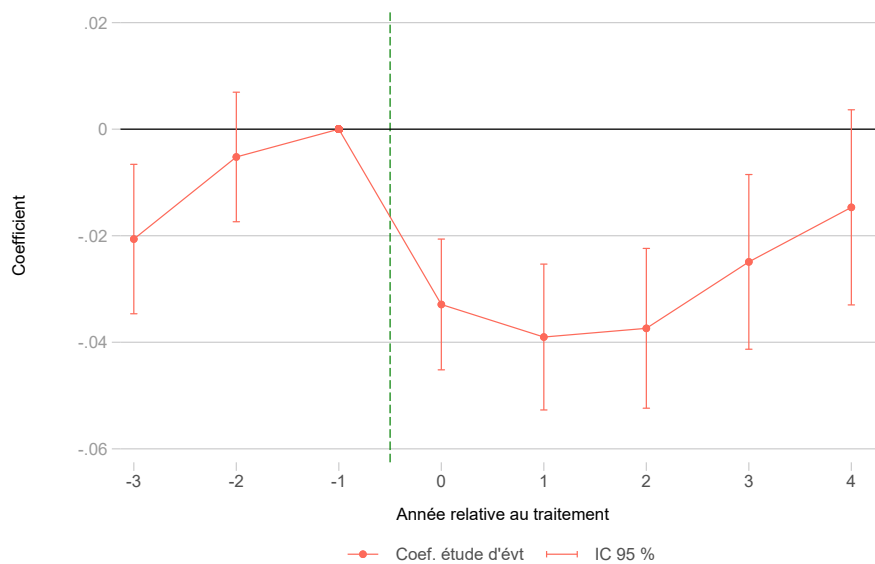
FIGURE 3.8 – Part des salaires dans la valeur ajoutée



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante la part des salaires (coût du travail) dans la valeur ajoutée (HT). Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l'équation 3.1, sur la période 2004-2017, par année relative au traitement. L'estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d'âge*quintile d'actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes pré-2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée sur l'échantillon des entreprises appartenant (via au moins l'une des unités légales du groupe) aux secteurs dont au moins 5 % des entreprises demandent le CIR.

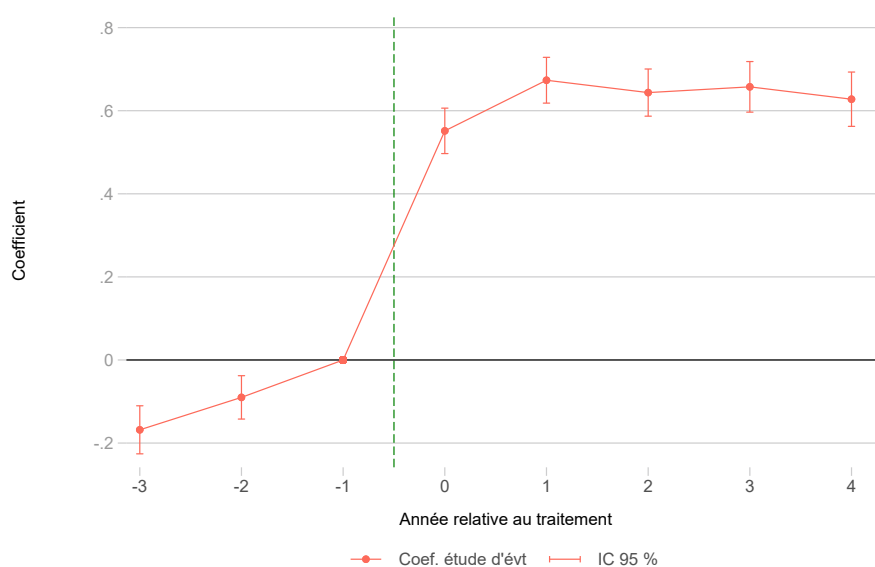
FIGURE 3.9 – Productivité totale des facteurs



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante la productivité totale des facteurs. Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l'équation 3.1, sur la période 2004-2017, par année relative au traitement. L'estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d'âge*quintile d'actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes pré-2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée sur l'échantillon des entreprises appartenant (via au moins l'une des unités légales du groupe) aux secteurs dont au moins 5 % des entreprises demandent le CIR.

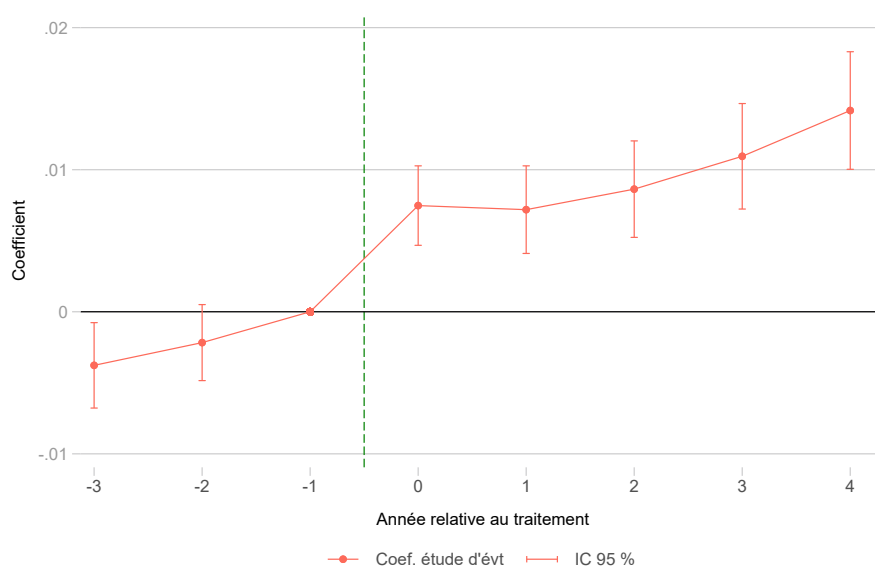
FIGURE 3.10 – Chiffre d'affaires (log)



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante le logarithme du chiffre d'affaires. Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l'équation 3.1, sur la période 2004-2017, par année relative au traitement. L'estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d'âge*quintile d'actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes pré-2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée sur l'échantillon des entreprises appartenant (via au moins l'une des unités légales du groupe) aux secteurs dont au moins 5 % des entreprises demandent le CIR.

FIGURE 3.11 – Part des exportations dans le chiffre d'affaires



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante la part des exportations dans le chiffre d'affaires. Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l'équation 3.1, sur la période 2004-2017, par année relative au traitement. L'estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d'âge*quintile d'actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes pré-2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée sur l'échantillon des entreprises appartenant (via au moins l'une des unités légales du groupe) aux secteurs dont au moins 5 % des entreprises demandent le CIR.

3.3 Analyse par étude d'événements sur les cohortes 2004-2007

Contrairement à la section précédente, nous réalisons ici les mêmes estimations par étude d'événements mais en considérant comme groupe de traitement les entreprises ayant eu recours pour la première fois au CIR entre 2004 et 2007, c'est-à-dire dans le régime de CIR introduisant une part en volume de la dépense de R&D dans le calcul du crédit d'impôt, et non plus uniquement son augmentation par rapport à l'année précédente⁴.

Cette population de bénéficiaires est intéressante à plusieurs égards. D'une part, elle permet d'analyser des entreprises ayant eu recours au CIR dès son passage à un calcul en partie en volume – ce qui a considérablement accru le nombre de ses bénéficiaires, comme montré dans le chapitre précédent. Cette population de firmes était donc probablement, pour une grande part d'entre elles, à un stade avancé de leur développement, à l'inverse des entreprises bénéficiant du dispositif pour la première fois après la réforme de 2008, et pour lesquelles ce recours tardif s'explique sans doute principalement par leur jeune âge et leur forte trajectoire ascendante. Elle permet donc d'obtenir des estimations très comparables à celles obtenues précédemment, mais sur une population de firmes plus grandes.

D'autre part, ce groupe d'entreprises fait face à une subvention implicite plus faible dans les premières années de recours. Ceci permet donc d'appréhender à quel point les dynamiques observées autour du recours sont sensibles à la magnitude du crédit d'impôt obtenu par les entreprises. De plus, il est possible de distinguer pour ce groupe d'entreprises la dynamique autour du recours de l'effet propre de l'augmentation de taux effectuée à partir de 2008. Nous consacrons le chapitre suivant à ce point, où nous détaillons les résultats ainsi que les conditions

4. Nous confondons ainsi le régime de CIR en vigueur en 2004 et 2005 calculé sur 5 % du volume et 45 % de l'augmentation, et celui en vigueur en 2006 et 2007 calculé sur 10 % du volume et 40 % de l'augmentation.

dans lesquelles le coefficient associé au fait d'avoir fait face à l'augmentation de taux de 2008 peut être interprété comme un effet causal.

Le tableau 3.3 présente des statistiques descriptives relatives au groupe d'entreprises traitées entre 2004 et 2007 et appartenant à des secteurs avec un recours élevé, ainsi qu'au groupe de contrôle constitué des autres entreprises de ces secteurs. Ce tableau montre des différences dans les moyennes des variables comptables absolument considérables et en réalité peu informatives des différences réelles entre les deux groupes. En effet, le groupe de traitement inclut quelques uns des plus grands groupes français, qui tirent donc très fortement la moyenne. Les différences de médiane sont plus interprétables, et témoignent tout de même d'un rapport d'environ 1 à 3 entre entreprises contrôles et traitées sur des variables de taille comme le chiffre d'affaires, la valeur ajoutée ou la masse salariale. Malgré cet écart plus important que celui constaté sur l'échantillon précédent, il nous paraît néanmoins moins problématique dans la mesure où de nombreuses entreprises traitées sont probablement des entreprises stables, ayant déjà des activités de R&D, tandis que les entreprises de l'échantillon précédent étaient par nature des firmes très dynamiques ce qui rendait difficile l'obtention d'un groupe de contrôle susceptible de respecter une hypothèse de tendances communes. Il faut noter également que les entreprises qui appartenaient à l'échantillon traité précédent font ici partie du groupe de contrôle puisqu'elles ne sont pas traitées sur l'intervalle étudié. Nous contrôlons néanmoins pour les différentes années relatives au traitement des entreprises traitées après 2008 dans les régressions que nous menons, mais ignorons simplement ces coefficients. De manière similaire au champ d'étude précédent, une précaution importante à prendre relativement à ces statistiques descriptives concerne le fait que nous autorisons l'entrée au cours de la période d'étude (l'inverse reviendrait à conditionner sur les dynamiques de manière différenciée entre cohortes). Ainsi, le nombre d'entreprises contribuant aux estimations présentées ci-après ne correspond pas au nombre d'entreprises contribuant aux statistiques

exposées dans le tableau 3.3, simplement parce qu'un certain nombre d'entre elles n'était pas observé lors de l'année 2003.

TABLEAU 3.3 – Statistiques descriptives en 2003 sur l'échantillon des secteurs intensifs en CIR

	(1)				(2)			
	Groupe de traitement				Groupe de contrôle			
	Moyenne	Médiane	1er décile	9e décile	Moyenne	Médiane	1er décile	9e décile
Chiffre d'affaires (k€)	424942.84	3414.97	177.05	82537.54	7888.99	1135.24	175.60	9031.65
Valeur ajoutée (HT, k€)	355022.20	1288.59	72.99	23443.59	1989.98	452.56	69.43	2679.19
EBE (HT, k€)	334139.35	184.87	-216.67	5006.56	477.65	60.18	-47.12	630.54
Masse salariale (HT, k€)	10036.11	738.42	76.20	12376.34	1011.69	264.36	49.16	1472.46
Résultat net (k€)	6404.07	85.89	-264.54	2989.44	197.97	32.47	-51.94	382.19
IS rapporté à l'EBE	0.17	0.14	0.00	0.34	0.19	0.16	0.00	0.35
Nb de salariés (ETP)	248.73	22.47	1.54	372.15	31.36	7.98	1.00	46.93
Nb d'ingénieurs (ETP)	34.62	2.23	0.00	35.10	2.80	0.00	0.00	3.37
Nb de techniciens (ETP)	25.14	1.21	0.00	30.61	2.06	0.00	0.00	3.34
Nb de brevets déposés (INPI-OEB)	0.61	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
Observations	4571				65298			

Le groupe de traitement inclut 7004 entreprises. Le groupe de contrôle inclut 134292 entreprises.

SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Statistiques descriptives sur les entreprises appartenant au groupe de contrôle ou de traitement des secteurs intensifs en CIR et étant observées dans les données fiscales en 2007.

Spécification. Contrairement aux estimations par étude d'événements exposées en 3.2, la spécification estimée dans cette section est un peu moins classique puisqu'elle inclut, en plus de la somme d'indicatrices habituelle d'années relatives au traitement, une indicatrice relative au fait d'avoir été traité pour la première fois entre 2004 et 2007 et de se trouver après 2008, c'est-à-dire d'avoir pu bénéficier de la variation importante du taux du crédit d'impôt survenue entre 2007 et 2008. Nous revenons en détail sur ce point dans le chapitre 4.

Comme précédemment, l'année de traitement d'une entreprise i est notée t_{i0} . On peut alors indexer le temps écoulé par rapport au traitement avec $d = t - t_{i0}$ où t est une année calendaire. L'indice d est négatif avant le traitement et positif après. La fenêtre d'estimation est définie par le biais d'une borne inférieure m_0 égale à -4 et supérieure m_1 égale à 5. Les observations incluses dans l'échantillon d'estimation sont donc telles que : $d \in \{-4, \dots, 4, 5\}$.

L'équation d'estimation de base s'écrit alors :

$$Y_{it} = \sum_{\substack{d=m_1 \\ d=-m_0+1 \\ d \neq -1}} \beta_d \times \mathbf{1}\{t = d + t_{0i}\} + \gamma \times \mathbf{1}\{t > t_{0i}\} \times \mathbf{1}\{t \geq 2008\} + \mathbf{x}'_{it} \boldsymbol{\delta} + \alpha_i + \psi_t + \varepsilon_{it}, \quad (3.2)$$

où $\mathbf{1}\{\}$ est la fonction indicatrice ; α_i et ψ_t sont des effets fixes année et entreprise ; \mathbf{x}'_{it} est vecteur de variables de contrôle qui varient au cours du temps.

Nous omettons la variable indicatrice pour $d = -1$, et combinons les variables indicatrices correspondant aux périodes comprises avant -4, ainsi que celles comprises après 5.

Le terme γ permet donc, pour l'heure, de "purger" les estimations de l'effet de la réforme de 2008 sur les entreprises ayant eu recours au CIR pour la première fois entre 2004 et 2007. L'ensemble des résultats présentés ci-après s'interprète donc de la même manière que les résultats de la section 3.2, mais dans un régime de CIR moins généreux (comme en attestent les régressions de première étape). Afin d'éviter des confusions sur l'interprétation des années relatives au traitement supérieures à 4 (dates auxquelles toutes les cohortes 2004-2007 sont déjà passées dans le nouveau régime de CIR), nous présentons uniquement dans les graphiques l'intervalle d'années (-3;3).

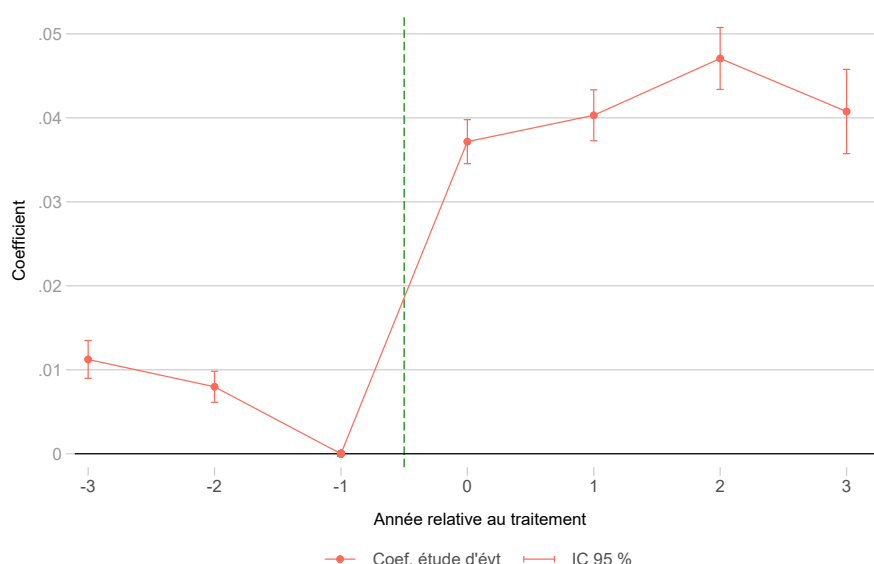
3.3.1 Première étape : l'effet du CIR sur la charge fiscale

De manière similaire aux figures 3.1 et 3.2 exposées dans la section 3.2, les figures 3.12 et 3.13 présentent en rouge l'évolution des coefficients associés aux années autour du traitement sur la créance CIR rapportée à l'actif non financier de l'année précédente et sur le taux implicite d'imposition (IS divisé par EBE) respectivement.

Le graphique 3.12 montre ainsi un effet du recours au CIR pré réforme de 2008 autour de 4 points d'actifs non financiers, à comparer à un effet autour de 30 points

montré dans la figure 3.1. Cet écart reflète en réalité deux différences. D'une part, la figure reflète la différence dans le taux du crédit d'impôt sur la période, l'année 0 du traitement pour les traités entre 2004 et 2007 correspondant à 5 ou 10 % du volume de R&D plus une partie incrémentale. D'autre part, elle reflète une différence dans le dénominateur, les traités entre 2004 et 2007 étant en moyenne des entreprises plus grosses que celles qui sont traitées pour la première fois après la réforme.

FIGURE 3.12 – Créance de CIR rapporté à l'actif non financier autour de l'année de premier recours

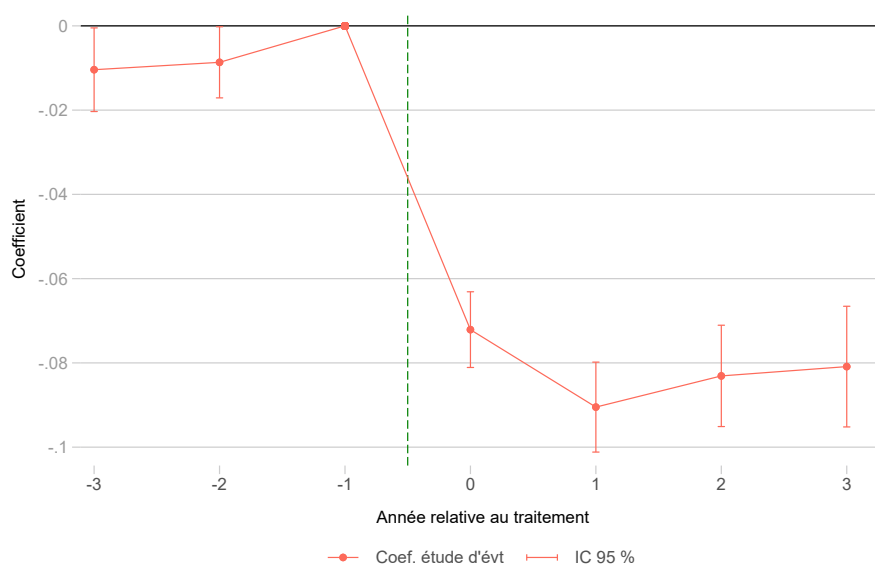


SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante la créance de CIR rapportée à l'actif non financier de l'année précédente. Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l'équation 3.1, sur la période 2000-2012, par année relative au traitement. L'estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d'âge*quintile d'actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes post-2008, et une indicatrice pour le fait d'être confronté à la réforme de 2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée sur l'échantillon des entreprises appartenant (via au moins l'une des unités légales du groupe) aux secteurs dont au moins 5 % des entreprises demandent le CIR.

De manière analogue, la figure 3.13 révèle un effet de baisse d'environ 7 points du taux implicite d'imposition des entreprises ayant recours au CIR, qui est bien plus faible que celui observé dans le nouveau régime de CIR.

FIGURE 3.13 – Taux implicite d'imposition (IS / EBE) autour de l'année de premier recours au CIR



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM.

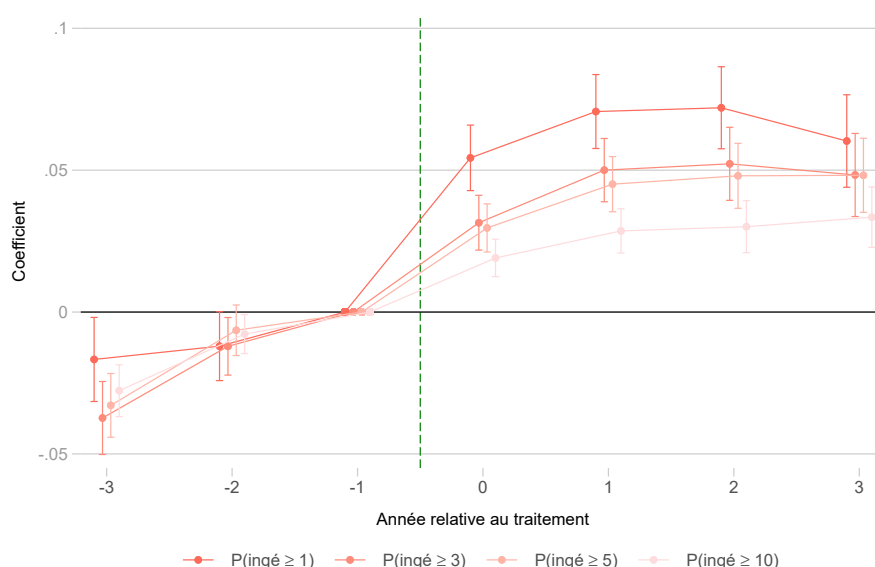
NOTES : Coefficients par année relative au traitement sur le taux implicite d'imposition (IS payé rapporté à l'EBE). Les estimations sont réalisées par étude d'événements sur l'échantillon des entreprises appartenant à des secteurs intensifs en CIR. Elles incluent des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d'âge*quintile d'actif. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise.

3.3.2 Association entre recours au CIR et mesures d'efforts de R&D

La figure 3.14 présente simultanément la probabilité que les entreprises traitées dépassent certains seuils dans le nombre d'ingénieurs travaillant en leur sein. La figure présente ainsi quatre groupes de coefficients, correspondant chacun à la probabilité que le contingent d'ingénieurs dépasse un seuil donné dans l'entreprise chaque année relative au traitement. Les seuils choisis sont respectivement de 1, 3, 5 et 10 ingénieurs; les couleurs plus foncées indiquent des seuils plus faibles, les couleurs plus claires des seuils plus élevés. On observe ainsi, comme dans le cas des traités entre 2008 et 2016, une forte augmentation de la probabilité d'employer au moins n ingénieurs, pour chacun des seuils de 1, 3 5 et 10. Cet effet autour du re-

cours est néanmoins de moindre ampleur que celui que nous observions en figure 3.4 pour les traités entre 2008 et 2016 : il oscille entre +2 et +6 points de probabilité du seuil le plus élevé au plus faible, contre des variations de +3 à +10 points dans la figure 3.4.

FIGURE 3.14 – Probabilités d'employer plus de n ingénieurs autour du recours au CIR



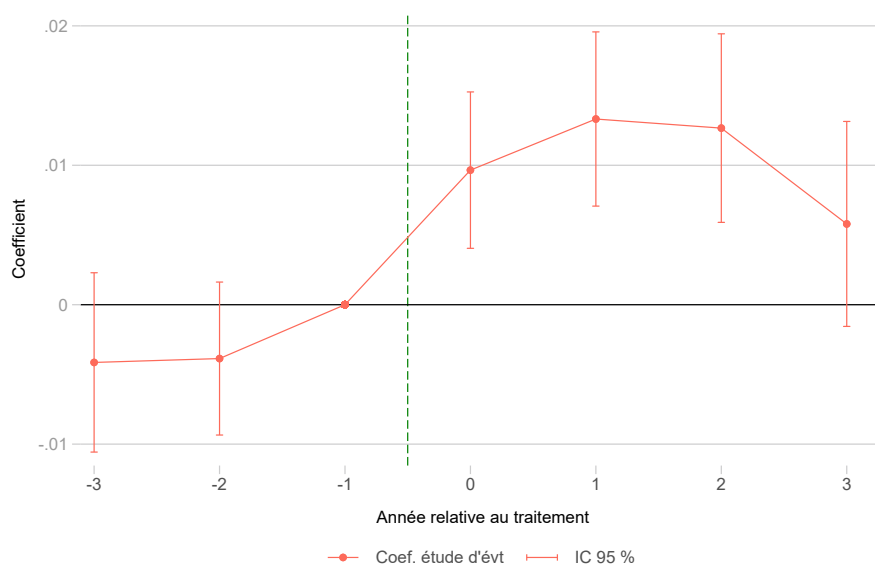
SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante la probabilité d'employer plus de n ingénieurs. Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l'équation 3.1, sur la période 2000-2012, par année relative au traitement. L'estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d'âge*quintile d'actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes post-2008, et une indicatrice pour le fait d'être confronté à la réforme de 2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée sur l'échantillon des entreprises appartenant (via au moins l'une des unités légales du groupe) aux secteurs dont au moins 5 % des entreprises demandent le CIR.

La figure 3.15 montre les coefficients estimés relatifs à la part des ingénieurs dans l'entreprise. On observe, comme dans la figure 3.5, une augmentation brutale de cette part l'année du premier recours, correspondant comme dans l'estimation précédente à une augmentation moyenne de l'emploi d'ingénieurs autour de 1 % des salaires versés par l'entreprise. On ne discerne pas de tendance significative pré-traitement.

La figure 3.16 présente également l'évolution du coefficient d'estimation asso-

FIGURE 3.15 – Part des salaires versés à des ingénieurs autour de l’année de premier recours au CIR

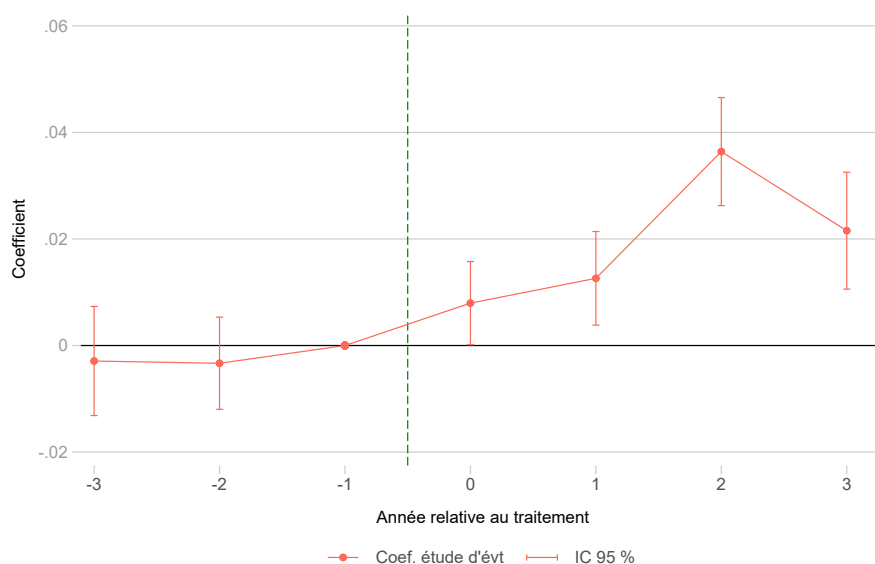


SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante la part des salaires bruts versés à des ingénieurs. Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l'équation 3.1, sur la période 2000-2012, par année relative au traitement. L'estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d'âge*quintile d'actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes post-2008, et une indicatrice pour le fait d'être confronté à la réforme de 2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée sur l'échantillon des entreprises appartenant (via au moins l'une des unités légales du groupe) aux secteurs dont au moins 5 % des entreprises demandent le CIR.

cié à la probabilité de déposer un brevet autour du recours au CIR. Contrairement à son équivalent pour la seconde génération de traités, elle montre une tendance similaire sur la période précédant le recours au dispositif, une augmentation à nouveau significative dès l'année du recours ($t=0$), et qui culmine deux ans après le premier recours à environ 4 points de pourcentage d'augmentation. Là encore, il faut rappeler que ces estimations sont de nature descriptive et ne peuvent pas être interprétées de façon causale. La rapidité avec laquelle l'augmentation du dépôt des brevets a lieu dès la première année de recours au CIR suggère au contraire qu'il s'agit d'un marqueur de la maturité d'une innovation pour justifier un développement de R&D.

FIGURE 3.16 – Probabilité de déposer un brevet autour de l'année de premier recours au CIR



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

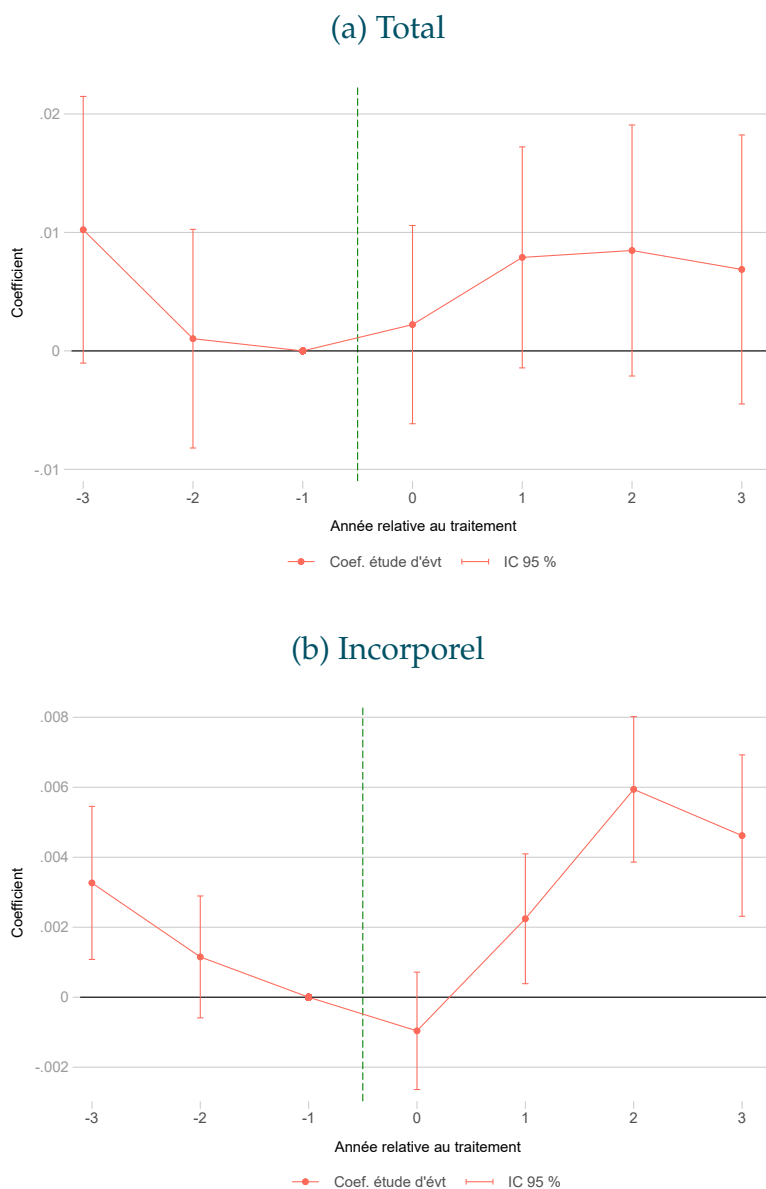
NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante la probabilité de déposer une demande de brevet à l'INPI ou à l'OEB. Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l'équation 3.1, sur la période 2000-2012, par année relative au traitement. L'estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d'âge*quintile d'actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes post-2008, et une indicatrice pour le fait d'être confronté à la réforme de 2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée sur l'échantillon des entreprises appartenant (via au moins l'une des unités légales du groupe) aux secteurs dont au moins 5 % des entreprises demandent le CIR.

3.3.3 Association entre recours au CIR et variables de performance économique

Investissement. La figure 3.17 présente l'évolution du taux d'investissement total (a) et incorporel (b) par année de recours au CIR. Cette figure confirme la différence de tendance de ces cohortes de bénéficiaires par rapport à celles exposées dans la section 3.2 : les taux d'investissement sont ici relativement stables avant le recours voire décroissants dans le cas de l'investissement incorporel, et augmentent après le recours (de manière néanmoins non significative pour l'investissement total). Ces tendances sont plus stables que celles observées en figure 3.1 pour les cohortes plus tardives, ce qui reflète probablement le caractère plus ma-

ture des entreprises entrant dans le dispositif dans cette période.

FIGURE 3.17 – Taux d’investissement autour de l’année de premier recours au CIR

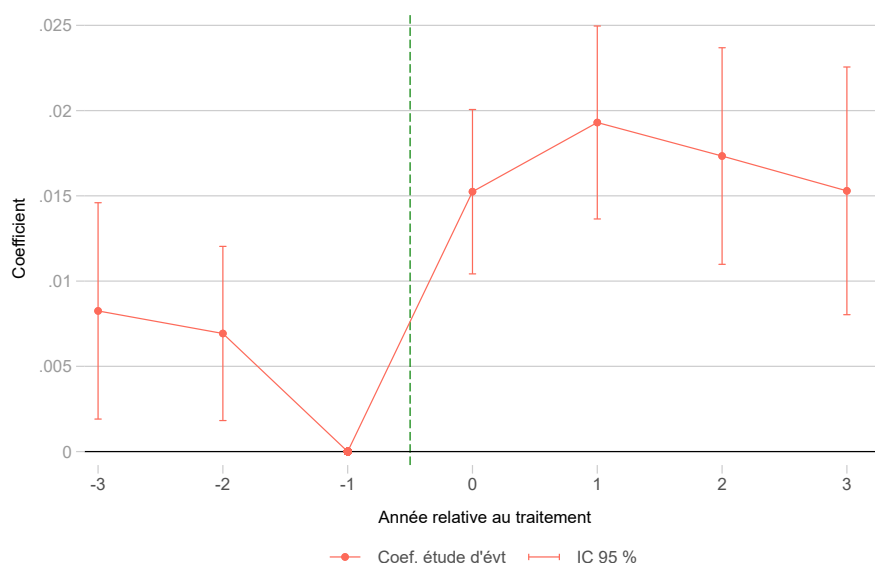


SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante le taux d’investissement total (a) et le taux d’investissement incorporel (b). Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l’équation 3.1, sur la période 2000-2012, par année relative au traitement. L’estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d’âge*quintile d’actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes post-2008, et une indicatrice pour le fait d’être confronté à la réforme de 2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée sur l’échantillon des entreprises appartenant (via au moins l’une des unités légales du groupe) aux secteurs dont au moins 5 % des entreprises demandent le CIR.

Productivité et part des salaires. De manière similaire au motif observé pour les cohortes 2008-2016 en figure 3.8, le recours au CIR pour les cohortes 2004-2007 est associé à une forte et brutale distorsion de la valeur ajoutée en faveur de la main d’œuvre. On observe à nouveau un effet symétrique sur la productivité totale des facteurs en figure 3.19 : le recours au CIR est accompagné d’une baisse de productivité. Ces deux mesures étant naturellement un miroir l’une de l’autre, les effets obtenus sont conformes à l’intuition : à court-terme, les entreprises augmentent leur masse salariale aux dépens de leur productivité.

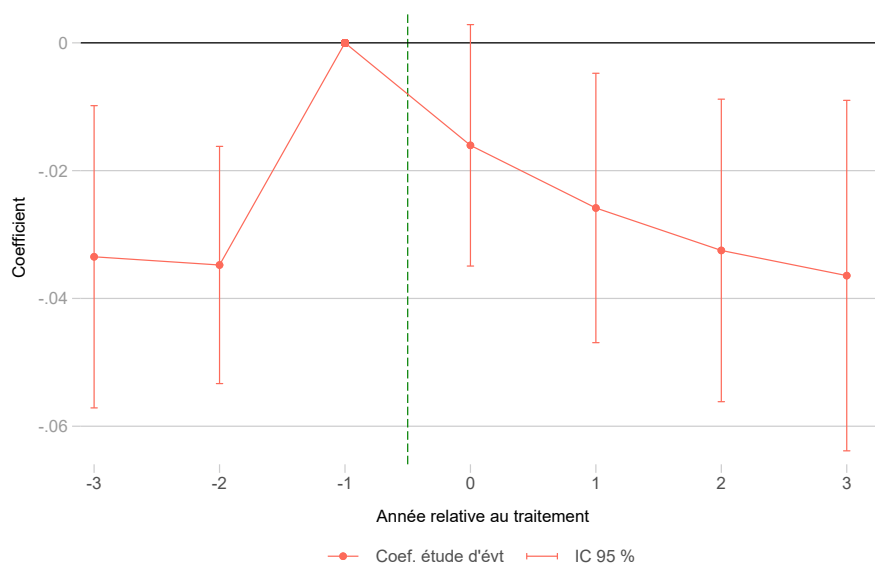
FIGURE 3.18 – Part des salaires dans la VA autour de l’année de premier recours au CIR



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante la part des salaires (coût du travail) dans la valeur ajoutée (HT). Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l'équation 3.1, sur la période 2000-2012, par année relative au traitement. L'estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d'âge*quintile d'actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes post-2008, et une indicatrice pour le fait d'être confronté à la réforme de 2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée sur l'échantillon des entreprises appartenant (via au moins l'une des unités légales du groupe) aux secteurs dont au moins 5 % des entreprises demandent le CIR.

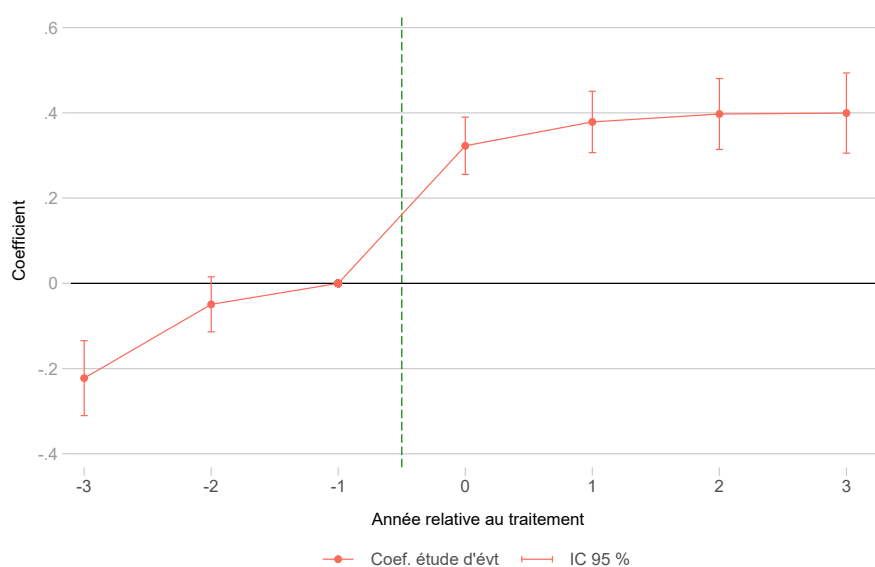
FIGURE 3.19 – PTF autour de l’année de premier recours au CIR



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante la productivité totale des facteurs. Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l'équation 3.1, sur la période 2000-2012, par année relative au traitement. L'estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d'âge*quintile d'actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes post-2008, et une indicatrice pour le fait d'être confronté à la réforme de 2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée sur l'échantillon des entreprises appartenant (via au moins l'une des unités légales du groupe) aux secteurs dont au moins 5 % des entreprises demandent le CIR.

FIGURE 3.20 – Chiffre d'affaires autour de l'année de premier recours au CIR



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante le logarithme du chiffre d'affaires. Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l'équation 3.1, sur la période 2000-2012, par année relative au traitement. L'estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d'âge*quintile d'actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes post-2008, et une indicatrice pour le fait d'être confronté à la réforme de 2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée sur l'échantillon des entreprises appartenant (via au moins l'une des unités légales du groupe) aux secteurs dont au moins 5 % des entreprises demandent le CIR.

CHAPITRE 4

IMPACT DE LA RÉFORME DE 2008

Le caractère endogène du recours au CIR empêche d'interpréter causalement les résultats des études d'événements présentés dans le chapitre 3. Dans ce chapitre, nous nous attachons à mettre en place une première stratégie permettant de dépasser l'endogénéité du recours afin d'établir un lien de cause à effet entre bénéfice du crédit d'impôt et variables d'activité de R&D et de performance économique.

Ce chapitre exploite la forte hausse du taux du crédit d'impôt recherche en 2008 pour les entreprises recourant déjà au CIR. Dès lors que la réforme peut être jugée exogène, cette stratégie d'identification écarte le risque de confondre l'effet du CIR avec la dynamique propre d'investissement en R&D qui est capturée par le recours au CIR. Une spécificité de l'approche adoptée dans ce chapitre est d'estimer l'effet de la réforme 2008 sans reposer sur la comparaison d'entreprises bénéficiant du CIR à des entreprises n'y ayant pas recours. L'approche adoptée ici repose sur l'étude des changements de dynamiques autour de l'année 2008 d'entreprises entrées dans le dispositif avant 2008 mais à des dates différentes.

4.1 Méthodologie

Le cadre d'estimation qui nous permet ici d'isoler l'effet causal de la réforme de 2008 sur les entreprises ayant déjà bénéficié de la version du CIR antérieure à la réforme est rigoureusement le même que celui que nous utilisons dans l'étude d'événements sur les cohortes 2004-2007 de la section 3.3. L'échantillon est donc composé de l'ensemble des entreprises appartenant aux secteurs dont au moins 5 % des entreprises sont une année bénéficiaires du CIR. La spécification est la même que précédemment, et s'écrit :

$$Y_{it} = \sum_{\substack{d=-m_0+1 \\ d \neq -1}}^{d=m_1} \beta_d \times \mathbf{1}\{t = d + t_{0i}\} + \underbrace{\gamma \times \mathbf{1}\{t > t_{0i}\} \times \mathbf{1}\{t \geq 2008\}}_{\text{effet de la réforme de 2008}} + \mathbf{x}'_{it} \boldsymbol{\delta} + \alpha_i + \psi_t + \varepsilon_{it}, \quad (4.1)$$

où $\mathbf{1}\{\}$ est la fonction indicatrice ; α_i et ψ_t sont des effets fixes année et entreprise ; \mathbf{x}'_{it} est un vecteur de variables de contrôle qui varient au cours du temps.

Comme précédemment, nous omettons la variable indicatrice pour $d = -1$, et combinons les variables indicatrices correspondant aux périodes comprises avant -4, ainsi que celles comprises après 5.

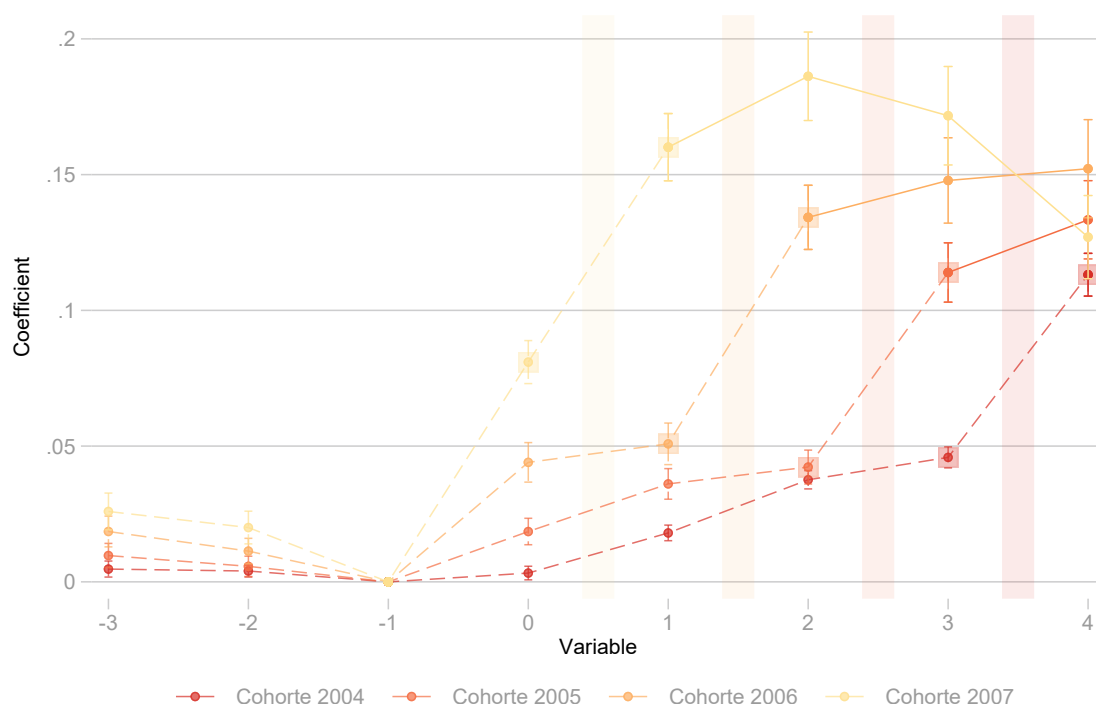
À l'inverse de la section 3.3, γ permet d'identifier l'effet de la réforme de 2008 sur les entreprises ayant eu recours au CIR pour la première fois entre 2004 et 2007. Ceci est permis par le fait que les cohortes passent dans le régime post 2008 à des années relatives au premier recours différentes, ce qui identifie à la fois les coefficients associés aux indicatrices d'années relative au recours, et le coefficient associé au fait de passer dans la nouvelle version du CIR à partir de 2008. Le coefficient γ s'interprète donc comme l'effet supplémentaire du recours au CIR à partir de sa réforme en 2008. On peut ainsi aisément vérifier, dans les estimations de première étape, que la somme du β_0 et de γ pour les cohortes 2004-2007 est du même ordre de grandeur que le β_0 estimé pour les cohortes 2008-2016, ce qui signifie qu'une fois entrées dans le nouveau régime du CIR, les entreprises des cohortes initiales

bénéficient bien de la même baisse de taux d'imposition que celles qui entrent dans le dispositif une fois la nouvelle formule mise en place.

Il faut noter que les effets propres à la réforme sont des effets de court-terme. En effet, ils sont identifiés par les années relatives au traitement pour lesquelles certaines entreprises sont dans le nouveau régime de CIR tandis que d'autres sont encore dans l'ancien, ce qui signifie que l'estimation utilise les années relatives $d=1$ à $d=3$ pour identifier l'effet de la réforme.

La figure 4.1 représente la source de variation dans la créance CIR exploitée dans cette section. En effet, cette figure montre les coefficients estimés par année relative au recours au CIR comme dans la figure 3.12, mais estimés séparément pour chacune des cohortes entre 2004 et 2007. La figure montre ainsi très nettement l'effet de la réforme de 2008 sur la créance CIR rapportée à l'actif pour chacune de ces cohortes pour l'année relative au traitement correspondant à l'année calendaire 2008. En effet, pour la cohorte 2004, l'année $t = 0$ du recours est 2004, et l'année de la réforme de 2008 correspond donc à $t = 4$, année où l'on observe une hausse brutale de la créance. De même, la cohorte 2005 voit le saut dans sa créance CIR se produire à $t=3$, la cohorte 2006 à $t = 2$, et enfin la cohorte 2007 à $t = 1$. Cette rupture dans le montant de la créance rapporté à l'actif à différentes dates relatives au premier recours au CIR permet ainsi d'identifier séparément la dynamique autour du recours et l'effet de la réforme.

FIGURE 4.1 – Créance CIR rapportée à l’actif par année relative au premier recours, pour chaque cohorte.



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante la créance CIR rapportée à l’actif non financier en $t - 1$. Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus par étude d’événements avec des années relatives au traitement séparées par cohorte de recours, sur la période 2000-2012, par année relative au traitement. L’estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d’âge*quintile d’actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes post-2008, et une indicatrice pour le fait d’être confronté à la réforme de 2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée sur l’échantillon des entreprises appartenant (via au moins l’une des unités légales du groupe) aux secteurs dont au moins 5 % des entreprises demandent le CIR.

4.2 Résultats d’estimation sur l’échantillon des secteurs intensifs en CIR

Variables de première étape. Cette section présente les résultats d’estimation obtenus sur les principales variables dépendantes déjà analysées dans le chapitre 3.

Le tableau 4.1 présente ainsi les coefficients γ obtenus sur les variables de créance CIR rapportée à l’actif non financier de l’exercice précédent, ainsi que l’impôt sur les sociétés (IS) rapporté à l’excédent brut d’exploitation (EBE). Il indique

TABLEAU 4.1 – Effet de la réforme de 2008 – Première étape

	Créance / actif t-1		IS / EBE	
	<i>Effet de la réforme de 2008</i>	0,0974*** (0,003)	0,0994*** (0,0031)	-0,135*** (0,0073)
N obs	950k	945k	761k	756k
R ²	0,672	0,689	0,436	0,455
EF Entreprise	✓	✓	✓	✓
EF Année	✓		✓	
EF Année*Secteur*Taille*Âge		✓		✓

NOTES : Estimations réalisées en utilisant comme variables dépendantes : la créance de CIR rapportée à l’actif non financier de l’année précédente, et l’impôt sur les sociétés dû rapporté à l’excédent brut d’exploitation. L’échantillon d’estimation est celui des entreprises opérant dans des secteurs dans lesquels au moins 5 % des entreprises demandent le CIR, sur la période 2000-2012. Les estimations incluent, outre le paramètre d’intérêt, l’ensemble des coefficients d’années relatives au recours au CIR, des effets fixes entreprises et des interactions d’effets fixes année × secteur (NAF 88) × quintile de taille × quintile d’âge. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique.

que les entreprises appartenant aux cohortes CIR 2004 à 2007 bénéficient d’un surplus de créance rapportée à leur actif de près de 10 points de pourcentage, ce qui se compare à un effet initial légèrement inférieur à 5 points d’actif, soit presque un triplement de la créance, ce qui est relativement cohérent avec la variation nominale du taux du crédit d’impôt.

De manière analogue, le coefficient associé à la réforme de 2008 sur le taux implicite d’imposition des entreprises est d’environ 13 points de pourcentage. Ceci signifie que la réforme de 2008 a eu un effet supplémentaire de -13 points de pourcentage sur le taux d’imposition des entreprises, ce qui s’additionne à l’effet au moment du recours de 8 points, et est cohérent avec l’effet supérieur à 20 points obtenu pour les cohortes 2008-2016.

Les effets de la réforme de 2008 sur les variables de première étape que sont la créance et le taux d’imposition s’établissent donc à environ 2 fois l’effet initial du recours, et nous paraissent bien refléter l’effet causal du triplement (soit +200 %) du taux nominal de la partie en volume du CIR. Ce cadre économétrique nous paraît donc à même de capter un effet causal de l’augmentation du taux du CIR sur les variables reflétant la dépense de R&D ou la performance économique des entre-

prises traitées, tout en vérifiant que les effets par année relative au traitement sont bien qualitativement conformes aux effets estimés dans la section 3.2. En outre, les coefficients identifiant l'impact sur les variables de première étape témoignent d'une très faible sensibilité à l'introduction d'un grand nombre d'effets fixes permettant de contrôler pour des évolutions différentielles entre secteurs et catégories de taille et d'âge. Nous adoptons donc cette spécification dite saturée par la suite.

TABLEAU 4.2 – Effet de la réforme de 2008 – Variables de R&D

	Nombre d'ingénieurs (log)	Probabilité du nombre d'ingénieurs				Ingénieurs part des salaires	Probabilité dépôt brevet
		≥ 1	≥ 3	≥ 5	≥ 10		
<i>Effet de la réforme de 2008</i>	0,0212 (0,0135)	0,0239*** (0,0068)	0,0125** (0,006)	0,0093* (0,0053)	0,0047 (0,0043)	0,0013 (0,0031)	-0,002 (0,0045)
N obs	427k	990k	990k	990k	990k	908k	878k
R ²	0,838	0,519	0,694	0,726	0,746	0,571	0,426
EF Entreprise	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EF Année*Secteur*Taille*Âge	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

NOTES : Estimations réalisées en utilisant comme variables dépendantes : le log des heures travaillées par des ingénieurs, la probabilité d'employer plus de 1,3,5 10 ingénieurs, la part des heures travaillées dans l'entreprise par des ingénieurs, la probabilité de déposer une demande de brevet à l'INPI ou à l'OEB. L'échantillon d'estimation est celui des entreprises opérant dans des secteurs dans lesquels au moins 5 % des entreprises demandent le CIR, sur la période 2000-2012. Les estimations incluent, outre le paramètre d'intérêt, l'ensemble des coefficients d'années relatives au recours au CIR, des effets fixes entreprises et des interactions d'effets fixes année × secteur (NAF 88) × quintile de taille × quintile d'âge. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique.

Variables d'activité de R&D. Le tableau 4.2 présente les résultats obtenus dans le même cadre économétrique que précédemment en utilisant pour variables dépendantes différentes variables reflétant l'activité de R&D de l'entreprise. On observe ainsi que le log du nombre d'ingénieurs témoigne d'une augmentation qui est presque significative et se situe autour de 2 %. On observe en revanche des augmentations significatives de la probabilité de compter au moins 1, 3 et 5 ingénieurs, représentant respectivement des hausses de 2, 4 ; 1, 2 et 0, 9 points de pourcentage. Ces effets causaux représentent entre la moitié et le tiers des effets estimés à t=0 dans l'étude d'événements pour ces cohortes, alors que les effets de première étape sont environ deux fois plus forts.

Ces augmentations du nombre d'ingénieurs au sein de l'entreprise ne se traduisent néanmoins pas par une augmentation de leur part dans la masse salariale :

l'effet estimé sur cette part est très proche de 0 et non significatif. Ceci signifie que l'augmentation de la créance de CIR permet aux entreprises de grossir en termes d'effectifs, mais pas d'augmenter leur intensité de R&D. Ces résultats signalent donc un effet causal de l'augmentation de la créance CIR sur le niveau de l'emploi ingénieur dans l'entreprise, mais suggère que cet effet n'est pas spécifique aux ingénieurs, et que l'ensemble de la masse salariale augmente à cause de cette augmentation de CIR. De manière analogue, on n'observe aucun effet supplémentaire sur la probabilité de déposer un brevet. Ceci pourrait néanmoins s'expliquer à la fois par le délai nécessaire à la conception d'inventions sous-jacentes à de nouveaux brevets et par d'éventuels changements dans la qualité des brevets.

Variables d'activité de l'entreprise. L'augmentation en niveau mais pas en part de l'emploi d'ingénieurs suggère une augmentation de la taille des entreprises due à l'augmentation de la créance de CIR. Ceci rend donc naturelle l'étude de l'impact de la réforme de 2008 sur des agrégats comptables. Le tableau 4.3 présente les effets sur de telles variables.

TABLEAU 4.3 – Effet de la réforme de 2008 – Variables d'activité de l'entreprise

	Taux investissement		VA (log)	Salaires / VA	PTF	CA (log)	Exports / CA
	Total	Incorporel					
<i>Effet de la réforme de 2008</i>	0,002 (0,0053)	0,0035*** (0,001)	0,0169 (0,0151)	0,0163*** (0,0031)	-0,0447*** (0,0116)	0,149*** (0,0395)	0,0015 (0,0028)
N obs	945k	945k	934k	934k	834k	990k	962k
R ²	0,371	0,37	0,848	0,594	0,981	0,622	0,791
EF Entreprise	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EF Année*Secteur*Taille*Âge	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

NOTES : Estimations réalisées en utilisant comme variables dépendantes : le taux d'investissement total (taux de variation des immobilisations non financières), le taux d'investissement incorporel, le log de la valeur ajoutée (HT), les salaires (au coût du travail) rapportés à la valeur ajoutée, la productivité totale des facteurs, le log du chiffre d'affaires, la part des ventes réalisées à l'export (exports / CA). L'échantillon d'estimation est celui des entreprises opérant dans des secteurs dans lesquels au moins 5 % des entreprises demandent le CIR, sur la période 2000-2012. Les estimations incluent, outre le paramètre d'intérêt, l'ensemble des coefficients d'années relatives au recours au CIR, des effets fixes entreprises et des interactions d'effets fixes année × secteur (NAF 88) × quintile de taille × quintile d'âge. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique.

On observe ainsi que la réforme du CIR de 2008 n'a pas eu d'effet sur le taux d'investissement des entreprises lorsque l'ensemble des immobilisations non-corporelles sont considérées, mais qu'il a en revanche augmenté l'investissement incorporel.

Ceci peut refléter par exemple l'acquisition de logiciels, ou la valorisation à l'actif de brevets.

En outre, on ne mesure pas d'impact significatif de la réforme de 2008 sur la valeur ajoutée des entreprises bénéficiaires, mais on mesure néanmoins des effets sur son allocation. Ainsi, on observe une forte hausse de la part des salaires (mesurés au coût du travail) dans la valeur ajoutée. En symétrique, on obtient un impact négatif sur la productivité totale des facteurs. Cet effet est similaire à celui mesuré dans la section 3.3 : la PTF étant une mesure de la VA nette des coûts du travail et du capital, ces deux effets sont logiquement le miroir l'un de l'autre. Ils révèlent donc un impact de l'augmentation de la créance CIR sur l'intensité en facteur travail des entreprises, ce qui se traduit à court-terme par une baisse de productivité puisque la VA augmente moins vite que la masse salariale.

De manière assez surprenante, on observe néanmoins une hausse du chiffre d'affaires des entreprises causée par la réforme du CIR, qui est très importante puisqu'elle représente une hausse de près de 15 % des ventes. L'interprétation jointe de cet effet important sur le chiffre d'affaires combiné à un effet nul sur la valeur ajoutée n'est pas aisée. Il faut néanmoins resituer le contexte de ces entreprises, pour lesquelles on a mesuré une hausse de CA supérieure à 30 % l'année du recours au CIR. Ce sont donc des entreprises particulièrement dynamiques sur des sentiers de croissance élevés, et qui sont donc susceptibles de voir augmenter leurs ventes de manière considérable en termes relatifs. Si cette hausse reflète une accélération de la production, elle peut s'accompagner d'une hausse des consommations intermédiaires nécessaires à la production qui serait à même d'expliquer l'absence d'effet sur la valeur ajoutée.

L'interprétation générale que nous faisons de l'impact de la réforme de 2008 sur les entreprises qui en bénéficient est celle d'une hausse générale de leur taille, et d'une accélération de leur développement commercial grâce à la hausse de la créance CIR perçue, à travers une augmentation de leur masse salariale en gar-

dant constante leur intensité de R&D, ainsi qu’une forte augmentation des ventes et des consommations intermédiaires. L’obtention du CIR semble agir sur l’entreprise comme si elle desserrait ses contraintes de croissance sans l’inciter particulièrement à innover. En effet, en présence de contraintes de crédit, l’obtention de la somme correspondant au CIR rend possibles certaines décisions d’investissement, y compris celles qui ne relèvent pas directement de l’effort en R&D—tout en étant possiblement lié indirectement à des activités innovantes (achats de logiciels par exemple). Cette hypothèse d’un canal proprement financier du CIR appelle donc naturellement à une décomposition des estimations selon la taille des entreprises, tant les entreprises plus petites souffrent en général plus de contraintes financières, en particulier en période de crise.

4.3 Décomposition des effets par taille d’entreprise

Dans cette section, nous nous intéressons à l’hétérogénéité des effets que nous mesurons selon la taille des entreprises recourant au CIR. Les régressions utilisant pour unité d’observation le groupe économique, des groupes d’une taille considérable ont le même poids dans l’estimation qu’une microentreprise. Ceci signifie que les effets mesurés précédemment proviennent au premier chef des petites entreprises, puisque ces dernières sont bien plus nombreuses que les grandes. Nous utilisons ici une décomposition selon la taille de l’entreprise en 2003, soit l’année précédant l’année de recours pour la première cohorte CIR de l’échantillon. Nous suivons la définition LME des tailles d’entreprises et regroupons micro-entreprises et PME d’une part ; ETI et grandes entreprises d’autre part.

Le tableau 4.4 présente les effets sur la charge fiscale distingués par taille d’entreprise. On observe des effets de plus grande ampleur pour les petites entreprises que pour les grandes, ce qui s’explique aisément par le fait que le dénominateur de nos variables de première étape (qu’il s’agisse des actifs non financiers ou de

TABLEAU 4.4 – Effet de la réforme de 2008 par tailles d’entreprises, variables de première étape

(a) Micro-entreprises et PME

	Créance / actif t-1		IS / EBE	
<i>Effet de la réforme de 2008</i>	0,106*** (0,0033)	0,106*** (0,0034)	-0,144*** (0,0079)	-0,142*** (0,0079)
N obs	910k	906k	731k	727k
R ²	0,681	0,697	0,436	0,456
EF Entreprise	✓	✓	✓	✓
EF Année	✓		✓	
EF Année*Secteur*Taille*Âge		✓		✓

(b) ETI et grandes entreprises

	Créance / actif t-1		IS / EBE	
<i>Effet de la réforme de 2008</i>	0,0289*** (0,005)	0,0344*** (0,0053)	-0,0346* (0,0189)	-0,035 (0,0223)
N obs	39,2k	35,8k	29,6k	26,5k
R ²	0,495	0,593	0,435	0,527
EF Entreprise	✓	✓	✓	✓
EF Année	✓		✓	
EF Année*Secteur*Taille*Âge		✓		✓

NOTES : Estimations réalisées en utilisant comme variables dépendantes : la créance de CIR rapportée à l’actif non financier de l’année précédente, et l’impôt sur les sociétés dû rapporté à l’excédent brut d’exploitation. L’échantillon d’estimation est celui des entreprises opérant dans des secteurs dans lesquels au moins 5 % des entreprises demandent le CIR, sur la période 2000-2012. Les estimations incluent, outre le paramètre d’intérêt, l’ensemble des coefficients d’années relatives au recours au CIR, des effets fixes entreprises et des interactions d’effets fixes année × secteur (NAF 88) × quintile de taille × quintile d’âge. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Le tableau (a) est réalisé à partir de l’échantillon des entreprises classées comme micro-entreprises ou PME en 2003, le tableau (b) à partir de l’échantillon des ETI et grandes entreprises en 2003.

l’excédent brut d’exploitation) sont beaucoup plus importants pour les grandes entreprises. De manière similaire, on observe que l’effet sur le taux implicite d’imposition est de faible magnitude pour les grandes entreprises et devient même non-significatif lorsque l’on introduit les variables de contrôle, ce qui est probablement dû à la plus faible taille d’échantillon pour ce groupe. L’effet obtenu sur la créance est néanmoins très net et ne menace donc aucunement les régressions de première étape.

Le tableau 4.5 montre la décomposition par taille d’entreprise des effets sur les effectifs d’ingénieurs et les brevets. Comme attendu, on observe que les résultats

TABLEAU 4.5 – Effet de la réforme de 2008 par tailles d’entreprises, variables associées à la recherche-développement

(a) Micro-entreprises et PME

	(log) Nb ingés	Proba nb ingés				Part sal. ingés	Proba dépôt brevet
		≥ 1	≥ 3	≥ 5	≥ 10		
<i>Effet de la réforme de 2008</i>	0,0297** (0,0141)	0,0236*** (0,0075)	0,0127* (0,0065)	0,0099* (0,0058)	0,0041 (0,0044)	0,002 (0,0035)	-0,0003 (0,0046)
N obs	396k	950k	950k	950k	950k	870k	844k
R ²	0,792	0,504	0,665	0,688	0,694	0,567	0,369
EF Entreprise	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
EF Année*Secteur*Taille*Âge	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

(b) ETI et grandes entreprises

	(log) Nb ingés	Proba nb ingés				Part sal. ingés	Proba dépôt brevet
		≥ 1	≥ 3	≥ 5	≥ 10		
<i>Effet de la réforme de 2008</i>	0,0199 (0,0438)	0,0173 (0,0145)	0,0057 (0,0163)	0,016 (0,0165)	0,0239 (0,0183)	-0,0059 (0,0052)	-0,0076 (0,0182)
N obs	30,8k	37k	37k	37k	37k	35,2k	31,8k
R ²	0,878	0,674	0,779	0,793	0,796	0,817	0,603
EF Entreprise	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
EF Année*Secteur*Taille*Âge	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

NOTES : Estimations réalisées en utilisant comme variables dépendantes : le log des heures travaillées par des ingénieurs, la probabilité d’employer plus de 1,3,5 10 ingénieurs, la part des heures travaillées dans l’entreprise par des ingénieurs, la probabilité de déposer une demande de brevet à l’INPI ou à l’OEB. L’échantillon d’estimation est celui des entreprises opérant dans des secteurs dans lesquels au moins 5 % des entreprises demandent le CIR, sur la période 2000-2012. Les estimations incluent, outre le paramètre d’intérêt, l’ensemble des coefficients d’années relatives au recours au CIR, des effets fixes entreprises et des interactions d’effets fixes année × secteur (NAF 88) × quintile de taille × quintile d’âge. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Le tableau (a) est réalisé à partir de l’échantillon des entreprises classées comme micro-entreprises ou PME en 2003, le tableau (b) à partir de l’échantillon des ETI et grandes entreprises en 2003.

des micro-entreprises et PME sont très proches des résultats généraux, ce qui est simplement dû à leur part importante dans l’échantillon total. Les estimations effectuées sur l’échantillon des grandes entreprises sont non significatifs, malgré des valeurs prises par les coefficients relativement proches de celles obtenues pour le reste de l’échantillon en ce qui concerne le log du nombre d’ingénieurs. Vu la précision des estimations des régressions de première étape, ceci suggère une variance importante dans les réponses apportées par les entreprises à ce changement de taux. Les probabilités d’employer plus de n ingénieurs ont des coefficients associés très petits pour les seuils faibles, ce qui peut simplement provenir du fait que

la moyenne de ces probabilités est déjà très proche de 1. La probabilité d'employer plus de 10 ingénieurs est elle positive et proche d'être significative au seuil de 10 %. On peut néanmoins rejeter avec plus de confiance qu'il existe un quelconque effet de la réforme sur l'intensité d'ingénieurs ou la probabilité de déposer un brevet par les grandes entreprises, puisque le coefficient estimé pour ces variables dépendantes est négatif et non significatif.

TABLEAU 4.6 – Effet de la réforme de 2008 par tailles d'entreprises, variables d'activité de l'entreprise

(a) Micro-entreprises et PME

	Taux investissement		VA (log)	Salaires / VA	PTF	CA (log)	Exports / CA
	Total	Incorporel					
<i>Effet de la réforme de 2008</i>	0,0026 (0,0059)	0,0036*** (0,0011)	0,0158 (0,0161)	0,0187*** (0,0033)	-0,0515*** (0,0125)	0,133*** (0,0426)	0,0012 (0,0031)
N obs	906k	906k	896k	896k	800k	950k	923k
R ²	0,374	0,373	0,822	0,589	0,981	0,601	0,788
EF Entreprise	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EF Année*Secteur*Taille*Âge	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

(b) ETI et grandes entreprises

	Taux investissement		VA (log)	Salaires / VA	PTF	CA (log)	Exports / CA
	Total	Incorporel					
<i>Effet de la réforme de 2008</i>	-0,0142 (0,012)	-0,0007 (0,0025)	0,0367 (0,0532)	-0,0021 (0,0108)	0,019 (0,0367)	0,151 (0,122)	0,0064 (0,0079)
N obs	35,8k	35,8k	34,8k	34,8k	31,9k	37k	36k
R ²	0,342	0,41	0,895	0,729	0,987	0,727	0,859
EF Entreprise	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EF Année*Secteur*Taille*Âge	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

NOTES : Estimations réalisées en utilisant comme variables dépendantes : le taux d'investissement total (taux de variation des immobilisations non financières), le taux d'investissement incorporel, le log de la valeur ajoutée (HT), les salaires (au coût du travail) rapportés à la valeur ajoutée, la productivité totale des facteurs, le log du chiffre d'affaires, la part des ventes réalisées à l'export (exports / CA). L'échantillon d'estimation est celui des entreprises opérant dans des secteurs dans lesquels au moins 5 % des entreprises demandent le CIR, sur la période 2000-2012. Les estimations incluent, outre le paramètre d'intérêt, l'ensemble des coefficients d'années relatives au recours au CIR, des effets fixes entreprises et des interactions d'effets fixes année × secteur (NAF 88) × quintile de taille × quintile d'âge. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Le tableau (a) est réalisé à partir de l'échantillon des entreprises classées comme micro-entreprises ou PME en 2003, le tableau (b) à partir de l'échantillon des ETI et grandes entreprises en 2003.

Le tableau 4.6 présente la même décomposition pour les variables comptables reflétant l'activité générale des entreprises. On observe à nouveau, pour les petites entreprises, une hausse du taux d'investissement incorporel, de la part des salaires dans la valeur ajoutée associée à la baisse logique de la productivité, ainsi qu'une forte hausse du chiffre d'affaires. Si l'on peut rejeter avec une relative confiance

que de tels effets sur l'investissement ou l'intensité en facteur travail se produisent dans les grandes entreprises, le coefficient mesuré sur le log du chiffre d'affaires pour ce dernier groupe est proche de celui estimé pour les Micro et PME, et seulement estimé moins précisément. Ceci suggère donc une expansion du chiffre d'affaires dont auraient également bénéficié une part importante des grandes entreprises. Une explication possible à cet effet sur les ventes est qu'il reflète une plus grande résistance des entreprises bénéficiaires de la réforme du CIR à la crise de 2008. La facilité financière que constitue le CIR a en effet très certainement pu desserrer les contraintes de financement pour certaines entreprises, y compris celles de taille moyenne, dans la période de crise financière qui a suivi la réforme du CIR en 2008.

Globalement, la décomposition des effets par taille suggère un impact de l'augmentation du taux du CIR de moindre ampleur sur les variables relatives à l'activité économique des grandes entreprises que sur celles des micro-entreprises et PME.

CHAPITRE 5

CONTRÔLE A POSTERIORI DU CIR ET DYNAMIQUE DU RECOURS AU DISPOSITIF

Dans ce chapitre, nous utilisons les contrôles fiscaux a posteriori au titre du CIR, ce qui est externe au processus de décision propre à l'entreprise, comme source de variation dans la décision de recourir au CIR (marge extensive). Ces contrôles sont initiés par l'administration fiscale dans le cadre de la vérification de la comptabilité des entreprises. Afin de déterminer le bien-fondé de l'éligibilité des dépenses, l'administration fiscale vérifie ainsi si le projet de l'entreprise est effectivement éligible en faisant appel à des experts via le MESRI. Sur la base des données du MESRI, nous pouvons repérer les bénéficiaires du CIR faisant l'objet d'un contrôle ayant donné lieu à une mobilisation du MESRI et un avis d'expert.

Le contrôle du CIR pouvant constituer une formalité administrative relativement lourde pour l'entreprise et résulter en un avis défavorable, il est plausible que faire l'objet d'un contrôle puisse décourager les entreprises de demander le CIR au cours des exercices suivant l'année de contrôle du CIR. Naturellement, cet effet de découragement au recours est certainement d'autant plus fort si les entreprises ont obtenu un avis défavorable.

Sur la base des données disponibles, nous sommes en mesure d'analyser les

dynamiques de recours au CIR avant et après un contrôle parmi les entreprises contrôlées par rapport à un groupe « témoin » d'entreprises bénéficiaires du CIR n'ayant pas fait l'objet de contrôle. L'intérêt de la démarche est de pouvoir utiliser des entreprises ayant décidé d'avoir recours au CIR comme groupe de contrôle, ce qui permet en principe de neutraliser une partie des dynamiques très spécifiques aux entreprises décidant d'entrer dans le dispositif telles qu'elles ont été documentées dans le chapitre 3. Les limites de la démarche sont d'une part que les contrôles puissent être endogènes et/ou n'avoir aucun effet sur le recours et d'autre part que les résultats obtenus, même si non-biaisés du point de vue de la validité interne, se seront pas représentatifs des effets potentiels sur l'ensemble de la population des bénéficiaires du CIR. Néanmoins, dans la mesure où, comme c'est plus probable, les entreprises contrôlées souffrent autant que les autres de contraintes de crédit, l'expérience du retrait forcé du CIR peut nous informer sur l'importance du canal financier du CIR.

Le chapitre est organisé de la façon suivante. Dans un premier temps, nous décrivons le contexte institutionnel (5.1) ainsi que les données du MESRI utilisées dans ce chapitre (5.2). Nous détaillons ensuite l'approche empirique en détail (5.3). Nous commentons des statistiques descriptives relatives à l'échantillon d'estimation (groupe de traitement et de contrôle) ainsi qu'aux facteurs observables prédictifs de faire l'objet d'un contrôle et d'obtenir un avis défavorable (5.4). Les résultats sont présentés et commentés dans la section 5.5.

5.1 Description du contexte institutionnel

Le contrôle a posteriori du CIR. Le CIR étant une mesure déclarative, la contrepartie est le contrôle qui est initié par l'administration fiscale dans le cadre de la vérification de la comptabilité de l'entreprise. Lorsque les services fiscaux effectuent un contrôle fiscal au sein d'une entreprise qui a effectué dans le passé des

travaux de R&D et les a déclarés comme étant des dépenses éligibles au CIR, ils sont également susceptibles de vérifier la réalité de l'affectation à la recherche de ces dépenses¹.

Ils font alors appel aux compétences scientifiques et techniques du Ministère de la Recherche (MESRI) pour l'appréciation des travaux de R&D. L'examen des dossiers de demande de CIR, confié à des experts scientifiques, consiste à (i) déterminer si les projets contiennent des travaux de R&D éligibles au sens du CIR, (ii) vérifier que le personnel affecté aux opérations de R&D possède le niveau de qualification requise.

L'administration fiscale peut s'adresser au MESRI ou aux DRRT en région. À ce titre, le BOI-BIC-RICI-10-10-60-20 § 160 précise que lors d'une vérification du CIR, « l'administration fiscale sollicite l'avis du MESRI ou de ses services toutes les fois où l'appréciation du caractère scientifique des travaux apparaît nécessaire ».

L'analyse présentée dans cette section s'appuie sur les données des contrôles impliquant le MESRI. Nous présentons les données ci-dessous.

Le rôle des experts. Le MESRI assure une fonction de vérification de l'éligibilité des dépenses déclarées. À cette fin, le ministère dispose d'une capacité d'expertise interne (*experts référents CIR*) et d'un réseau d'experts externes. Ces experts externes sont typiquement des personnes impliquées dans des activités de recherche publique, c'est-à-dire employés dans des organismes de recherche publics (CNRS, CEA, INRAE,...) ou bien des établissements d'enseignement supérieur (université, CHU, etc.).

L'expert travaille principalement à partir d'un dossier justificatif en sa possession. Ce dossier justificatif est constitué par l'entreprise, normalement tout au long

1. Lorsqu'une entreprise demande à bénéficier du CIR, elle remplit une demande qui est examinée par les services instructeurs de la DGFIP et du Mesri. A ce stade, il s'agit de vérifier si le projet de l'entreprise est éligible ou non au CIR et il ne s'agit pas d'un contrôle au sens fiscal du terme. Un certain nombre de dossiers sont rejetés a priori. Ici, nous nous concentrons sur les contrôles a posteriori du CIR.

de l'année à l'issue de laquelle l'entreprise souhaite déclarer des dépenses de R&D. Le dossier contient en particulier une description de l'état de l'art et de la nature expérimentale des travaux de R&D réalisés. Cette description est étayée par des indicateurs de R&D liés à des productions scientifiques (brevets, publications scientifiques) et l'obtention de financements scientifiques (projets européens ou ANR) ou encore l'embauche de doctorants Cifre.

À partir de ce dossier, l'expert cherche à déterminer si les travaux réalisés correspondent à des opérations de R&D. Cela implique d'évaluer d'une part le caractère scientifique de la démarche et d'autre part la mesure dans laquelle les moyens humains et matériels mis en place par l'entreprise pour les réaliser sont appropriés.

5.2 Données

Données sur les contrôles du CIR. Le MESRI nous a fait parvenir une liste de contrôles ainsi que, pour la plupart des contrôles, l'avis de l'expert sollicité par le MESRI. Pour chaque contrôle, nous connaissons le code siren de l'entreprise dont le CIR est contrôlé, les dates du contrôle ainsi que les exercices qui ont fait l'objet du contrôle.

Nous retenons principalement deux variables de cette base : l'année de début du contrôle², et le caractère défavorable du contrôle. Nous définissons un avis comme « défavorable » si l'avis recueilli est défavorable à 70 % ou plus ou bien si il est favorable à 30 % ou moins. Le tableau 5.1 présente le nombre de contrôles par année ainsi que le taux d'avis défavorables, avant tout appariement avec le reste des bases utilisées dans l'analyse. Le taux d'avis défavorables fluctue autour de 20 % par an depuis 2011.

2. Cette année est déterminée à partir de la date se trouvant sur la lettre de saisine reçue des impôts (qui marque l'ouverture d'un dossier côté MESRI).

TABLEAU 5.1 – Nombre de contrôles par an depuis 2008 et part d’avis défavorables

Année du contrôle	Nombre de contrôle	% d’avis défavorables
2008	178	9,0%
2009	361	13,9%
2010	644	12,9%
2011	839	19,7%
2012	1116	28,0%
2013	1307	28,5%
2014	690	22,3%
2015	722	18,0%
2016	865	15,7%
2017	776	20,4%
2018	689	22,6%

SOURCES : MESRI (fichier contrôles).

NOTES : Cette table présente le nombre de contrôle dans la base MESRI contrôles par année (année de début de contrôle) ainsi que la part des contrôles ayant un avis défavorable. Ces statistiques sont réalisées avant tout appariement avec les bases MVC, BIC-RN et DADS.

Appariement des bases. Les autres bases de données sont comparables à celles utilisées dans l’estimation des études d’événements (chapitre 3). Une différence est que l’analyse est faite ici au niveau du groupe fiscal. Compte tenu de la nature fiscale des contrôles effectués sur le CIR, cette unité d’observation semble la plus naturelle. Afin de constituer la base d’estimation nous procédons de la façon suivante :

1. Nous considérons l’ensemble des bénéficiaires du CIR présents dans le fichier MVC.
2. Nous constituons un panel de groupes fiscaux à partir des données BIC-RN en suivant des règles de consolidation identiques à celles suivies lors de la constitution des groupes économiques (voir chapitre 3 **construction de l’échantillon**) mais en suivant le périmètre des groupes fiscaux tel que documenté dans le fichier PERIM. Nous appariions cette base aux DADS postes agrégés au même niveau.
3. Après avoir apparié le panel BIC-RN/DADS avec le fichier MVC, nous documentons les contrôles CIR via le fichier du MESRI en effectuant un appa-

riement sur la base du SIREN et de l'année de début du contrôle. Un groupe fiscal sera considéré comme ayant fait l'objet d'un contrôle CIR une année donnée si au moins une unité légale qui lui appartient est reportée dans la base des contrôles du MESRI.

Nous restreignons notre analyse sur les entreprises entrant dans le dispositif CIR à partir de 2008. Cet échantillon est donc le plus directement comparable à celui utilisé pour les études d'événements sur les cohortes 2008–2016 (section 3.2, chapitre 3).

5.3 Approche empirique

5.3.1 Appariement

Nous cherchons à documenter les effets d'être contrôlé et éventuellement d'obtenir un avis défavorable sur le recours des entreprises au dispositif et ensuite sur leur comportement et performance.

Faire l'objet d'un contrôle, désigné ci-après comme le traitement, a lieu à des moments différents pour chaque entreprise. Il est donc approprié de mettre en place une procédure d'appariement séparément pour chaque événement. La date pertinente est donc l'année relative au contrôle de l'entreprise. Nous indiquons t_{i0} la date à laquelle l'entreprise i est traitée et d le nombre de périodes relatives à cet événement lors de l'année calendaire t (on a donc $d \equiv t - t_{i0}$).

Nous procédons à un appariement sur la base d'observations pour une entreprise observée dans une année calendaire donnée et à $d = -2$ par rapport au traitement. Nous excluons du groupe témoin potentiel toute entreprise traitée lors de la période d'estimation (2008-2017). Dès lors, le groupe témoin pour l'entreprise i inclut potentiellement l'ensemble des entreprises jamais traitées (absence de contrôle de CIR), ayant demandé le CIR pour la première fois à partir de 2008

et présente dans la base de donnée issus des appariements des bases BIC-RN et DADS lors de l'année calendaire $t_{i0} - 1$.

En ce qui concerne les détails de l'appariement, nous combinons deux approches : (i) un appariement exact sur des variables catégorielles ou bien discrétisées – c'est-à-dire initialement continues mais rendues catégorielles via discrétisation (*coarsening*)–, (ii) un appariement sur la base de la distance entre variables continues.

L'appariement exact sur variables catégorielles s'appuie sur les caractéristiques suivantes :

1. Taille de l'entreprise en termes d'effectifs (10 quantiles)
2. Âge de l'entreprise (10 quantiles)
3. Secteur (NAF rev. 2, 2 digit)
4. Année de recours au CIR pour la première fois

Suite à cette procédure, certaines entreprises traitées sont associées à un grand nombre d'entreprises de contrôle. Au contraire, certaines entreprises traitées présentent une combinaison de variables discrètes qui ne correspond à aucune entreprise contrôle. Dans ce cas d'absence de « support commun », les entreprises ne sont pas incluses dans l'échantillon d'estimation.

Une fois l'appariement exact réalisé, nous limitons le nombre maximal d'entreprise contrôles par entreprise traitée à 10 en sélectionnant les plus proches voisins en termes d'âge.

5.3.2 Spécification principale : Double différence statique

L'équation d'estimation principale s'écrit de la façon suivante :

$$Y_{it} = \beta \times \mathbf{1}\{t \geq t_{0,g(i)}\} \times \mathbf{1}\{T_i = 1\} + \alpha_i + \psi_{g(i),t} + \varepsilon_{it}, \quad (5.1)$$

où $g(i)$ est le groupe d'entreprises appariées auquel l'entreprise i est associée et T_i est égal à 1 si l'entreprise est traitée (contrôlée). Le but est d'utiliser la variation dans le traitement au sein des groupes d'entreprises appariées g mais pas entre groupes. À cette fin, nous incluons un effet fixe groupe-année dénoté $\psi_{g(i),t}$ ³. Nous regroupons les erreurs-types au niveau de l'entreprise afin de répondre aux problèmes d'auto-corrélation des erreurs entre périodes (Bertrand et al., 2004) mais aussi pour prendre en compte le fait que certaines entreprises témoins peuvent remplir ce rôle plusieurs fois – même si ce cas de figure est rare. Nous restreignons notre échantillon d'estimation à une fenêtre de 2 ans avant et 4 ans après l'événement.

5.3.3 Spécification supplémentaire : Double différence dynamique

L'équation d'estimation principale s'écrit de la façon suivante :

$$Y_{it} = \sum_{\substack{d=4 \\ d=-4 \\ d \neq -2}}^{d=4} \beta_d \times \mathbf{1}\{t = d + t_{0,g(i)}\} \times \mathbf{1}\{T_i = 1\} + \alpha_i + \psi_{t,g(i)} + \varepsilon_{it}, \quad (5.2)$$

où la principale différence vis-à-vis de l'équation (5.1) est d'autoriser l'effet à varier au cours du temps avec l'inclusion de *lags* ainsi que de détecter de potentiels tendances différentielles avec l'inclusion de *leads*.

5.4 Statistiques descriptives

Description des échantillons appariés. Le tableau 5.4 présente des statistiques descriptives concernant les entreprises appariées incluses dans l'échantillon d'estimation en distinguant l'ensemble des entreprises contrôlées (colonnes de droite), celles dont le contrôle résulte en un avis défavorable (colonnes du milieu) et les

3. Voir par exemple Dube et al. (2010), équation (6), pour une spécification proche.

entreprises non-traitées (colonnes de droite). On constate que le nombre d'entreprises incluses dans les deux groupes de traitement est faible, en partie du fait du nombre limité de contrôles et en particulier d'avis défavorables, et également du fait que certaines entreprises traitées présentent une combinaison des valeurs des variables catégorielles utilisées dans l'appariement exact qui ne correspondent à aucune entreprise témoin potentielle. En l'absence de support commun ces entreprises sont exclues de l'analyse. Notre échantillon contient finalement 1010 entreprises contrôlées dont 256 connaissent un avis défavorable. Le nombre d'entreprises distinctes dans le groupe témoin est proche de 2 fois celui des entreprises traitées. Nous constatons que les différences en termes notamment de part des ingénieurs, de propension à embaucher un ingénieur ou encore de taux d'investissement (investissement non financier rapporté à la valeur ajoutée) sont globalement assez comparables entre les groupes (1) et (2) d'une part et le groupe de contrôle (3). Notons que les variables décrites ici ne sont pas directement utilisées dans la procédure d'appariement. Nous limitons l'échantillon en termes de date relativement au traitement en ne conservant les observations que de $d = -2$ à $d = +4$.

TABLEAU 5.2 – Statistiques descriptives concernant les échantillons appariés

	(1)			(2)			(3)		
	Moyenne	p50	p90	Moyenne	p50	p90	Moyenne	p50	p90
Ln(VA)	14.42	14.21	16.88	14.26	14.15	16.39	14.32	14.06	17.13
Fraction ingénieurs	0.31	0.17	0.87	0.30	0.17	0.80	0.30	0.16	0.86
Embauche ingénieurs	0.47	0.00	1.00	0.45	0.00	1.00	0.45	0.00	1.00
Taux d'imposition implicite	-0.13	-0.00	0.29	-0.11	0.00	0.29	-0.04	0.03	0.30
Inv./VA	0.04	0.01	0.11	0.04	0.01	0.11	0.05	0.01	0.14
Div. / VA	0.04	0.00	0.11	0.04	0.00	0.12	0.04	0.00	0.12
Observations	1010			256			2287		

NOTES : Cette table présente des statistiques descriptives sur les échantillons appariés. Le traitement est défini comme le fait pour une entreprise d'être de faire l'objet d'un contrôle a posteriori du CIR. (1) Contrôlé : entreprises ayant fait l'objet d'un contrôle du CIR. (2) Contrôlé avec avis défavorables : entreprises ayant fait l'objet d'un contrôle du CIR et dont le premier contrôle a donné lieu à un avis défavorable. (3) Le groupe de contrôle est un ensemble de bénéficiaire du CIR n'ayant pas fait l'objet de contrôle au cours de la période 2008-2017 et présentant des caractéristiques observables communes aux entreprises traitées (voir section 5.3.1 pour une description détaillée de la procédure d'appariement).

La table 5.3 présente la distribution de l'écart entre l'année de premier recours au CIR et l'année du premier contrôle du CIR. On constate que la distribution de

cet écart est unimodale avec un mode à +4.

TABLEAU 5.3 – Distribution de l'écart entre l'année de premier recours au CIR et l'année du premier contrôle CIR (en années)

Écart contrôle / recours	% d'entreprise traités
0	0,73%
1	5,87%
2	12,22%
3	14,91%
4	16,54%
5	11,94%
6	9,98%
7	9,45%
8	7,78%
9	6,28%
10	4,28%

NOTES : Cette table présente la distribution de l'écart entre l'année de premier recours au CIR et l'année du premier contrôle du CIR au sein de l'échantillon apparié (voir section 5.3.1 pour le détail de l'appariement). *Lecture* : On constate que 14,91 % des entreprises dans l'échantillon d'estimation ont fait l'objet d'un contrôle CIR pour la première fois 3 ans après leur première année de recours.

Déterminants des contrôles et des avis défavorables. Afin de comprendre les déterminants des contrôles fiscaux, nous estimons un modèle de probabilité linéaire visant à expliquer la probabilité pour une entreprise de faire l'objet d'un contrôle du CIR. L'équation s'écrit de la façon suivante :

$$\text{Contrôle}_{i,t+1} = \mathbf{x}'_{it}\boldsymbol{\beta} + \psi_t + \varepsilon_{it}.$$

La variable concernant le contrôle est mesurée en $t+1$ et est expliquée par les caractéristiques de l'entreprise à la date t . Les résultats sont présentés au sein du tableau 5.4. Dans la colonne (1), on constate que le fait de présenter un revenu fiscal négatif ou bien un impôt négatif prédisent positivement la probabilité de contrôle. Ces résultats sont cohérents avec l'idée que les entreprises qui bénéficient d'un

versement direct du CIR via une restitution plutôt que via une imputation sur le montant de leur impôt sur les sociétés sont plus susceptibles d'être contrôlées. La fraction de l'emploi représentée par des ingénieurs est également positivement corrélée à la probabilité de contrôle. La taille de l'entreprise mesurée par la valeur ajoutée est associée à un coefficient positif mais pas l'emploi. La colonne (2) introduit le revenu fiscal et l'impôt sur les bénéfices déclarés comme variables explicatives. Les deux coefficients sont significatifs mais de signes opposés. La colonne (3) introduit une information sur le fait d'avoir recours à des cabinets de conseil lors de l'élaboration de la demande de CIR. On voit un coefficient positif. La colonne (4) contrôle simplement pour la taille de la créance CIR initialisée au titre de l'exercice en t . On constate un coefficient positif et significatif, qui tend à diminuer fortement le rôle joué par les autres mesures de taille (valeur ajoutée, revenu fiscal). Cela montre, de façon peu surprenante, que la taille de la créance est un déterminant majeur des contrôles avec un pouvoir explicatif supérieur aux autres caractéristiques des entreprises. Enfin, dans la colonne (5) on introduit des effets fixes secteurs. Ces effets fixes augmentent mécaniquement le R2 de la régression mais ne changent pas notablement le signe des coefficients estimés.

Le tableau 5.5 montre les résultats d'un modèle de probabilité linéaire où la variable dépendante est le fait d'obtenir un avis défavorable en $t + 1$. Naturellement, cette variable ne peut être égale à 1 qu'en cas de contrôle. Dès lors nous introduisons comme variable explicative le fait d'être l'objet d'un contrôle en $t + 1$. Les coefficients associés aux autres variables (valeur ajoutée, revenu fiscal, etc.) captent le pouvoir prédictif de ces variables sur le fait d'obtenir un avis défavorable conditionnellement au fait d'être contrôlé. Contrairement au tableau précédent, peu de coefficients sont significatifs. Globalement, les prédicteurs les plus robustes d'obtenir un avis défavorable sont la part des ingénieurs dans l'emploi et la taille de la créance CIR qui sont toutes les deux négativement corrélées à la probabilité d'obtenir un avis défavorable. Le fait que la part des ingénieurs soit

TABLEAU 5.4 – Analyses des prédicteurs de faire l’objet d’un contrôle

	Probabilité d’être contrôlé à t+1				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Revenu fiscal négatif	0.00917*** (0.00134)	0.0124*** (0.00324)	0.0124*** (0.00324)	0.00248 (0.00325)	0.00386 (0.00327)
Impôt bénéfiques négatif	0.0192*** (0.00122)	-0.0367*** (0.00398)	-0.0371*** (0.00398)	-0.0194*** (0.00394)	-0.0174*** (0.00396)
Fraction ingénieurs	0.0287*** (0.00222)	0.0265*** (0.00220)	0.0262*** (0.00220)	0.0169*** (0.00220)	0.00372 (0.00249)
Ln(VA)	0.00838*** (0.000719)	0.00910*** (0.000736)	0.00905*** (0.000735)	0.00399*** (0.000739)	0.00335*** (0.000764)
Ln(Emploi)	-0.000842 (0.000769)	-0.000893 (0.000772)	-0.00106 (0.000771)	-0.00150* (0.000760)	-0.000229 (0.000780)
Revenu fiscal (asinh)		0.000432** (0.000156)	0.000426** (0.000156)	0.0000783 (0.000155)	0.000145 (0.000156)
Impôt bénéfiques déclaré (asinh)		-0.00274*** (0.000202)	-0.00274*** (0.000202)	-0.00157*** (0.000201)	-0.00146*** (0.000202)
Conseiller CIR			0.0123*** (0.00183)	0.0119*** (0.00182)	0.0119*** (0.00183)
Ln(CIR)				0.0113*** (0.000456)	0.0112*** (0.000471)
Observations	124061	124061	124061	124061	123054
# entreprises	29163	29163	29163	29163	28642
\bar{Y}	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034
R2	0.0120	0.0139	0.0144	0.0197	0.0221
Effets fixes secteur					√

NOTES : Cette table présente le résultats de l’estimation d’un modèle de probabilité linéaire. La variable d’intérêt est une indicatrice égale à 1 si l’entreprise fait l’objet d’un contrôle débutant à l’année $t + 1$. Les variables explicatives sont mesurées au cours de l’année t . L’échantillon est restreint aux entreprises déclarant un montant positif de CIR au titre de l’année t . La période d’estimation comprend les années 2008 à 2017. Les écarts-types robustes groupés au niveau de l’entreprise sont reportés entre parenthèses. Les secteurs sont définis au niveau 2-digits (NAF2 – division). \bar{Y} est la valeur moyenne de la variable dépendante au sein de l’échantillon d’estimation.

un prédicteur négatif systématiquement significatif de la probabilité d’obtenir un avis défavorable peut être interprété comme une validation indirecte de la qualité de la mesure d’ingénieurs comme proxy pour la réalisation de travaux de R&D.

Notons pour conclure que les modèles de prédiction des contrôles et avis défavorables soulignent le rôle de la taille de la créance et de la part d’ingénieurs comme facteurs prédictifs. Notons en outre que ces modèles sont estimés en coupe dans la mesure où ils n’incluent pas d’effet fixe entreprise. Dans le cadre des estimations en double-différence après appariement, l’hypothèse d’identification reposera sur la présence de *tendances communes* entre entreprises contrôlées et non contrôlées et non pas de leur similarité en niveau.

TABLEAU 5.5 – Analyses des prédicteurs d’obtenir un avis défavorable

	Probabilité d’être contrôlé à t+1				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Contrôle $t + 1$	0.159*** (0.00598)	0.159*** (0.00599)	0.159*** (0.00599)	0.160*** (0.00600)	0.160*** (0.00601)
Revenu fiscal négatif	-0.00116* (0.000496)	-0.000287 (0.00123)	-0.000288 (0.00123)	0.000970 (0.00123)	0.000973 (0.00124)
Impôt bénéfices négatif	0.000243 (0.000434)	0.00359** (0.00133)	0.00359** (0.00133)	0.00135 (0.00134)	0.00170 (0.00135)
Fraction ingénieurs	-0.00299*** (0.000778)	-0.00285*** (0.000774)	-0.00286*** (0.000774)	-0.00169* (0.000784)	-0.00218* (0.000904)
Ln(VA)	-0.000272 (0.000242)	-0.000350 (0.000247)	-0.000351 (0.000247)	0.000290 (0.000256)	0.000191 (0.000265)
Ln(Emploi)	-0.000287 (0.000271)	-0.000268 (0.000271)	-0.000271 (0.000271)	-0.000215 (0.000270)	-0.000172 (0.000280)
Revenu fiscal (asinh)		0.0000253 (0.0000586)	0.0000252 (0.0000586)	0.0000692 (0.0000584)	0.0000701 (0.0000588)
Impôt bénéfices déclaré (asinh)		0.000155* (0.0000685)	0.000155* (0.0000685)	0.00000648 (0.0000697)	0.0000258 (0.0000697)
Conseiller CIR			0.000217 (0.000719)	0.000257 (0.000719)	0.000150 (0.000723)
Ln(CIR)				-0.00144*** (0.000153)	-0.00134*** (0.000161)
Observations	124061	124061	124061	124061	123054
# entreprises	29163	29163	29163	29163	28642
\bar{Y}	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
R2	0.155	0.155	0.155	0.156	0.157
Effets fixes secteur					√

NOTES : Cette table présente le résultats de l’estimation d’un modèle de probabilité linéaire. La variable d’intérêt est une indicatrice égale à 1 si l’entreprise fait l’objet d’un contrôle débutant à l’année $t + 1$ et étant associé à un avis défavorable. Les variables explicatives sont mesurées au cours de l’année t . L’échantillon est restreint aux entreprises déclarant un montant positif de CIR au titre de l’année t . La période d’estimation est au cours de la période 2008-2017. Les écarts-types robustes groupés au niveau de l’entreprise sont reportés entre parenthèses. Les secteurs sont définis au niveau 2-digits (NAF2 – division). \bar{Y} est la valeur moyenne de la variable dépendante au sein de l’échantillon d’estimation.

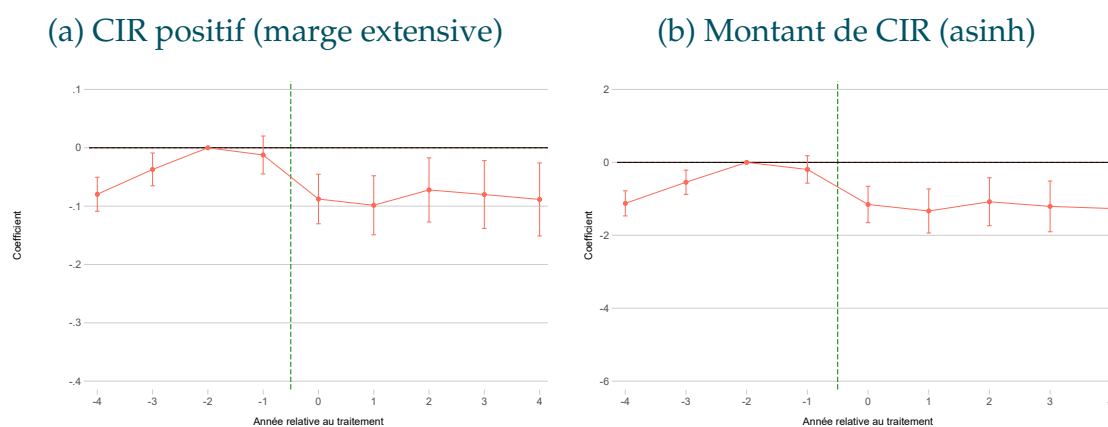
5.5 Résultats

Dans cette section, nous présentons les résultats de notre estimation en double différences sur échantillon apparié du fait de faire l’objet d’un contrôle et du fait de faire l’objet d’un contrôle défavorable. Nous présentons en premier lieu graphiquement les résultats de l’estimation du modèle dynamique et focalisons ensuite notre attention sur le modèle statique.

5.5.1 Résultats graphiques sur la base des doubles-différences dynamiques.

La figure 5.1 présente les dynamiques du recours au CIR autour d'un contrôle à la date $t = 0$. Le coefficient estimé est normalisé à 0 par rapport à 2 ans avant le contrôle. Nous choisissons cet écart afin de détecter de façon plus transparente des effets d'anticipation. La figure 5.1a montre que la probabilité de recours a tendance à augmenter jusqu'à l'année -2, se stabilise en -1 et diminue significativement en 0 et les années suivantes. Le panel 5.1b montre l'effet sur le montant de la créance initialisée à chaque exercice (en utilisant la transformation arcsinh assimilable à un log défini en 0) et confirme une tendance négative.

FIGURE 5.1 – Recours au CIR autour d'un contrôle de CIR



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, MESRI (fichier contrôles).

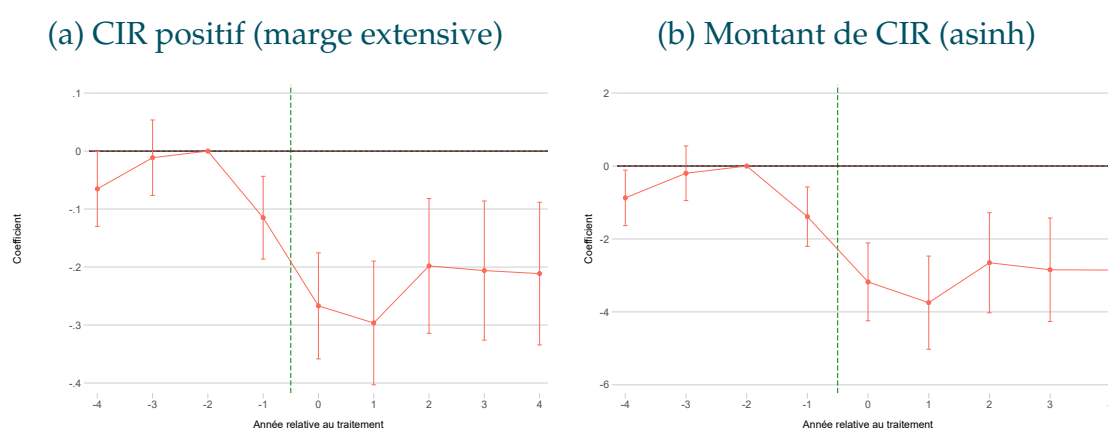
NOTES : Cette figure présente les coefficients et intervalles de confiance à 95 % obtenus sur la base d'une étude d'événements décrite (voir équation 5.2) sur un échantillon apparié. Le date de traitement correspond au premier contrôle a posteriori du CIR dont fait l'objet l'entreprise. Le groupe témoin est un ensemble de bénéficiaires du CIR n'ayant pas fait l'objet de contrôle au cours de la période 2008-2017 et présentant des caractéristiques observables communes aux entreprises traitées (voir section 5.3.1 pour plus de détails). Les écarts-types robustes sont groupés au niveau de l'entreprise.

Les figures 5.2 et 5.3 présentent les résultats de la même analyse que précédemment mais appliquée à deux-sous échantillons parmi les entreprises faisant l'objet d'un contrôle. D'une part, les entreprises obtenant un avis défavorable (Figure 5.2) et d'autre part celle obtenant un avis non-défavorable (Figure 5.3). On constate logiquement que les dynamiques du recours au CIR autour d'un contrôle à la date

$t = 0$ sont très différentes entre les deux groupes. Le déclin dans la probabilité de recours où le montant de la créance est restreint aux entreprises qui obtiennent un avis défavorable (figures 5.2a et 5.2b par rapport aux figures 5.3a et 5.3b).

On constate néanmoins que l'“effet” d'obtenir un avis défavorable se manifeste dès la période -1. Cela pourrait traduire le fait que les entreprises obtenant un avis défavorable en 0 ont déjà des dynamiques de recours spécifiques avant même le début du contrôle par rapport au groupe témoin, ce qui invaliderait la stratégie d'identification. Une autre possibilité est que, puisque les contrôles portent généralement sur plusieurs exercices, une partie du CIR soit rétroactivement retirée ce qui se traduirait par une créance nulle dans les versions ultérieures du fichier de gestion du CIR que nous utilisons. Nous ne sommes pas en mesure de départager clairement ces deux scénarios. Dans l'estimation statique, nous utilisons les dates relatives $d = -2, -1$ comme période pré-traitement et $d = 0, 1, 2, 3, 4$ comme période post-traitement de telle sorte que nous n'attribuons pas le déclin entre -2 et -1 à l'effet de l'avis défavorable.

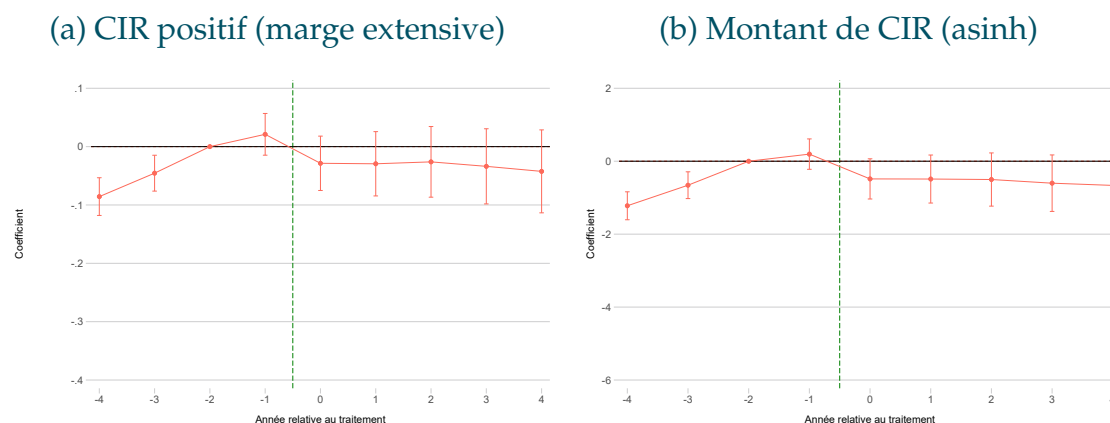
FIGURE 5.2 – Recours au CIR autour d'un contrôle avec avis défavorable



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, MESRI (fichier contrôles).

NOTES : Cette figure présente les coefficients et intervalles de confiance à 95 % obtenus sur la base d'une étude d'événements décrite (voir équation 5.2) sur un échantillon apparié. Le date de traitement correspond au premier contrôle a posteriori du CIR dont fait l'objet l'entreprise. Le groupe témoin est un ensemble de bénéficiaires du CIR n'ayant pas fait l'objet de contrôle au cours de la période 2008-2017 et présentant des caractéristiques observables communes aux entreprises traitées (voir section 5.3.1 pour plus de détails). Les écarts-types robustes sont groupés au niveau de l'entreprise. Parmi les entreprises contrôlées, l'échantillon est ici restreint aux entreprises dont le premier contrôle est associé à un avis défavorable.

FIGURE 5.3 – Recours au CIR autour d’un avis non-défavorable de CIR



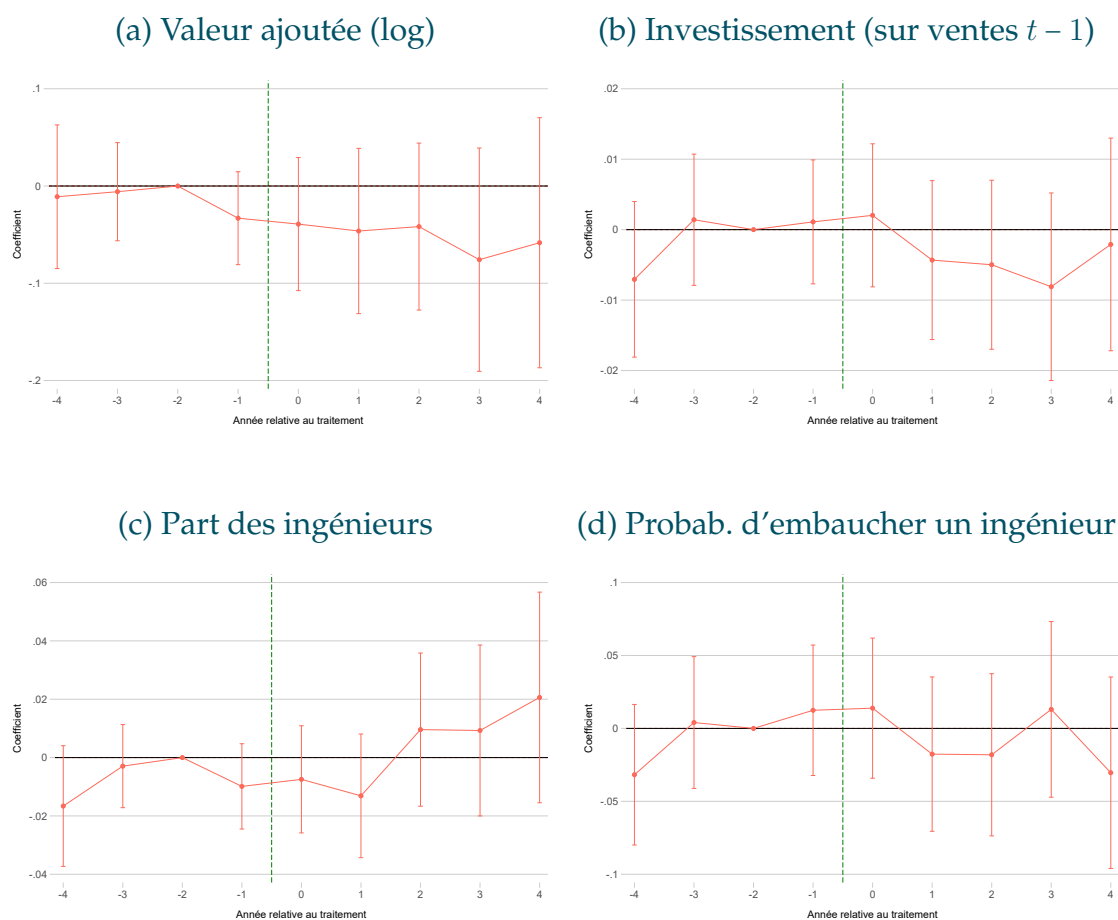
SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, MESRI (fichier contrôles).

NOTES : Cette figure présente les coefficients et intervalles de confiance à 95 % obtenus sur la base d’une étude d’événements décrite (voir équation 5.2) sur un échantillon apparié. Le date de traitement correspond au premier contrôle a posteriori du CIR dont fait l’objet l’entreprise. Le groupe témoin est un ensemble de bénéficiaires du CIR n’ayant pas fait l’objet de contrôle au cours de la période 2008-2017 et présentant des caractéristiques observables communes aux entreprises traitées (voir section 5.3.1 pour plus de détails). Les écarts-types robustes sont groupés au niveau de l’entreprise.

Performance et effort de R&D. Nous examinons les dynamiques de variables de performance et de mesure d’efforts en R&D autour des contrôles. Nous reléguons les résultats sur les avis non-défavorables à l’annexe dans la mesure où en l’absence d’effet net sur le recours, il apparaît peu probable de constater un effet des contrôles sur d’autres variables caractérisant le comportement ou la performance de l’entreprise.

Les figures 5.4 et 5.5 présentent les effets dynamiques associés à un contrôle (indépendamment de l’avis) et à un contrôle avec avis défavorable, respectivement. Chacune de ces figures présente les résultats pour 4 variables dépendantes : (a) valeur ajoutée (en log), (b) investissement (rapporté aux ventes), (c) part des ingénieurs dans la main d’œuvre et (d) probabilité d’embaucher un ingénieur.

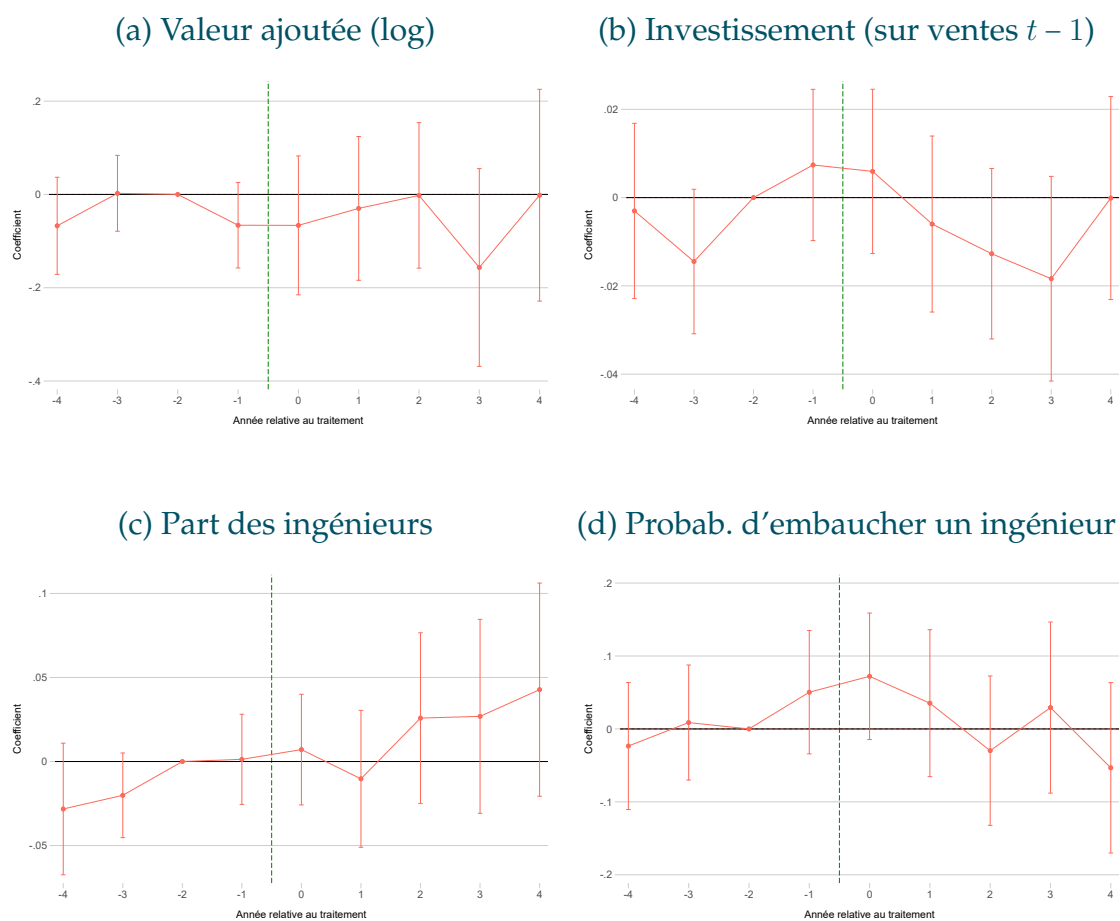
FIGURE 5.4 – Performance autour d'un contrôle



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, MESRI (fichier contrôles).

NOTES : Cette figure présente les coefficients et intervalles de confiance à 95 % obtenus sur la base d'une étude d'événements décrite (voir équation 5.2) sur un échantillon apparié. Le date de traitement correspond au premier contrôle a posteriori du CIR dont fait l'objet l'entreprise. Le groupe témoin est un ensemble de bénéficiaires du CIR n'ayant pas fait l'objet de contrôle au cours de la période 2008-2017 et présentant des caractéristiques observables communes aux entreprises traitées (voir section 5.3.1 pour plus de détails). Les écarts-types robustes sont groupés au niveau de l'entreprise.

FIGURE 5.5 – Performance autour d’un contrôle avec avis défavorable



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, MESRI (fichier contrôles).

NOTES : Cette figure présente les coefficients et intervalles de confiance à 95 % obtenus sur la base d’une étude d’événements décrite (voir équation 5.2) sur un échantillon apparié. Le date de traitement correspond au premier contrôle a posteriori du CIR dont fait l’objet l’entreprise. Le groupe témoin est un ensemble de bénéficiaires du CIR n’ayant pas fait l’objet de contrôle au cours de la période 2008-2017 et présentant des caractéristiques observables communes aux entreprises traitées (voir section 5.3.1 pour plus de détails). Les écarts-types robustes sont groupés au niveau de l’entreprise. Parmi les entreprises contrôlées, l’échantillon est ici restreint aux entreprises dont le premier contrôle est associé à un avis défavorable.

5.5.2 Résultats de la spécification statique.

Dans cette section, nous présentons les estimations de la spécification statique décrits par l'équation (5.1). Nous présentons deux ensembles d'estimations. Le premier ensemble de résultats présenté dans le tableau 5.6 s'intéressent à l'effet d'un contrôle alors que les résultats présentés dans le tableau 5.7 concernent spécifiquement les contrôles associés à un avis défavorable.

L'analyse statique confirme globalement les résultats présentés ci-dessus dans l'analyse dynamique. Les contrôles sont associés à un déclin dans le recours au CIR à la marge extensive et dans une moindre mesure à la marge intensive. Cet effet négatif est restreint aux entreprises contrôlées obtenant un avis défavorable. En dépit d'une réduction marquée dans le recours, nous ne sommes pas en mesure de détecter d'effet sur les variables de performance, de distribution ou encore d'embauche et d'emploi d'ingénieurs.

TABLEAU 5.6 – Effet des contrôles sur le recours et performance des entreprise (Estimation DD avec appariement)

	Prise du CIR			Emploi Ingénieur		Performance économique		
	(1) CIR > 0	(2) asinh(CIR)	(3) ln CIR	(4) % ingé (heures)	(5) Embauche ingé	(6) ln VA	(7) Div / VA	(8) Inv. tot / VA
Post × traité	-0.0657*** (0.0161)	-0.929*** (0.191)	-0.0270 (0.0413)	0.00109 (0.00660)	-0.0289* (0.0160)	-0.0335 (0.0290)	-0.000105 (0.00515)	-0.00490 (0.00698)
Observations	17421	17421	8466	15057	17421	14723	13810	15763
R2	0.768	0.782	0.896	0.910	0.693	0.965	0.668	0.669
# d'entreprises traitées	928	928	686	900	928	892	858	921
# d'entreprises total	2549	2549	1755	2468	2549	2410	2288	2532

SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, MESRI (fichier contrôles).

NOTES : Cette table présente les résultats d'une double-différence (voir équation: 5.1) sur un échantillon apparié. Le date de traitement correspond au premier contrôle a posteriori du CIR dont fait l'objet l'entreprise. Le groupe témoin est un ensemble de bénéficiaire du CIR n'ayant pas fait l'objet de contrôle au cours de la période 2008-2017 et présentant des caractéristiques observables communes aux entreprises traitées (voir section 5.3.1 pour plus de détails). Les écarts-types robustes groupés au niveau de l'entreprise sont reportés entre parenthèses.

TABLEAU 5.7 – Effet des avis défavorables sur la performance des entreprises (Estimation DD avec appariement)

	Prise du CIR			Emploi Ingénieur		Performance économique		
	(1) CIR > 0	(2) asinh(CIR)	(3) ln CIR	(4) % ingé (heures)	(5) Embauche ingé	(6) ln VA	(7) Div / VA	(8) Inv. tot / VA
Post × traité	-0.154*** (0.0337)	-2.019*** (0.395)	-0.0943 (0.0969)	0.00382 (0.0132)	-0.00350 (0.0294)	-0.0305 (0.0508)	-0.00346 (0.0113)	-0.0138 (0.0134)
Observations	4501	4501	1931	3922	4501	3888	3705	4076
R2	0.764	0.775	0.889	0.912	0.701	0.960	0.701	0.679
# d'entreprises traitées	237	237	158	232	237	232	226	236
# d'entreprises total	722	722	453	708	722	702	676	719

SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, MESRI (fichier contrôles).

NOTES : Cette table présente les résultats d'une double-différence (voir équation: 5.1) sur un échantillon apparié. Le date de traitement correspond au premier contrôle a posteriori du CIR dont fait l'objet l'entreprise. Le groupe témoin est un ensemble de bénéficiaire du CIR n'ayant pas fait l'objet de contrôle au cours de la période 2008-2017 et présentant des caractéristiques observables communes aux entreprises traitées (voir section 5.3.1 pour plus de détails). Les écarts-types robustes groupés au niveau de l'entreprise sont reportés entre parenthèses. Parmi les entreprises contrôlées, l'échantillon est ici restreint aux entreprises dont le premier contrôle est associé à un avis défavorable.

5.5.3 Résultats sur un échantillon plus large.

Ici nous présentons les résultats de l'estimation du modèle statique sur un ensemble d'entreprises comprenant des entreprises ayant eu recours au CIR entre 2004 et 2007 compris. Cet échantillon présente l'avantage d'être plus large, mais nous ne pouvons pas nous assurer que les contrôles observés à partir de 2008 sont leur premier contrôle. Nous nous concentrons sur les entreprises ayant obtenu un avis défavorable. Les statistiques descriptives sur les échantillons appariés ainsi que les résultats portant sur l'ensemble des contrôles sont présentés en annexe du chapitre 5 (section D).

Les résultats sont présentés dans le tableau 5.8. L'échantillon d'estimation contient 2225 entreprises dont 570 sont traitées (contrôle défavorable). La taille de l'échantillon est donc environ deux fois supérieure à celle de l'échantillon utilisé précédemment.

On constate que les effets sur le recours au CIR sont plus faibles mais demeurent significativement négatifs (colonne 1 à 3). Cette différence peut provenir de différences intrinsèques entre les entreprises ayant eu recours au CIR pour la première fois entre 2004 et 2007 et celles entrant dans le dispositif pour la pre-

mière fois à partir de 2008. Elle peut également refléter le fait noté précédemment que pour les entreprises ayant recours au CIR avant 2008, ce que nous classifions comme premier contrôle n'est pas nécessairement le premier contrôle. Il est également possible que parmi les entreprises témoin, certaines aient subi des contrôles avant 2008 sans que nous ne puissions le détecter. Dès lors, nous estimons potentiellement l'effet d'un deuxième ou troisième contrôle qui peut être plausiblement moins dissuasif qu'un premier contrôle, si par exemple l'entreprise a eu le temps d'investir dans la gestion de ces contrôles, via des conseillers spécialisés ou bien simplement par apprentissage de l'équipe de direction.

TABLEAU 5.8 – Effet des avis défavorables sur la performance des entreprises (DD avec appariement, échantillon cohortes 2004 à 2017)

	Prise du CIR			Emploi Ingénieur		Performance économique		
	(1) CIR > 0	(2) asinh(CIR)	(3) ln CIR	(4) % ingé (heures)	(5) Embauche ingé	(6) ln VA	(7) Div / VA	(8) Inv. tot / VA
Post × Traité	-0.0869*** (0.0214)	-1.117*** (0.256)	-0.231*** (0.0579)	0.00975 (0.00922)	0.0201 (0.0186)	0.00617 (0.0350)	-0.00320 (0.00685)	-0.00990 (0.00786)
Observations	14838	14838	7587	12427	14838	12136	11805	13086
R-squared	0.722	0.738	0.897	0.877	0.654	0.945	0.652	0.615
# d'entreprises traitées	570	570	445	551	570	551	541	562
# d'entreprises total	2225	2225	1563	2113	2225	2086	2038	2178

SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, MESRI (fichier contrôles).

NOTES : Cette table présente les résultats d'une double-différence (voir équation: 5.1) sur un échantillon apparié. Le date de traitement correspond au premier contrôle a posteriori du CIR dont fait l'objet l'entreprise. Le groupe témoin est un ensemble de bénéficiaire du CIR n'ayant pas fait l'objet de contrôle au cours de la période 2008-2017 et présentant des caractéristiques observables communes aux entreprises traitées (voir section 5.3.1 pour plus de détails). Les écarts-types robustes groupés au niveau de l'entreprise sont reportés entre parenthèses. Parmi les entreprises contrôlées, l'échantillon est ici restreint aux entreprises dont le premier contrôle est associé à un avis défavorable.

5.6 Discussion

L'approche empirique que nous suivons est simple. Nous testons si le fait de subir un contrôle du CIR a posteriori influence le choix d'avoir recours au CIR dans les années qui suivent. Si c'est le cas, et sous l'hypothèse que le timing des contrôles du CIR soit exogène et qu'un contrôle n'affecte la vie et performance de l'entreprise que via son effet sur le recours au CIR, les contrôles peuvent constituer une source de variation intéressante dans la disponibilité du CIR dans la mesure où, contrairement au recours observé, elle n'est pas intrinsèquement liée à une

décision interne à l'entreprise.

Nous voyons effectivement que ces contrôles semblent exercer un effet important sur le recours, mais que cet effet est restreint aux entreprises obtenant un avis défavorable. Cela souligne les limites de cette approche à la fois du point de vue de la validité interne et externe.

Validité interne. Il est possible que le timing des contrôles soit systématiquement lié à des dynamiques particulières des entreprises, auquel cas il sera difficile de trouver un groupe de contrôle permettant de reconstituer un contrefactuel valide à ce qu'aurait fait les entreprises contrôlés en l'absence de contrôle.

Validité externe : effet du CIR et effets propres des contrôles. D'un point de vue validité externe, la question du caractère local d'estimations sur la base des contrôles se pose. Même si les contrôles sont exogènes, les entreprises cessant d'avoir recours du fait de l'exposition à un contrôle sont certainement des entreprises particulières. Elles sont certainement plus susceptibles d'avoir des activités non éligibles au CIR. Dès lors, les effets d'un contrôle sur le comportement des entreprises traduit le comportement d'un nombre restreint de *compliers* tel que, même si les estimations sont non biaisées, elles ne sont pas représentatives des effets du CIR sur la population des bénéficiaires du dispositif, en particulier en ce qui concerne l'effet attendu du CIR sur l'innovation et la recherche. Dès lors nous pouvons interpréter les résultats concernant les effets des contrôles sur le recours et l'absence d'effet sur le comportement des entreprises affectées en matière d'effort R et D comme suggérant que les contrôles et les avis auxquels ils donnent lieu ciblent avec succès les entreprises n'effectuant pas de vraie R&D sans que les entreprises faisant l'objet de contrôles avec avis in fine favorable ne soient dissuadées de continuer à avoir recours au dispositif. On peut aussi retirer de ces résultats que le retrait forcé de la somme importante d'argent que constitue le CIR ne semble pas avoir alourdi les contraintes financières des entreprises sanctionnées, ce qui n'est

pas surprenant une fois pris en compte le fait que la plupart des contrôles de notre échantillon se situent bien après la crise financière de 2008.

CONCLUSION

À l'aide de données encore peu utilisées dans les précédentes évaluations du CIR (DADS Postes, données fiscales entreprises BIC-RN), nous proposons de nouvelles mesures de l'emploi R&D des entreprises bénéficiaires du CIR et documentons l'évolution de leurs performances économiques. Nous réalisons en premier lieu une analyse descriptive du recours au CIR, en nous intéressant aux caractéristiques de chaque « cohorte » de recours, c'est-à-dire en regroupant les entreprises selon leur première année de recours au dispositif. Certaines cohortes, et notamment la cohorte 2004, ayant eu recours pour la première fois au CIR l'année de son passage à une formule de calcul en volume, continuent à représenter en 2016 une part très importante de la créance totale. Nous approfondissons l'étude par cohortes en réalisant une étude d'événements, où nous estimons les dynamiques des entreprises autour de leur premier recours au CIR parmi les entreprises ayant eu recours pour la première fois au CIR après la réforme du CIR de 2008.

Nous montrons que ces entreprises bénéficient d'un montant de crédit d'impôt à la fois important et pérenne, qui leur accorde une baisse de leur taux implicite d'imposition (impôt sur les sociétés rapporté à l'excédent brut d'exploitation) de l'ordre de 20 points de pourcentage. Le recours s'accompagne d'une hausse de l'emploi d'ingénieurs, à la fois en niveau et en part de l'emploi dans l'entreprise, ainsi que d'une hausse de la probabilité de déposer un brevet. On constate également une hausse du chiffre d'affaires et une hausse transitoire de l'investissement.

Nous proposons en outre deux approches complémentaires afin d'estimer l'im-

pact causal du CIR. Nous réutilisons dans un premier temps le cadre de l'étude d'événements sur les cohortes 2004-2007 pour estimer l'effet de la réforme de 2008 sur ces entreprises. Cette stratégie d'identification exploite la variation exogène de la générosité du CIR parmi des entreprises ayant déjà eu recours au programme et identifie donc la marge intensive des réactions.

Les estimations confirment une forte hausse de la créance du CIR perçue par les entreprises et mettent en évidence des effets positifs, mais modérés, sur les variables d'activité de R&D des entreprises : le nombre d'ingénieurs augmente, mais leur part dans la main d'œuvre demeure stable. On constate un effet positif sur le chiffre d'affaires, qui demeure toutefois nettement moins prononcé que la dynamique observée autour de l'obtention du CIR dans les études d'événements descriptives. Nous mettons en évidence que l'essentiel des réponses observées provient des petites entreprises (Micro et PME).

Dans un second temps, nous analysons l'impact des contrôles fiscaux au titre du CIR. Nous effectuons cette analyse sur la base d'une double différence avec appariement qui permet de comparer des entreprises traitées (bénéficiaires du CIR et faisant l'objet d'un contrôle a posteriori du CIR) à un groupe témoin qui est constitué de bénéficiaires du CIR n'ayant pas été contrôlés. On constate qu'un contrôle donnant lieu à un avis négatif est associé à une forte baisse du recours sans que l'on ne puisse mettre en évidence d'effet négatif sur les performances des entreprises ou encore leur effort R&D. Ceci suggère que la perte du CIR pour la sous-population des entreprises dont les activités ne sont pas jugées suffisamment innovantes n'a pas d'impact négatif sur les différentes mesures de performance de ces entreprises.

Globalement, on perçoit un contraste entre d'une part la forte corrélation positive entre intensité en effort R&D et recours au CIR et d'autre part la faiblesse des effets causaux du dispositif sur l'intensité en R&D mise en évidence par les différentes approches causales que nous avons adoptées. Nos résultats sur la base

de l'analyse de la réforme de 2008 sont compatibles avec l'idée que l'accès à un CIR plus généreux ait surtout desserré les contraintes financières des bénéficiaires dans une période de crise économique, leur permettant ainsi de développer leur activité sans nécessairement privilégier une stratégie plus intensive en innovation.

CHAPITRE A

ANNEXES AU CHAPITRE 1

TABEAU A.1 – Comparaison des rémunérations/effectifs du personnel RD dans l'ERD et masse salariale/effectif des ingénieurs dans les DADS sur la période 2000 à 2017

Variable DADS	Var. ERD	Echantillon	N	ρ	Écart : moy.	p50	p10	p90
<i>Période 2000-2017</i>								
MS ingén. / CA	Rém. RD / CA	Entier	95,775	0.748	-0.130	0.002	-0.256	0.101
		Variable positive	83,115	0.855	-0.084	0.006	-0.177	0.119
<i>Période 2000-2007</i>								
MS ingén. / CA	Rém. RD / CA	Entier	29,119	0.809	-0.093	0.003	-0.186	0.074
		Variable positive	26,165	0.865	-0.070	0.006	-0.132	0.084
<i>Période 2008-2017</i>								
MS ingén. / CA	Rém. RD / CA	Entier	66,656	0.729	-0.147	0.001	-0.283	0.114
		Variable positive	56,950	0.851	-0.090	0.007	-0.195	0.135
<i>Période 2000-2017</i>								
Eff. ingén. / Eff.	Eff. RD / Eff.	Entier	97,267	0.307	0.009	0.029	-0.382	0.360
		Variable positive	84,259	0.428	0.062	0.047	-0.232	0.400
<i>Période 2000-2007</i>								
Eff. ingén. / Eff.	Eff. RD / Eff.	Entier	29,768	0.386	-0.014	0.022	-0.359	0.262
		Variable positive	26,700	0.493	0.026	0.032	-0.229	0.287
<i>Période 2008-2017</i>								
Eff. ingén. / Eff.	Eff. RD / Eff.	Entier	67,499	0.277	0.020	0.034	-0.393	0.403
		Variable positive	57,559	0.405	0.078	0.057	-0.234	0.453

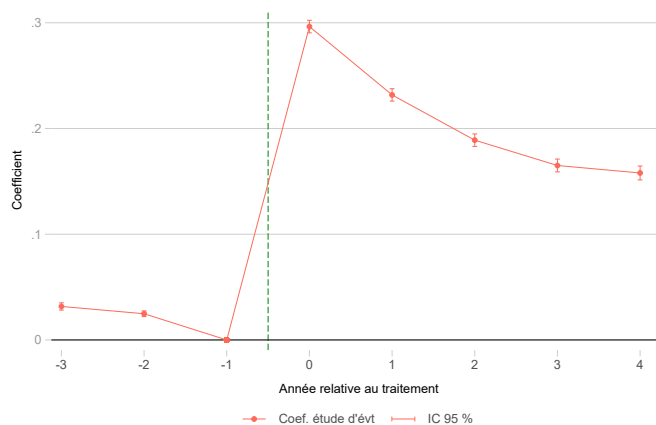
NOTES : ρ = coefficient de corrélation. Écart := $\frac{\text{Masse salariale DADS}}{\text{CAHT}} - \frac{\text{Rémunérations RD ERD}}{\text{CAHT}}$ ou Écart := $\frac{\text{Effectifs ingénieurs DADS}}{\text{Effectifs DADS}} - \frac{\text{Effectifs RD ERD}}{\text{Effectifs ERD}}$. L'échantillon "variable positive" concerne les entreprises rapportant un montant positif de masse salariale dans les DADS (ingénieurs ou RD) selon les lignes.

CHAPITRE B

ANNEXES AU CHAPITRE 3

Résultats pour l'approche de recours échelonné sur l'échantillon des bénéficiaires.

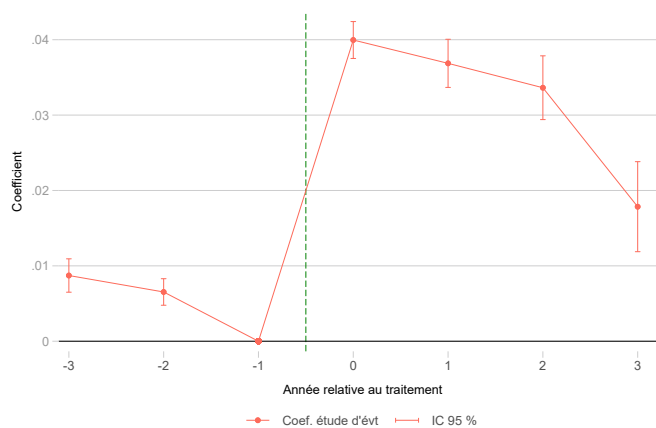
FIGURE B.1 – Créance de CIR rapporté à l'actif non financier autour de l'année de premier recours – Échantillon "échelonné" – Cohortes 2008 - 2016



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante la créance de CIR rapportée à l'actif non financier de l'année précédente. Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l'équation 3.1, sur la période 2004-2017, par année relative au traitement. L'estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d'âge*quintile d'actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes pré-2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée par étude d'événements échelonnée, dans l'échantillon comprenant uniquement les entreprises traitées sur la période.

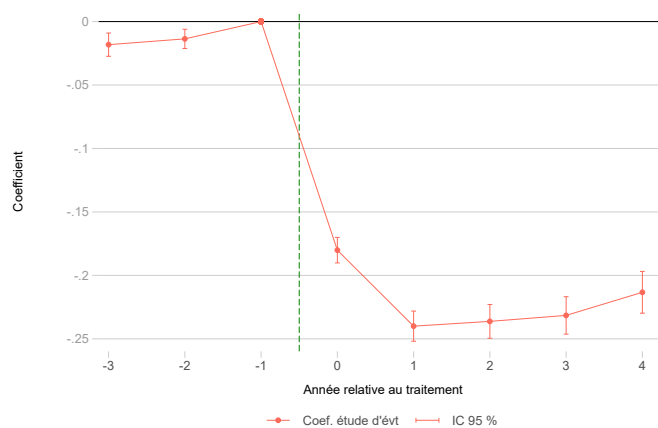
FIGURE B.2 – Créance de CIR rapporté à l’actif non financier autour de l’année de premier recours – Échantillon “échelonné” – Cohortes 2004-2007



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante la créance de CIR rapportée à l’actif non financier de l’année précédente. Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l’équation 3.1, sur la période 2000-2012, par année relative au traitement. L’estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d’âge*quintile d’actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes post-2008, et une indicatrice pour le fait d’être confronté à la réforme de 2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée par étude d’événements échelonnée, dans l’échantillon comprenant uniquement les entreprises traitées sur la période.

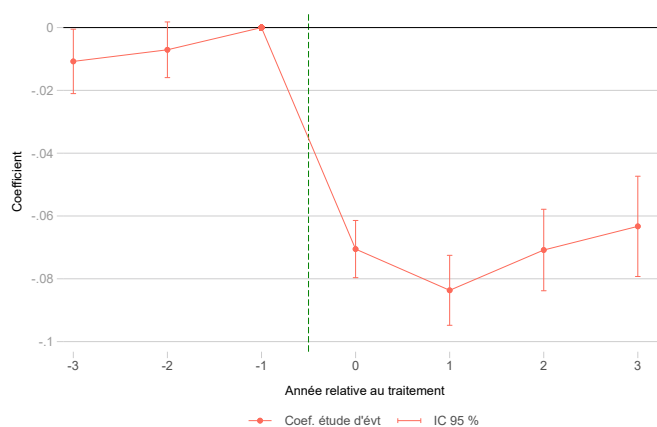
FIGURE B.3 – Taux implicite d'imposition (IS / EBE) autour de l'année de premier recours au CIR – Échantillon "échelonné" – Cohortes 2008 - 2016



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante le taux de taxation implicite (impôt sur les sociétés divisé par l'excédent brut d'exploitation). Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l'équation 3.1, sur la période 2004-2017, par année relative au traitement. L'estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d'âge*quintile d'actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes pré-2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée par étude d'événements échelonnée, dans l'échantillon comprenant uniquement les entreprises traitées sur la période.

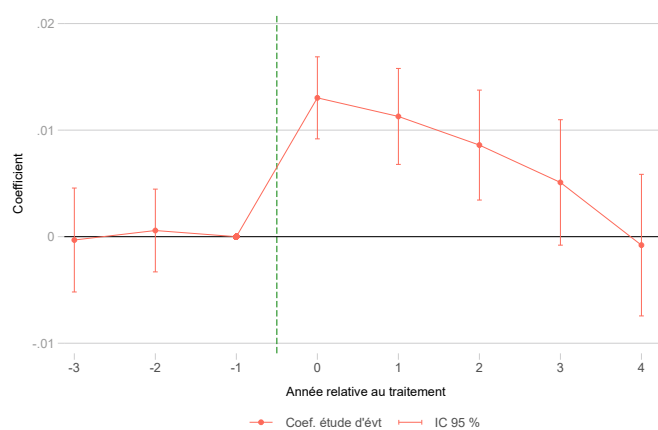
FIGURE B.4 – Taux implicite d'imposition (IS / EBE) autour de l'année de premier recours au CIR – Échantillon "échelonné" – Cohortes 2004-2007



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante le taux de taxation implicite (impôt sur les sociétés divisé par l'excédent brut d'exploitation). Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l'équation 3.1, sur la période 2000-2012, par année relative au traitement. L'estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d'âge*quintile d'actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes post-2008, et une indicatrice pour le fait d'être confronté à la réforme de 2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée par étude d'événements échelonnée, dans l'échantillon comprenant uniquement les entreprises traitées sur la période.

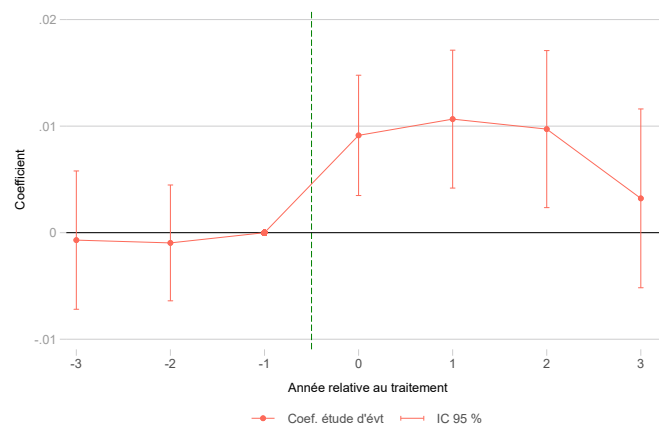
FIGURE B.5 – Part des salaires versés à des ingénieurs autour de l’année de premier recours au CIR – Échantillon “échelonné” – Cohortes 2008 - 2016



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante la part des salaires bruts versés à des ingénieurs. Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l'équation 3.1, sur la période 2004-2017, par année relative au traitement. L'estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d'âge*quintile d'actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes pré-2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée par étude d'événements échelonnée, dans l'échantillon comprenant uniquement les entreprises traitées sur la période.

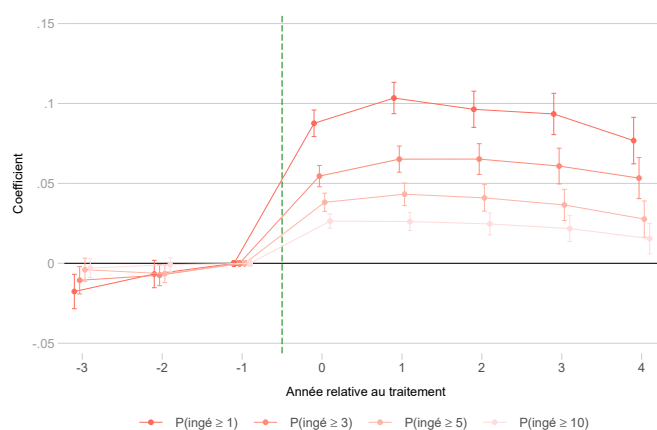
FIGURE B.6 – Part des salaires versés à des ingénieurs autour de l’année de premier recours au CIR – Échantillon “échelonné” – Cohortes 2004-2007



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante la part des salaires bruts versés à des ingénieurs. Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l'équation 3.1, sur la période 2000-2012, par année relative au traitement. L'estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d'âge*quintile d'actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes post-2008, et une indicatrice pour le fait d'être confronté à la réforme de 2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée par étude d'événements échelonnée, dans l'échantillon comprenant uniquement les entreprises traitées sur la période.

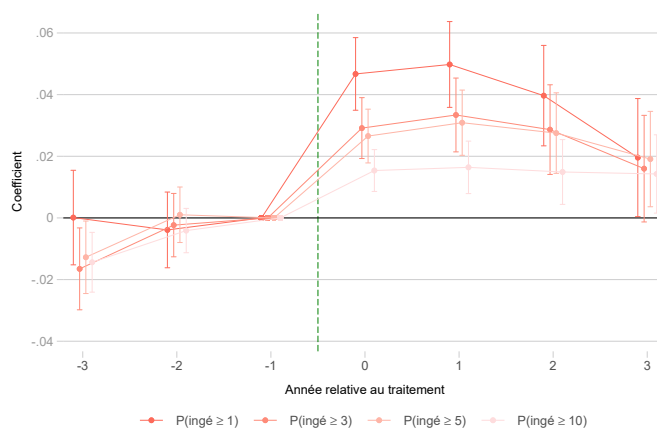
FIGURE B.7 – Probabilités d’employer plus de n ingénieurs autour du recours au CIR – Échantillon “échelonné” – Cohortes 2008 - 2016



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante la probabilité d’employer plus de n ingénieurs. Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l’équation 3.1, sur la période 2004-2017, par année relative au traitement. L’estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d’âge*quintile d’actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes pré-2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée par étude d’événements échelonnée, dans l’échantillon comprenant uniquement les entreprises traitées sur la période.

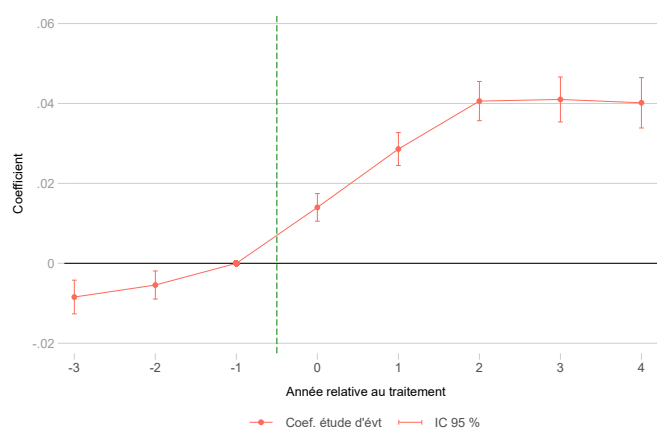
FIGURE B.8 – Probabilités d’employer plus de n ingénieurs autour du recours au CIR – Échantillon “échelonné” – Cohortes 2004-2007



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante la probabilité d’employer plus de n ingénieurs. Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l’équation 3.1, sur la période 2000-2012, par année relative au traitement. L’estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d’âge*quintile d’actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes post-2008, et une indicatrice pour le fait d’être confronté à la réforme de 2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée par étude d’événements échelonnée, dans l’échantillon comprenant uniquement les entreprises traitées sur la période.

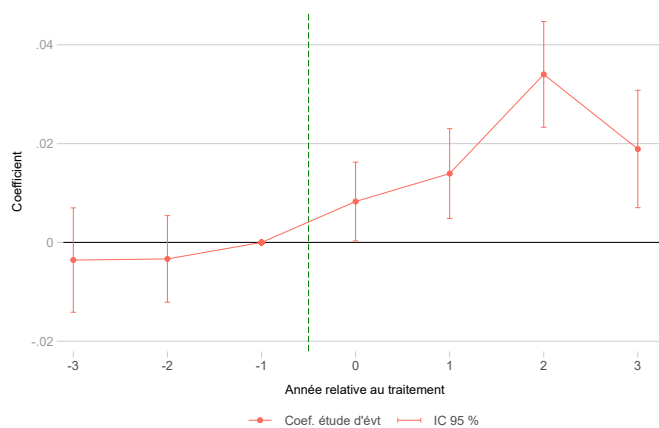
FIGURE B.9 – Probabilité de déposer un brevet autour de l’année de premier recours au CIR – Échantillon “échelonné” – Cohortes 2008 - 2016



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante la probabilité de déposer une demande de brevet à l'INPI ou à l'OEB. Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l'équation 3.1, sur la période 2004-2017, par année relative au traitement. L'estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d'âge*quintile d'actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes pré-2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée par étude d'événements échelonné, dans l'échantillon comprenant uniquement les entreprises traitées sur la période.

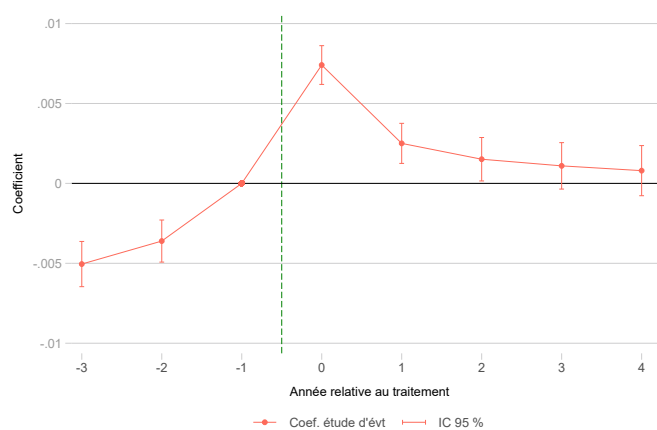
FIGURE B.10 – Probabilité de déposer un brevet autour de l’année de premier recours au CIR – Échantillon “échelonné” – Cohortes 2004-2007



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante la probabilité de déposer une demande de brevet à l’INPI ou à l’OEB. Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l’équation 3.1, sur la période 2000-2012, par année relative au traitement. L’estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d’âge*quintile d’actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes post-2008, et une indicatrice pour le fait d’être confronté à la réforme de 2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée par étude d’événements échelonnée, dans l’échantillon comprenant uniquement les entreprises traitées sur la période.

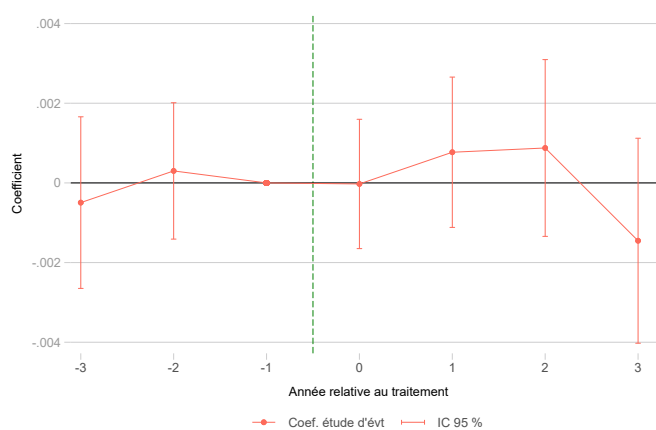
FIGURE B.11 – Taux d’investissement incorporel – Échantillon “échelonné” – Cohortes 2008 - 2016



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante le taux d’investissement total (a) et le taux d’investissement incorporel (b). Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l’équation 3.1, sur la période 2004-2017, par année relative au traitement. L’estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d’âge*quintile d’actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes pré-2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée par étude d’événements échelonné, dans l’échantillon comprenant uniquement les entreprises traitées sur la période.

FIGURE B.12 – Taux d’investissement incorporel – Échantillon “échelonné” – Cohortes 2004-2007



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, Atlas des brevets.

NOTES : Estimation réalisée en utilisant comme variable dépendante le taux d’investissement total (a) et le taux d’investissement incorporel (b). Les coefficients et intervalles de confiance à 95 % sont obtenus en différence-de-différences généralisée décrite dans l’équation 3.1, sur la période 2000-2012, par année relative au traitement. L’estimation inclut des effets fixes entreprise et année*secteur (NAF 88)*quintile d’âge*quintile d’actif, ainsi que des effets fixes par année relative au traitement pour les cohortes post-2008, et une indicatrice pour le fait d’être confronté à la réforme de 2008. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique. Estimation réalisée par étude d’événements échelonnée, dans l’échantillon comprenant uniquement les entreprises traitées sur la période.

CHAPITRE C

ANNEXES AU CHAPITRE 4

Annexes relatives à l'effet de la réforme de 2008

TABLEAU C.1 – Effet de la réforme de 2008 – Première étape, Échantillon échelonné

	Créance / actif t-1		IS / EBE	
<i>Effet de la réforme de 2008</i>	0,104*** (0,0033)	0,108*** (0,0035)	-0,135*** (0,0077)	-0,137*** (0,0082)
N obs	188k	183k	144k	139k
R ²	0,632	0,686	0,486	0,54
EF Entreprise	✓	✓	✓	✓
EF Année	✓		✓	
EF Année*Secteur*Taille*Âge		✓		✓

NOTES : Estimations réalisées en utilisant comme variables dépendantes : la créance de CIR rapportée à l'actif non financier de l'année précédente, et l'impôt sur les sociétés dû rapporté à l'excédent brut d'exploitation. Estimation réalisée par étude d'événements échelonnée, dans l'échantillon comprenant uniquement les entreprises traitées sur la période. L'échantillon d'estimation est celui des entreprises opérant dans des secteurs dans lesquels au moins 5 % des entreprises demandent le CIR, sur la période 2000-2012. Les estimations incluent, outre le paramètre d'intérêt, l'ensemble des coefficients d'années relatives au recours au CIR, des effets fixes entreprises et des interactions d'effets fixes année × secteur (NAF 88) × quintile de taille × quintile d'âge. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique.

TABLEAU C.2 – Effet de la réforme de 2008 – Variables de R&D, Échantillon échelonné

	Part salaires ingé		Proba nb ingés				Proba dépôt brevet
			≥ 1	≥ 3	≥ 5	≥ 10	
<i>Effet de la réforme de 2008</i>	0,0013 (0,0033)	0,0017 (0,0037)	0,0197** (0,0082)	0,0126* (0,0071)	0,0053 (0,0063)	0,0081 (0,005)	0,003 (0,0049)
N obs	184k	178k	192k	192k	192k	192k	174k
R ²	0,7	0,729	0,592	0,712	0,742	0,764	0,465
EF Entreprise	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
EF Année	✓						
EF Année*Secteur*Taille*Âge		✓	✓	✓	✓	✓	✓

NOTES : Estimations réalisées en utilisant comme variables dépendantes : le log des heures travaillées par des ingénieurs, la probabilité d'employer plus de 1,3,5 10 ingénieurs, la part des heures travaillées dans l'entreprise par des ingénieurs, la probabilité de déposer une demande de brevet à l'INPI ou à l'OEB. Estimation réalisée par étude d'événements échelonnée, dans l'échantillon comprenant uniquement les entreprises traitées sur la période. L'échantillon d'estimation est celui des entreprises opérant dans des secteurs dans lesquels au moins 5 % des entreprises demandent le CIR, sur la période 2000-2012. Les estimations incluent, outre le paramètre d'intérêt, l'ensemble des coefficients d'années relatives au recours au CIR, des effets fixes entreprises et des interactions d'effets fixes année × secteur (NAF 88) × quintile de taille × quintile d'âge. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique.

TABLEAU C.3 – Effet de la réforme de 2008 – Variables d'activité de l'entreprise, Échantillon échelonné

	Taux investissement		VA (log)	Salaires / VA	PTF	CA (log)	Exports / CA
	Total	Incorporel					
<i>Effet de la réforme de 2008</i>	-0,0012 (0,0063)	0,0043*** (0,0012)	0,0062 (0,0173)	0,0149*** (0,0037)	-0,0402*** (0,0139)	0,144*** (0,047)	0,0009 (0,0032)
N obs	183k	183k	177k	177k	162k	192k	185k
R ²	0,459	0,469	0,891	0,632	0,99	0,714	0,795
EF Entreprise	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EF Année*Secteur*Taille*Âge	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

NOTES : Estimations réalisées en utilisant comme variables dépendantes : le taux d'investissement total (taux de variation des immobilisations non financières), le taux d'investissement incorporel, le log de la valeur ajoutée (HT), les salaires (au coût du travail) rapportés à la valeur ajoutée, la productivité totale des facteurs, le log du chiffre d'affaires, la part des ventes réalisées à l'export (exports / CA). Estimation réalisée par étude d'événements échelonnée, dans l'échantillon comprenant uniquement les entreprises traitées sur la période. L'échantillon d'estimation est celui des entreprises opérant dans des secteurs dans lesquels au moins 5 % des entreprises demandent le CIR, sur la période 2000-2012. Les estimations incluent, outre le paramètre d'intérêt, l'ensemble des coefficients d'années relatives au recours au CIR, des effets fixes entreprises et des interactions d'effets fixes année × secteur (NAF 88) × quintile de taille × quintile d'âge. Les écarts-types sont clusterisés par entreprise. Toutes les variables sont consolidées au niveau groupe économique.

CHAPITRE D

ANNEXES AU CHAPITRE 5

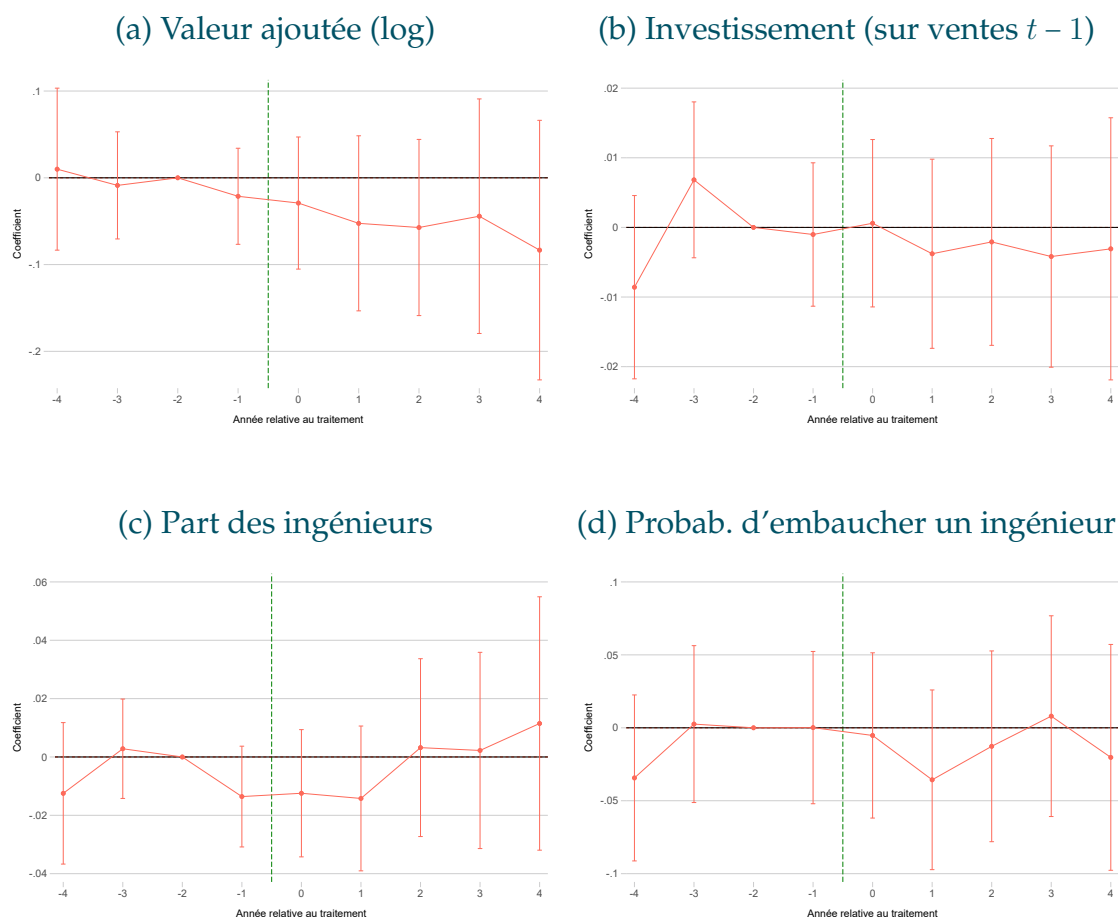
Annexes relatives aux contrôles du CIR

TABEAU D.1 – Statistiques descriptives concernant les échantillons appariés étendus aux entreprises ayant recours au CIR entre 2004 et 2008

	(1) Contrôlé			(2) Contrôlé avec avis défav.			(3) Non contrôlées appariés		
	Moyenne	p50	p90	Moyenne	p50	p90	Moyenne	p50	p90
Ln(VA)	14.47	14.25	16.81	14.14	14.05	16.08	14.11	13.88	16.83
Fraction ingénieurs	0.31	0.19	0.82	0.29	0.16	0.76	0.32	0.20	0.85
Embauche ingénieurs	0.45	0.00	1.00	0.38	0.00	1.00	0.41	0.00	1.00
Taux implicite d'imposition	-0.12	-0.04	0.28	-0.10	-0.00	0.29	-0.05	0.00	0.29
Inv./VA	0.04	0.01	0.13	0.04	0.01	0.10	0.04	0.01	0.13
Div. / VA	0.05	0.00	0.14	0.04	0.00	0.15	0.05	0.00	0.13
Observations	2698			588			9305		

NOTES : Cette table présente des statistiques descriptives sur les échantillons appariés. Le traitement est défini comme le fait pour une entreprise d'être de faire l'objet d'un contrôle a posteriori du CIR. Le groupe de contrôle est un ensemble de bénéficiaire du CIR n'ayant pas fait l'objet de contrôle au cours de la période 2008-2017 et présentant des caractéristiques observables communes aux entreprises traitées (voir section 5.3.1). Les écarts-types robustes groupés au niveau de l'entreprise sont reportés entre parenthèses. Les secteurs sont définis au niveau 2-digits (NAF2 – division).

FIGURE D.1 – Performance autour d’un contrôle dont l’avis n’est pas défavorable



SOURCES : BIC-IS, MVC CIR, GECIR, LIFI, PERIM, DADS Postes, MESRI (fichier contrôles).
 NOTES :

RÉFÉRENCES

- Bach, L., Ghio, N., Guillouzouic, A., et Malgouyres, C. (2020). Impact de la crise et des mesures budgétaires 2020-2021 sur les entreprises. Conférence annuelle du budget de l'Institut des Politiques Publiques.
- Bertrand, M., Duflo, E., et Mullainathan, S. (2004). How much should we trust differences-in-differences estimates? *The Quarterly journal of economics*, 119(1), p. 249–275.
- Borusyak, K. et Jaravel, X. (2017). Revisiting event study designs with an application to the estimation of the marginal propensity to consume. *mimeo*, p. 33.
- Bozio, A., Cottet, S., et Py, L. (2019). Evaluation d'impact de la réforme 2008 du crédit impôt recherche. *Rapport IPP*, 22.
- DRRT-MENESR (2015). *Guide de l'expert – Annexe 4 : modèle de dossier justificatif des travaux de R&D déclarés au titre du crédit d'impôt recherche (CIR)*.
- Dube, A., Lester, T. W., et Reich, M. (2010). Minimum wage effects across state borders : Estimates using contiguous counties. *The review of economics and statistics*, 92(4), p. 945–964.
- Eurostat (2020). *Eurostat indicators on High-tech industry and Knowledge-intensive services – Annex 3 - High-tech aggregation by NACE Rev.2*.
- Gross, T., Notowidigdo, M. J., et Wang, J. (2019). The marginal propensity to consume over the business cycle. *American Economic Journal : Macroeconomics*.

MESRI (2015). *Enquête annuelle sur les moyens consacrés à la recherche et au développement dans les entreprises – Guide méthodologique.*

Mulkay, B. et Mairesse, J. (2018). Nouveaux résultats sur l'impact du crédit d'impôt recherche. *Etude pour le MESRI avec Synthèse.*

Schmidheiny, K. et Siegloch, S. (2019). On event study designs and distributed-lag models : Equivalence, generalization and practical implications. *CEPR Discussion Paper No. DP13477.*

LISTE DES TABLEAUX

1.1	PCS des personnes assignées à des tâches de R&D.	24
1.2	Comparaison des parts des effectifs R&D dans l'ERD et les DADS . .	25
1.3	Comparaison des rémunérations du personnel RD dans l'ERD et masse salariale dans les DADS sur chiffre d'affaires HT	27
2.1	Âge et taille (1 an avant le recours)	34
2.2	Productivité (1 an avant le recours)	35
3.1	Part de la créance 2016 représentée par cohorte et échantillon	46
3.2	Statistiques descriptives sur l'échantillon des secteurs intensifs en CIR en 2007	48
3.3	Statistiques descriptives en 2003 sur l'échantillon des secteurs inten- sifs en CIR	65
4.1	Effet de la réforme de 2008 – Première étape	81
4.2	Effet de la réforme de 2008 – Variables de R&D	82
4.3	Effet de la réforme de 2008 – Variables d'activité de l'entreprise . . .	83
4.4	Effet de la réforme de 2008 par tailles d'entreprises, variables de première étape	86
4.5	Effet de la réforme de 2008 par tailles d'entreprises, variables asso- ciées à la recherche-développement	87

4.6	Effet de la réforme de 2008 par tailles d'entreprises, variables d'activité de l'entreprise	88
5.1	Nombre de contrôles par an depuis 2008 et part d'avis défavorables	95
5.2	Statistiques descriptives concernant les échantillons appariés	99
5.3	Distribution de l'écart entre l'année de premier recours au CIR et l'année du premier contrôle CIR (en années)	100
5.4	Analyses des prédicteurs de faire l'objet d'un contrôle	102
5.5	Analyses des prédicteurs d'obtenir un avis défavorable	103
5.6	Effet des contrôles sur le recours et performance des entreprise (Estimation DD avec appariement)	109
5.7	Effet des avis défavorables sur la performance des entreprises (Estimation DD avec appariement)	110
5.8	Effet des avis défavorables sur la performance des entreprises (DD avec appariement, échantillon cohortes 2004 à 2017)	111
A.1	Comparaison des rémunérations/effectifs du personnel RD dans l'ERD et masse salariale/effectif des ingénieurs dans les DADS sur la période 2000 à 2017	119
C.1	Effet de la réforme de 2008 – Première étape, Échantillon échelonné .	133
C.2	Effet de la réforme de 2008 – Variables de R&D, Échantillon échelonné	134
C.3	Effet de la réforme de 2008 – Variables d'activité de l'entreprise, Échantillon échelonné	134
D.1	Statistiques descriptives concernant les échantillons appariés étendus aux entreprises ayant recours au CIR entre 2004 et 2008	135

LISTE DES FIGURES

2.1	Nombre d'entreprises ayant recours au CIR par année de premier recours	30
2.2	Montant annuel de la créance de CIR des entreprises selon leur année de premier recours	31
2.3	Part des entreprises ne demandant pas le CIR l'année n alors qu'elles le demandaient en $n - 1$, par cohorte de recours	32
2.4	Taux effectif d'imposition sur les bénéfices (IS / EBE) par cohorte . .	36
2.5	Évolution de la composition de l'emploi des entreprises par cohorte de recours au CIR	38
2.6	Part de la créance associée aux groupes de demandeurs en fonction de leur rang	39
2.7	Part de la créance associée aux groupes de demandeurs en fonction de leur centile d'appartenance	40
2.8	Part de la créance selon la taille des entreprises (effectifs), découpées par dixième de valeur ajoutée	42
3.1	Créance de CIR rapportée à l'actif non financier autour de l'année de premier recours	50
3.2	Taux implicite d'imposition (IS / EBE) autour de l'année de premier recours au CIR	51
3.3	Log des heures travaillées par des ingénieurs	52

3.4	Probabilités d'employer plus de n ingénieurs autour du recours au CIR	53
3.5	Part des salaires versés à des ingénieurs autour de l'année de premier recours au CIR	54
3.6	Probabilité de déposer un brevet autour de l'année de premier recours au CIR	56
3.7	Taux d'investissement autour de l'année de premier recours au CIR	57
3.8	Part des salaires dans la valeur ajoutée	59
3.9	Productivité totale des facteurs	60
3.10	Chiffre d'affaires (log)	61
3.11	Part des exportations dans le chiffre d'affaires	62
3.12	Créance de CIR rapporté à l'actif non financier autour de l'année de premier recours	67
3.13	Taux implicite d'imposition (IS / EBE) autour de l'année de premier recours au CIR	68
3.14	Probabilités d'employer plus de n ingénieurs autour du recours au CIR	69
3.15	Part des salaires versés à des ingénieurs autour de l'année de premier recours au CIR	70
3.16	Probabilité de déposer un brevet autour de l'année de premier recours au CIR	71
3.17	Taux d'investissement autour de l'année de premier recours au CIR	72
3.18	Part des salaires dans la VA autour de l'année de premier recours au CIR	73
3.19	PTF autour de l'année de premier recours au CIR	74
3.20	Chiffre d'affaires autour de l'année de premier recours au CIR	75

4.1	Créance CIR rapportée à l'actif par année relative au premier recours, pour chaque cohorte.	80
5.1	Recours au CIR autour d'un contrôle de CIR	104
5.2	Recours au CIR autour d'un contrôle avec avis défavorable	105
5.3	Recours au CIR autour d'un avis non-défavorable de CIR	106
5.4	Performance autour d'un contrôle	107
5.5	Performance autour d'un contrôle avec avis défavorable	108
B.1	Créance de CIR rapporté à l'actif non financier autour de l'année de premier recours – Échantillon "échelonné" – Cohortes 2008 - 2016	121
B.2	Créance de CIR rapporté à l'actif non financier autour de l'année de premier recours – Échantillon "échelonné" – Cohortes 2004-2007	122
B.3	Taux implicite d'imposition (IS / EBE) autour de l'année de premier recours au CIR – Échantillon "échelonné" – Cohortes 2008 - 2016	123
B.4	Taux implicite d'imposition (IS / EBE) autour de l'année de premier recours au CIR – Échantillon "échelonné" – Cohortes 2004-2007	124
B.5	Part des salaires versés à des ingénieurs autour de l'année de premier recours au CIR – Échantillon "échelonné" – Cohortes 2008 - 2016	125
B.6	Part des salaires versés à des ingénieurs autour de l'année de premier recours au CIR – Échantillon "échelonné" – Cohortes 2004-2007	126
B.7	Probabilités d'employer plus de n ingénieurs autour du recours au CIR – Échantillon "échelonné" – Cohortes 2008 - 2016	127
B.8	Probabilités d'employer plus de n ingénieurs autour du recours au CIR – Échantillon "échelonné" – Cohortes 2004-2007	128
B.9	Probabilité de déposer un brevet autour de l'année de premier recours au CIR – Échantillon "échelonné" – Cohortes 2008 - 2016	129

B.10	Probabilité de déposer un brevet autour de l'année de premier recours au CIR – Échantillon "échelonné" – Cohortes 2004-2007	130
B.11	Taux d'investissement incorporel – Échantillon "échelonné" – Cohortes 2008 - 2016	131
B.12	Taux d'investissement incorporel – Échantillon "échelonné" – Cohortes 2004-2007	132
D.1	Performance autour d'un contrôle dont l'avis n'est pas défavorable	136



L'Institut des politiques publiques (IPP) a été créé par l'École d'économie de Paris (PSE) et est développé dans le cadre d'un partenariat scientifique entre PSE et le Groupe des écoles nationales d'économie et statistique (GENES). L'IPP vise à promouvoir l'analyse et l'évaluation quantitatives des politiques publiques en s'appuyant sur les méthodes les plus récentes de la recherche en économie.

PSE a pour ambition de développer, au plus haut niveau international, la recherche en économie et la diffusion de ses résultats. Elle rassemble une communauté de près de 140 chercheurs et 200 doctorants, et offre des enseignements en Master, École d'été et Executive education à la pointe de la discipline économique. Fondée par le CNRS, l'EHESS, l'ENS, l'École des Ponts-ParisTech, l'INRA, et l'Université Paris 1 Panthéon Sorbonne, PSE associe à son projet des partenaires privés et institutionnels. Désormais solidement installée dans le paysage universitaire mondial, la fondation décloisonne ce qui doit l'être pour accomplir son ambition d'excellence : elle associe l'université et les grandes écoles, nourrit les échanges entre l'analyse économique et les autres sciences sociales, inscrit la recherche académique dans la société, et appuie les travaux de ses équipes sur de multiples partenariats. www.parisschoolofeconomics.eu



Le GENES est un établissement public d'enseignement supérieur et de recherche. Au sein du GENES, le CREST est un centre de recherche interdisciplinaire spécialisé en méthodes quantitatives appliquées aux sciences sociales regroupant des chercheurs de l'ENSAE Paris, de l'ENSAI, du département d'économie de l'École polytechnique et du CNRS. Centre interdisciplinaire spécialisé en méthodes quantitatives appliquées aux sciences sociales, le CREST est organisé en quatre thématiques : économie, statistiques, finance-assurance et sociologie. La culture commune des équipes est celle d'un attachement fort aux méthodes quantitatives, aux données, à la modélisation mathématiques, et d'allers-retours continus entre les modèles théoriques et les preuves empiriques permettant d'analyser des problématiques sociétales et économiques concrètes. <http://crest.science>



ÉTUDE POUR LA CNEPI - 2021

LA R&D DES GROUPES FRANCAIS ET LE CIR

STÉPHANE LHUILLERY

SOLÈNE MENU

MARION TELLECHEA

STÉPHANIE THIÉRY



NEOMA
BUSINESS SCHOOL
REIMS - ROUEN - PARIS

NEOMA Business School est une référence dans le domaine de la formation en gestion, avec plus de 9 500 étudiants basés sur des campus à Reims, Rouen et Paris. Elle offre un portefeuille de programmes allant du premier cycle à la formation des cadres, gérés par une faculté de 185 professeurs permanents. NEOMA Business School compte plus de 65 700 anciens élèves répartis dans plus de 127 pays du monde entier.

Les auteurs de l'étude

Stéphane Lhuillery* est professeur en économie de l'innovation à NEOMA BS. Il est spécialiste en économie de l'innovation. Il a mené différents travaux d'évaluation des politiques d'innovation aussi bien sur les entreprises que sur l'enseignement supérieur, au niveau national qu'international.

Solène Menu est ingénieure de recherche à NEOMA Business School. Elle est titulaire d'un Master en Statistique pour l'Évaluation et la Prédiction, mention Analyse et Politiques Économiques, obtenu en 2019 à l'Université de Reims Champagne-Ardenne.

Marion Tellechea prépare en parallèle un Doctorat en Sciences de Gestion au sein d'ICN Business School (Nancy) et de l'Université de Lorraine. Ses travaux de recherche doctorale portent sur la gouvernance d'entreprise. Elle s'intéresse particulièrement aux mécanismes de gouvernance que sont le comité d'audit, l'audit interne et l'audit externe et mobilise des méthodes d'analyse qualitatives dans le cadre de ses recherches. Marion possède un diplôme de master avec une spécialisation en audit de l'ICN Business School obtenu en 2016.

Stéphanie Thiéry est professeure en audit à ICN Business School. Elle est responsable de la route audit. Docteur en Sciences de Gestion et Habilitée à Diriger des Recherches (HDR), elle est ancienne élève de l'École Normale Supérieure de Cachan. Ses domaines d'enseignement et de recherche sont axés sur l'audit, la gouvernance, le contrôle interne et les fraudes, le contrôle de gestion et les normes comptables internationales. Elle mobilise dans ses travaux à la fois des méthodes d'analyse qualitatives et quantitatives.

* Correspondance :

Stéphane Lhuillery

NEOMA BS

59 rue Pierre Taittinger, 51100 Reims, France.

stephane.lhuillery@neoma-bs.fr

RESUME

Cette étude est consacrée à l'internationalisation de la R&D des groupes français et au rôle que le Crédit Impôt Recherche (CIR) joue dans le processus de décision en matière de délocalisation de ces activités. Il mobilise une grande variété de bases de données et de rapports d'activité des entreprises pour appréhender l'importance des dépenses de R&D réalisées à l'étranger par les groupes français et pour en identifier les principales tendances et caractéristiques. L'analyse statistique descriptive est privilégiée, complétée d'une part par une approche économétrique sur les facteurs de localisations et, d'autre part, par une série d'entretiens avec un échantillon de décideurs. Les principaux résultats obtenus par l'analyse sont les suivants :

Une R&D très concentrée et en déclin relatif

- Sur les vingt dernières années, les groupes français sont relativement stables en nombre mais leur poids baisse d'un tiers dans le classement mondial des plus grands investisseurs en R&D,
- 70% de la R&D mondiale des groupes français est réalisée par seulement 12 groupes et cette concentration a augmenté au cours des 10 dernières années, y compris en termes de dépenses réalisées en France,
- La perte de leadership des groupes français dans le classement mondial repose surtout sur l'absence de nouveaux leaders français, contrairement à l'évolution constatée dans d'autres pays comme les États-Unis,
- Le déclin dans le numérique est marqué mais concerne aussi les autres pays d'Europe (sauf les Pays-Bas) ; le maintien dans les secteurs de la santé et des transports ne doit pas masquer l'essor des groupes concurrents allemands et américains,
- Le CIR (Crédit Impôt Recherche) passé en volume et déplafonné en 2008 ne semble pas avoir non plus permis aux groupes français de suivre le rythme de croissance de R&D de leurs principaux concurrents mondiaux, ou de mieux résister à la crise de 2009-2010,
- Le CIR passé en volume et déplafonné en 2008 ne semble pas non plus avoir permis de maintenir en France les activités de R&D des groupes américains qui augmentent fortement ailleurs en Europe et surtout en Allemagne,
- Lorsque la structure et la taille des groupes français sont prises en compte, les résultats montrent que le déclin des groupes français n'est pas significativement différent du recul subi par les groupes des autres pays européens, face à la montée des groupes chinois et américains,
- L'érosion des groupes français s'estompe cependant à partir de 2017.

Des indicateurs complémentaires pour appréhender la localisation de la R&D

- L'analyse de la localisation des activités de R&D des groupes français à l'étranger à partir des portefeuilles de brevets (e.g. base PATSTAT) ou de publications académiques (e.g. base Scopus) faites par les chercheurs des filiales installées dans les pays étrangers est possible, mais impose de prendre en compte les opérations de fusions-acquisitions ou de cessions,
- Les rapports d'activités annuels des groupes retracent de manière irrégulière les stratégies d'implantation ou d'investissement en R&D à l'étranger,
- Les données d'investissements directs à l'étranger en R&D sont plus précises, mais ne fournissent pas d'information sur le type et la pérennité des activités de R&D.

Une globalisation avec un repli apparent sur la France

- La croissance du nombre d'inventions et publications réalisées en France s'accompagne d'une baisse du nombre d'inventions et de publications faites à l'étranger,
- La réforme du CIR de 2008 avec son passage en volume et son déplafonnement semble cependant être non significative dans cette évolution,

- Les inventions et publications faites à l'étranger reposent surtout sur les chercheurs basés en Europe et, notamment, en Allemagne, devant les États-Unis, loin devant les publications de la Chine et de l'Asie qui restent faibles,
- En France, se distinguent d'une part de grands groupes aux inventions surtout développées/réalisées en France (concentrés surtout dans l'automobile, les TICs et les services) et d'autre part des multinationales hétérogènes aux inventions bien davantage développées/réalisées à l'étranger (avec Sanofi mais aussi Saint-Gobain, Schneider, Total, Nexans, Danone ou Areva).
- Si un risque de basculement de la R&D vers l'étranger existe, les données suggèrent que celui-ci est lent et limité, et ne concernerait que quelques groupes dont les inventions sont déjà développées/réalisées en grande partie à l'étranger (Sanofi mais aussi Saint-Gobain, Schneider, Total, Nexans, Danone ou Areva),
- Le trend croissant des investissements directs à l'étranger repose notamment sur les efforts des groupes de l'automobile et du numérique qui se tournent vers la Chine, l'Europe de l'Est et les États-Unis et qui sont les premiers pays à être mis en avant dans les rapports annuels des groupes.

Quel rôle du CIR dans le maintien de la R&D en France ?

- En matière de localisation de la R&D, les décideurs des grands groupes mondiaux raisonnent seulement au niveau des métropoles et d'écosystèmes locaux, et non au niveau national,
- L'attractivité d'un écosystème local se caractérise selon 5 dimensions :
 1. La qualité de vie pour les chercheurs,
 2. L'accès à des compétences locales spécifiques, soit par des coopérations privé-public, soit via des fusions-acquisitions,
 3. La proximité avec les sites de production et les clients,
 4. Les aides directes et indirectes à la R&D et à l'innovation,
 5. Les droits de propriété et les risques de fuite technologique,
- Les décideurs hiérarchisent cependant difficilement les différentes dimensions et soulignent décider en pondérant ces dimensions,
- La présence d'un écosystème local facilitant l'accès aux compétences (dimension 2.) semble cependant primer, y compris sur le rôle des financements publics directs et indirects (dimension 4.), surtout pour les entreprises des secteurs high-tech, moins focalisées sur les coûts de la R&D,
- L'effet du CIR sur les multinationales est jugé complémentaire aux autres aides reçues, notamment celles permettant l'intégration à un écosystème local (e.g. les bourses CIFRE),
- Le CIR est jugé nécessaire mais ne semble pas être un outil suffisant pour inciter les décideurs à pérenniser la R&D de leur entreprise en France, compte tenu des autres critères de localisation,
- À aucun moment le changement de 2008 n'a été évoqué par les décideurs dans les entretiens : cela traduit le fait que la générosité du dispositif actuel du CIR est actée, sa stabilité souhaitée, et le mécanisme antérieur est oublié ou occulté. Ce CIR est jugé comme légitime par les décideurs car il rétablit la compétitivité du site en France (notamment pour la partie développement de la R&D) grevée par des salaires et un IS jugés trop élevés, surtout dans les secteurs « traditionnels » à faible intensité technologique.

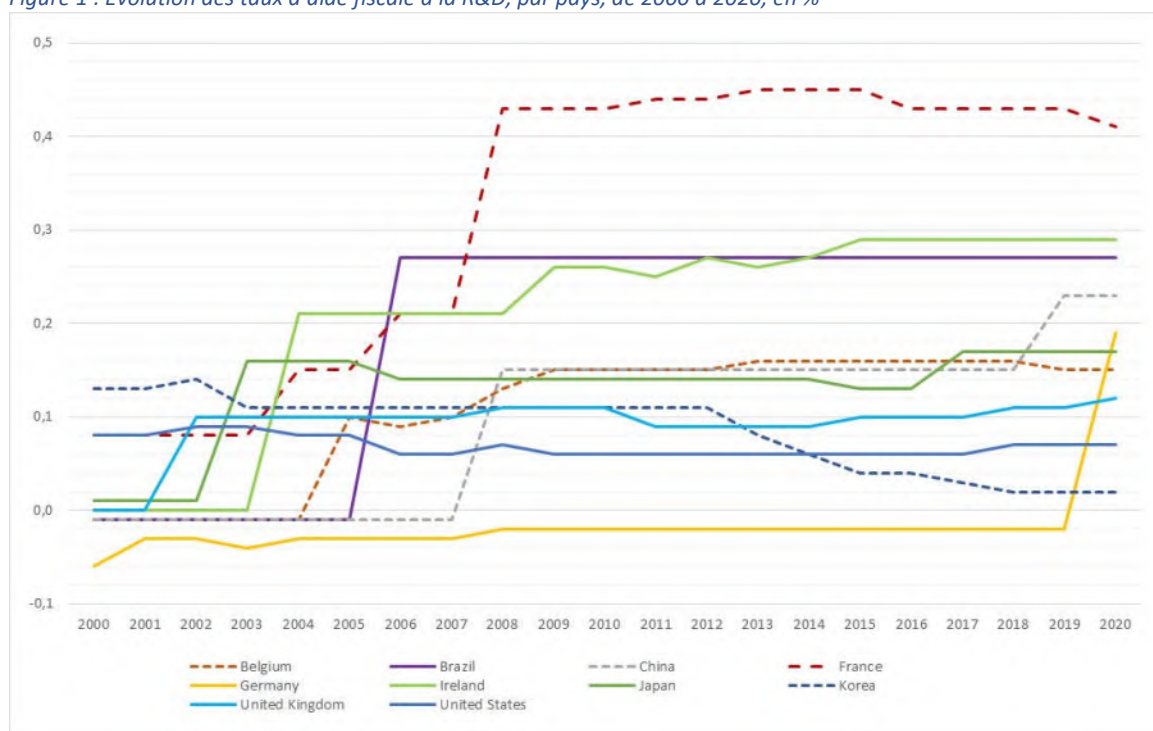
*

* *

INTRODUCTION

La France est le pays européen qui intervient le plus et de façon la plus variée pour soutenir la R&D (Recherche et Développement Expérimental) et l'innovation de ses entreprises (Harfi and Lallement, 2016; OECD, 2021). Au sein du système d'aide français à l'innovation, les aides fiscales dominent largement depuis 2008. Cette année marque en effet le passage à un Crédit Impôt Recherche (CIR) plus généreux, totalement en volume et déplafonné : le CIR est l'aide fiscale la plus généreuse des pays de l'OCDE. Depuis le début des années 2000, de nombreux pays ont imité la France, tels que les BRICS¹ ou encore des plus compétitifs tel que l'Allemagne avec un dispositif centré sur les PMI-PME (voir Figure 1).

Figure 1 : Évolution des taux d'aide fiscale à la R&D, par pays, de 2000 à 2020, en %



Source OECD R&D Tax Incentive Database, December 2020. <http://oe.cd/rdtax>

Note : Ce graphique est réalisé en choisissant les taux concernant les grandes entreprises dégageant des profits.

L'avis de la CNEPI de 2019 souligne qu'au niveau macroéconomique, le CIR a pu avoir joué un rôle dans le maintien du niveau des dépenses de R&D en France, durant les premières années post-crise de 2008. La France, compte tenu de sa structure industrielle, fait désormais preuve d'un effort de R&D qui la classe parmi les tout premiers pays de l'OCDE. Les études économétriques de la première phase d'évaluation de la CNEPI montrent un effet de levier autour de 1, c'est-à-dire qu'un euro d'aide entraîne un euro supplémentaire de R&D de la part des entreprises. Elles marquent l'absence d'effets d'éviction, ou des effets d'éviction faibles au regard du rendement social de la R&D. Ces études utilisent des méthodes d'échantillons comparatifs et ne prennent pas en compte les grands groupes.

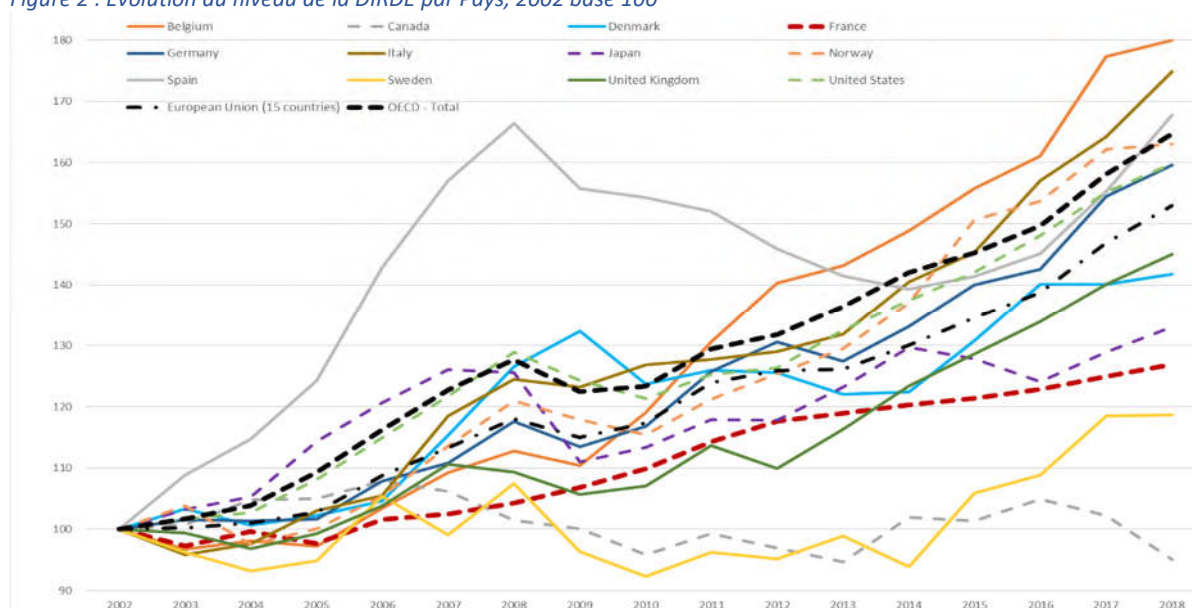
Certes, la France, compte tenu de sa structure industrielle tertiarisée, fait désormais preuve d'un effort de R&D qui la classe parmi les premiers pays de l'OCDE. Toutefois, la croissance de la dépense française

¹ Brésil, Russie, Inde, Chine et Afrique du Sud

en R&D des entreprises (mesurée par la DIRDE ou dépense interne de R&D des entreprises) depuis vingt ans est inférieure à celle des autres pays européens sur la période (cf. Figure 2, page 6) ainsi qu'à celle d'autres pays de l'OCDE concernés par le dynamisme des dépenses tels que les États-Unis ou la Corée (non représentés). La baisse de l'importance relative du poids de la R&D industrielle française sur la période est encore plus marquée quand la Chine est intégrée dans l'analyse.

La croissance de la DIRDE française est en effet atone jusqu'au milieu des années 2000, la croissance des dépenses de R&D débute alors, pour s'intensifier jusqu'en 2012. Avec la Corée, la France est le seul pays qui sera épargné par la baisse des dépenses de R&D des entreprises qui a touché la plupart des autres pays de l'OCDE en 2009-2010, lors de la crise financière. Cependant, alors que les années 2010 voient une reprise vigoureuse des dépenses de R&D des entreprises dans la plupart des pays de l'OCDE, la France quant à elle enregistre une faible croissance (Figure 2).

Figure 2 : Évolution du niveau de la DIRDE par Pays, 2002 base 100



Source : MSTI, OCDE, 2020.

Note : les DIRDE sont en prix constant et en parité des pouvoirs d'achat, qui ne modifie pas les trajectoires ; les lignes hachurées sont les pays hors UE. Les lignes en noir sont des agrégats.

Le rôle des groupes dans cette évolution nationale est encore mal connu. Les analyses sont faites essentiellement au niveau des entreprises, négligeant les potentielles fuites de ressources vers l'étranger, même si elles intègrent la R&D de groupes étrangers faite au niveau national

Les décisions prises par Shell, Texas Instruments, Sanofi ou Peugeot de diminuer leur R&D en France suite à la crise de 2009 et ce, malgré un passage en volume et un déplafonnement du CIR, sont des exemples intéressants. Néanmoins, lors de la même décennie, d'autres multinationales sont venues installer leur R&D en France (e.g. Huawei, Aramco, Facebook) lors de la même décennie.

Que s'est-il finalement passé ? Les groupes français ont-ils développé davantage leurs activités de R&D à l'étranger, là où les chercheurs sont moins chers et les marchés en croissance ? Les groupes français se sont-ils repliés sur la France nourricière ? Et si oui, un tel mouvement est-il corrélé au passage du CIR en volume en 2008 ?

La réponse à ces questions ne se trouve pas dans la littérature existante : les différentes études basées sur des modèles sophistiqués de traitements peinent à rendre compte du cœur de la R&D française : les groupes multinationaux français. Malgré un rééquilibrage au cours des 30 dernières années de la R&D au profit des start-ups et des PMI-PME, les dépenses nationales de R&D des entreprises restent

en effet concentrées aux mains de quelques groupes nationaux. À côté de ces firmes, la plupart des grands groupes mondiaux dans les technologies de l'information ou dans le secteur pharmaceutique réalisent aussi de la R&D en France et constituent une part notable des dépenses nationales (Le Ru, 2013). Ces différents grands groupes bénéficient systématiquement des aides fiscales, il est donc difficile, voire impossible, de les comparer à des entreprises similaires qui n'auraient pas bénéficié du CIR (voir Marino et al., 2016). En d'autres termes, les évaluations faites cernent les effets du CIR sur les entreprises de petite, moyenne ou – plus rarement – grande taille, mais peinent à saisir l'impact du CIR au niveau des grands groupes situés en France, alors même qu'ils représentent l'essentiel de la DIRDE française et que leurs décisions impactent donc rapidement et fortement le niveau de recherche français.

Le présent travail vise à opérer un changement de niveau d'analyse en proposant une alternative aux approches au niveau des entreprises ou celles au niveau macroéconomique : si les grands groupes sont le cœur de la R&D française, et entraînent avec eux les startups, alors ils doivent être une unité d'analyse privilégiée pour les décideurs des politiques publiques d'aides à la R&D et à l'innovation.

Cette étude propose donc de mieux connaître les multinationales situées en France et d'appréhender leurs comportements en matière de localisation de la R&D à l'étranger. Cette analyse utilise différentes données étalées sur la période 2001-2019, et porte donc sur l'évolution, avant et après la réforme de 2008 du CIR. Or les groupes français sont peu nombreux, très hétérogènes et de secteurs très différents. Nous optons dès lors pour une analyse statistique essentiellement descriptive pour déterminer les caractéristiques de l'activité mondiale de R&D des deux groupes suivants : celles des multinationales françaises faisant le plus de R&D en France et faisant ou non de la R&D à l'étranger et les multinationales étrangères faisant de la R&D, en France ou non.

Ce premier objectif repose sur l'utilisation de nombreuses bases de données souvent mises en œuvre de manière alternative (brevets, publications, Investissements Directs à l'Étranger - IDE ci-après) et complétées par l'analyse des rapports d'activités annuelles des groupes. Un deuxième objectif est donc d'apprécier les intérêts et d'identifier les limites des différents indicateurs disponibles pour une analyse des activités de R&D des différents groupes.

L'étude constitue une approche complémentaire à celles qui portent sur les données agrégées ou au niveau micro économétrique d'entreprises appartenant à des groupes.

Le quatrième objectif de cette étude vise à contribuer à la réflexion sur la question de la dépendance vis-à-vis de l'extérieur qui accompagne toute ouverture économique et qui peut susciter des difficultés en cas de chocs majeurs. La localisation de la R&D par les grands groupes doit être l'un des volets importants de cette réflexion.

L'étude se décline en quatre parties :

[Le chapitre 1](#) propose de comparer les stratégies de R&D des groupes français par rapport aux groupes d'autres nationalités, à partir d'une analyse des données du scoreboard européen ainsi que celles de l'enquête annuelle sur le R&D dans les entreprises du MESRI (Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Recherche et de l'Innovation).

[Le chapitre 2](#) part du constat qu'il n'existe pas de bases de données qui permettent d'identifier précisément les lieux de réalisation de la R&D par les groupes français à l'étranger, nous proposons une analyse à partir des différents indicateurs pour évaluer au mieux la localisation et le volume de ces activités. Ces indicateurs concernent des données d'input et d'output de la R&D. Le cas du groupe Sanofi est utilisé comme exemple, pour montrer les intérêts et limites de ces différents indicateurs.

Dans [le chapitre 3](#), nous retenons quatre indicateurs parmi ceux présentés dans le second chapitre. Les calculs sont produits sur 81 groupes français représentant la majeure partie de la R&D des entreprises en France. Que ce soit au niveau agrégé ou au niveau des groupes, les années 2000 sont comparées à celles des années 2010, pour identifier une éventuelle rupture dans le comportement en matière de localisation de la R&D de ces groupes, à la suite de la réforme du CIR de 2008.

Le chapitre 4 constitue une approche complémentaire et qualitative sur cette dernière question. Des interviews auprès de 18 décideurs de 17 grands groupes français ont été menées sur les déterminants de la localisation de la R&D. Il cherche notamment à cerner la place du CIR et des autres aides à la R&D dans les différents déterminants des décisions de délocalisation des activités de R&D identifiées dans la littérature (Castellani and Lavoratori, 2019; Siedschlag et al., 2013).

Table des matières

INTRODUCTION	5
1 LA CONCURRENCE EN R&D DES GROUPES MONDIAUX.....	19
1.1 Le poids de la R&D des groupes français dans le monde	19
1.1.1 Le poids international des groupes.....	19
1.1.2 La concentration de la R&D des grands groupes	22
1.1.3 Leadership et persistance des groupes dans le classement.....	26
1.1.4 Évolutions sectorielles.....	29
1.1.5 Les groupes français ont-ils démérité ?	39
1.2 La R&D des groupes en France	40
1.2.1 Le poids des groupes dans la R&D industrielle française.....	40
1.2.2 Analyse sectorielle de la R&D des groupes situés en France.....	44
1.2.3 Les dépenses de R&D faites à l'étranger par les groupes localisés en France.....	45
1.2.4 Les financements de la R&D des groupes localisés en France industrielle par des entreprises étrangères.....	48
1.3 La R&D des groupes français aux États-Unis	50
1.3.1 Les données du BEA, par défaut	50
1.3.2 Les investissements en R&D des filiales françaises aux États-Unis.....	51
1.3.3 Les secteurs d'investissement privilégiés par les groupes français aux États-Unis	55
2 COMMENT LOCALISER LA R&D DE GROUPES MONDIAUX ?.....	57
2.1 Les données centrées sur la production de connaissance	57
2.1.1 Les données de publication de brevets.....	58
2.1.2 Les informations issues de publications académiques	62
2.1.3 Les rapports annuels	71
2.2 Les informations indirectes sur la production de connaissance.....	74
2.2.1 L'activité des filiales à l'étranger.....	74
2.2.2 Les investissements directs en R&D à l'étranger	76
2.2.3 Les fusions et acquisitions et la R&D	79
2.3 Le croisements des sources de données	81
2.3.1 Quelles complémentarités entre indicateurs ?.....	81
2.3.2 Illustration avec le cas de Sanofi.....	82
3 LA R&D DES GROUPES ET LE CIR : APPROCHE QUANTITATIVE	87
3.1 La localisation de la R&D des groupes français à l'étranger par ses outputs	87
3.1.1 Les dépôts des brevets faits avec des inventeurs localisés à l'étranger.....	87
3.1.2 Les publications à l'étranger	93
3.2 La localisation de la R&D des groupes français à l'étranger par les inputs	100
3.2.1 Les investissements de R&D à l'étranger.....	100

3.1.4 Les centres de R&D à l'étranger dans les rapports d'activités.....	103
3.3 Recoupement des indicateurs et changement structurel	106
4 GLOBALISATION DE LA R&D ET CIR : APPROCHE QUALITATIVE	111
4.1 L'approche qualitative	111
4.1.1 Une approche complémentaire	111
4.1.2 Un échantillon de groupes français	111
4.2 Les critères de localisation de la R&D des groupes français.....	113
4.2.1 L'existence préalable d'un écosystème local.....	113
4.2.2 Accès et intégration à l'écosystème local	114
4.2.3 Des garanties institutionnelles.....	117
4.3 Les facteurs de contingence	119
4.3.1 Le niveau technologique sectoriel	119
4.3.2. Histoire et irréversibilités.....	120
4.4 Le processus d'élaboration de la décision de localisation.....	122
4.4.1 Des décisions de localisation des activités de R&D prises au plus haut niveau de l'entreprise	122
4.4.2 Quels processus de choix de la localisation des activités de R&D	122
5 Conclusion	125
References.....	126

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Évolution des taux d'aide fiscale à la R&D, par pays, de 2000 à 2020, en %	5
Figure 2 : Évolution du niveau de la DIRDE par Pays, 2002 base 100	6
Figure 3 : Évolution des montants de R&D dépensés par les groupes, par pays (Base 100 : 2005)	20
Figure 4: Le poids de la R&D des 12 premiers groupes français dans la R&D des groupes français (en %)	25
Figure 5 : Les poids des groupes leaders d'un pays dans les dépenses de l'ensemble des groupes de ce pays	27
Figure 6 : Évolution des parts de R&D des groupes français dans la R&D des groupes mondiaux.....	28
Figure 7 : Évolution du niveau d'investissement en R&D des groupes de santé, selon leur pays d'origine (En euros courants)	32
Figure 8 : Évolution du poids mondial des groupes de santé, selon leur pays d'origine (en %).....	32
Figure 9 : Évolution du niveau d'investissement en R&D des groupes dans le numérique, selon leur pays d'origine (en euros courants)	33
Figure 10 : Évolution du poids mondial des groupes dans le numérique, selon leur pays d'origine, en %	33
Figure 11 : Évolution du niveau d'investissement en R&D des groupes des secteurs du transport, selon leur pays d'origine (Base 100 en 2005)	35
Figure 12 : Évolution du poids mondial des groupes des secteurs du transport, selon leur pays d'origine, en %.....	35
Figure 13 : Évolution de la concentration en R&D des groupes de santé, par pays d'origine	37
Figure 14 : Évolution de la concentration des groupes des secteurs du numérique, par pays d'origine	37
Figure 15 : Évolution de la concentration des groupes des secteurs du transport, par pays d'origine	38
Figure 16 : Évolution des dépenses internes de R&D des filiales étrangères aux États-Unis (en milliards de dollars 2015).....	52
Figure 17 : Évolution des dépenses internes de R&D des filiales étrangères aux États-Unis (en US dollars 2015).....	52
Figure 18 : Évolution des investissements de R&D des groupes français (base 100 en 2005)	53
Figure 19 : Évolution des investissements de R&D des groupes, au niveau mondial et aux États-Unis (base 100 en 2005)	54
Figure 20. Cartographie mondiale de la localisation des inventeurs du portefeuille de brevets Sanofi sur la période 2004-2009	61
Figure 21. Cartographie mondiale de la localisation des inventeurs du portefeuille de brevets de Sanofi sur la période 2010-2015	62
Figure 22 : Cartographie mondiale des publications affiliées Sanofi sur la période 2004-2009.....	70
Figure 23 : Cartographie mondiale des publications affiliées Sanofi sur la période 2010-2015.....	70
Figure 24. Cartographie mondiale de l'implantation des filiales de Sanofi	76
Figure 25. Les IDE de Sanofi sur la période 2003-2020	77
Figure 26. Évolution des IDE de Sanofi sur la période 2003-2020 (en millions de dollars courants)....	78
Figure 27. Les IDE de Sanofi sur la période 2005-2009	79
Figure 28. Les IDE de Sanofi sur la période 2010-2015	79
Figure 29 : SANOFI 2004 à 2009	85
Figure 30 : SANOFI 2010 à 2015	85
Figure 31 : Évolution des fractions d'inventions réalisées en France ou à l'étranger, entre 2004 et 2015	88
Figure 32 : Évolution des fractions d'inventions réalisées à l'étranger par les groupes français, par pays et zone.....	89
Figure 33 : Nombre d'articles réalisés en France et à l'étranger par des groupes français, entre 2004 et 2018.....	94
Figure 34 : Évolution du nombre de publications faites à l'étranger par les groupes français.....	95

Figure 35: Évolution des investissements directs à l'étranger faits par les groupes français.....	101
Figure 36 : Évolution du montant des investissements directs à l'étranger pour R&D par les groupes français, par période	101
Figure 37 : Évolution du nombre de groupe déclarant disposer d'au moins un centre de R&D en France ou à l'étranger.....	104
Figure 38 : Évolution de la répartition des centres à l'étranger déclarés par les groupes français, par zone.....	104
Figure 39 : AB SCIENCE de 2004 à 2009	150
Figure 40 : AB SCIENCE de 2010 à 2015	150
Figure 41 : ACTIA de 2004 à 2009	151
Figure 42 : ACTIA de 2010 à 2015	151
Figure 43 : ADP de 2004 à 2009	152
Figure 44 : ADP de 2010 à 2015	152
Figure 45 : AIR LIQUIDE de 2004 à 20.....	153
Figure 46 : AIR LIQUIDE de 2010 à 20.....	153
Figure 47 : AIRBUS de 2004 à 2009	154
Figure 48 : AIRBUS de 2010 à 2015	154
Figure 49 : AKKA de 2004 à 2009	155
Figure 50 : AKKA de 2010 à 2015	155
Figure 51 : ALCATEL de 2004 à 2009	156
Figure 52 : ALCATEL de 2010 à 2015	156
Figure 53 : ALSTOM de 2004 à 2009	157
Figure 54 : ALSTOM de 2010 à 2015	157
Figure 55 : AREVA de 2004 à 2009	158
Figure 56 : AREVA de 2010 à 2015	158
Figure 57 : ARKEMA de 2004 à 2009.....	159
Figure 58 : ARKEMA de 2010 à 2015	159
Figure 59 : AUCHAN de 2004 à 2009.....	160
Figure 60 : AUCHAN de 2010 à 2015.....	160
Figure 61 : AXWAY de 2004 à 2009.....	160
Figure 62 : AXWAY de 2010 à 2015	161
Figure 63 : BIC de 2004 à 2009.....	162
Figure 64 : BIC de 2010 à 2015.....	162
Figure 65 : BIOMERIEUX de 2004 à 2009	162
Figure 66 : BIOMERIEUX de 2010 à 2015	163
Figure 67 : BOLLORE de 2004 à 2009	163
Figure 68 : BOLLORE de 2010 à 2015	164
Figure 69 : BOUYGUES de 2004 à 2009	165
Figure 70 : BOUYGUES de 2010 à 2015	165
Figure 71 : BURELLE de 2004 à 2009	166
Figure 72 : BURELLE de 2010 à 2015	166
Figure 73 : CAPGEMINI de 2004 à 2009	167
Figure 74 : CAPGEMINI de 2010 à 2015	167
Figure 75 : CEGEDIM de 2004 à 2009.....	168
Figure 76 : CEGEDIM de 2010 à 2015.....	168
Figure 77 : CEGID de 2004 à 2009	169
Figure 78 : CEGID de 2010 à 2015	169
Figure 79 : CGG de 2004 à 2009.....	170
Figure 80 : CGG de 2010 à 2015.....	170
Figure 81 : CGI de 2004 à 2009.....	171
Figure 82 : CGI de 2010 à 2015.....	171
Figure 83 : CRITEO de 2004 à 2009	172

Figure 84 : CRITEO de 2010 à 2015	172
Figure 85 : DANONE de 2004 à 2009.....	173
Figure 86 : DANONE de 2010 à 2015.....	173
Figure 87 : DASSAULT AVIATION de 2004 à 2009	174
Figure 88 : DASSAULT AVIATION de 2010 à 2015	174
Figure 89 : DASSAULT SYSTEMES de 2004 à 2009.....	175
Figure 90 : DASSAULT SYSTEMES de 2010 à 2015.....	175
Figure 91 : DBV TECHNOLOGIES de 2004 à 2009	176
Figure 92 : DBV TECHNOLOGIES de 2010 à 2015	176
Figure 93 : DIOR de 2004 à 2009.....	177
Figure 94 : DIOR de 2004 à 2009.....	177
Figure 95 : EDF de 2004 à 2009.....	178
Figure 96 : EDF de 2010 à 2015	178
Figure 97 : ENGIE de 2004 à 2009	179
Figure 98 : ENGIE de 2010 à 2015	179
Figure 99 : ERAMET de 2004 à 2009	180
Figure 100 : ERAMET de 2010 à 2015	180
Figure 101 : ESI GROUP de 2004 à 2009.....	181
Figure 102 : ESI GROUP de 2010 à 2015.....	181
Figure 103 : ESSILOR de 2004 à 2009	182
Figure 104 : ESSILOR de 2010 à 2015	182
Figure 105 : FAIVELEY de 2004 à 2009	183
Figure 106 : FAIVELEY de 2010 à 2015	183
Figure 107 : FIVES de 2004 à 2009	184
Figure 108 : FIVES de 2010 à 2015	184
Figure 109 : GAMELOFT de 2004 à 2009.....	185
Figure 110 : GAMELOFT de 2010 à 2015.....	185
Figure 111 : GEMALTO de 2004 à 2009.....	186
Figure 112 : GEMALTO de 2010 à 2015.....	186
Figure 113 : GFI de 2004 à 2009.....	187
Figure 114 : GFI de 2010 à 2015.....	187
Figure 115 : GUERBET de 2004 à 2009	188
Figure 116 : GUERBET de 2010 à 2015.....	188
Figure 117 : INGENICO de 2004 à 2009.....	189
Figure 118 : INGENICO de 2010 à 2015.....	189
Figure 119 : IPSEN de 2004 à 2009.....	190
Figure 120 : IPSEN de 2010 à 2015.....	190
Figure 121 : LATECOERE de 2004 à 2009	191
Figure 122 : LATECOERE de 2010 à 2015	191
Figure 123 : LEGRAND de 2004 à 2009.....	192
Figure 124 : LEGRAND de 2010 à 2015.....	192
Figure 125 : L'OREAL de 2004 à 2009.....	193
Figure 126 : L'OREAL de 2010 à 2015.....	193
Figure 127 : MANITOU de 2004 à 2009.....	194
Figure 128 : MANITOU de 2010 à 2015.....	194
Figure 129 : MGI COUTIER de 2004 à 2009.....	195
Figure 130 : MGI COUTIER de 2010 à 2015.....	195
Figure 131 : MICHELIN de 2004 à 2009	196
Figure 132 : MICHELIN de 2010 à 2015	196
Figure 133 : NEOPOST de 2004 à 2009.....	197
Figure 134 : NEOPOST de 2010 à 2015.....	197
Figure 135 : NEXANS de 2004 à 2009	198

Figure 136 : NEXANS de 2010 à 2015	198
Figure 137 : ORANGE de 2004 à 2009	199
Figure 138 : ORANGE de 2010 à 2015	199
Figure 139 : PARROT de 2004 à 2009	200
Figure 140 : PARROT de 2010 à 2015	200
Figure 141 : PSA de 2004 à 2009	201
Figure 142 : PSA de 2010 à 2015	201
Figure 143 : RADIALL de 2004 à 2009	202
Figure 144 : RADIALL de 2010 à 2015	202
Figure 145 : RENAULT de 2004 à 2009	203
Figure 146 : RENAULT de 2010 à 2015	203
Figure 147 : SAFRAN de 2004 à 2009	204
Figure 148 : SAFRAN de 2010 à 2015	204
Figure 149 : SAFT de 2004 à 2009	205
Figure 150 : SAFT de 2010 à 2015	205
Figure 151 : SAINT-GOBAIN de 2004 à 2009	206
Figure 152 : SAINT-GOBAIN de 2010 à 2015	206
Figure 153 : SANOFI de 2004 à 2009	207
Figure 154 : SANOFI de 2010 à 2015	207
Figure 155 : SCHNEIDER de 2004 à 2009	208
Figure 156 : SCHNEIDER de 2010 à 2015	208
Figure 157 : SCOR de 2004 à 2009	209
Figure 158 : SCOR de 2010 à 2015	209
Figure 159 : SEB de 2004 à 2009	210
Figure 160 : SEB de 2010 à 2015	210
Figure 161 : SERVIER de 2004 à 2009	211
Figure 162 : SERVIER de 2010 à 2015	211
Figure 163 : SNCF de 2004 à 2009	212
Figure 164 : SNCF de 2010 à 2015	212
Figure 165 : SOMFY de 2004 à 2009	213
Figure 166 : SOMFY de 2010 à 2015	213
Figure 167 : SOPRATERIA de 2004 à 2009	214
Figure 168 : SOPRATERIA de 2010 à 2015	214
Figure 169 : SUEZ de 2004 à 2009	215
Figure 170 : SUEZ de 2010 à 2015	215
Figure 171 : TARKETT de 2004 à 2009	216
Figure 172 : TARKETT de 2010 à 2015	216
Figure 173 : TECHNICOLOR de 2004 à 2009	217
Figure 174 : TECHNICOLOR de 2010 à 2015	217
Figure 175 : TECHNIP de 2004 à 2009	218
Figure 176 : TECHNIP de 2010 à 2015	218
Figure 177 : THALES de 2004 à 2009	219
Figure 178 : THALES de 2010 à 2015	219
Figure 179 : TOTAL de 2004 à 2009	220
Figure 180 : TOTAL de 2010 à 2015	220
Figure 181 : UBISOFT de 2004 à 2009	221
Figure 182 : UBISOFT de 2010 à 2015	221
Figure 183 : VALEO de 2004 à 2009	222
Figure 184 : VALEO de 2010 à 2015	222
Figure 185 : VALLOUREC de 2004 à 2009	223
Figure 186 : VALLOUREC de 2010 à 2015	223
Figure 187 : VEOLIA de 2004 à 2009	224

Figure 188 : VEOLIA de 2010 à 2015 224
Figure 189 : VILMORIN de 2004 à 2009 225
Figure 190 : VILMORIN de 2010 à 2015 225
Figure 191 : VINCI de 2004 à 2009 226
Figure 192 : VINCI de 2010 à 2015 226
Figure 193 : VIVENDI 2005 à 2009..... 226
Figure 194 : VIVENDI de 2010 à 2015..... 227
Figure 195 : ZODIAC 2005 à 2009..... 228
Figure 196 : ZODIAC de 2010 à 2015..... 228

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Évolution du nombre de groupes dans le classement 2X1000 des investisseurs mondiaux en R&D, par pays d'origine 2005-2019 (1)	20
Tableau 2 : Évolution du poids des groupes nationaux dans la R&D mondiale des groupes, en %.....	21
Tableau 3 : Évolution de la concentration des dépenses de R&D des groupes, par pays d'origine (1/HHI)	23
Tableau 4 : Évolution du TOP12 des groupes français dans le scoreboard 2X1000	24
Tableau 5 : Le nombre de groupes appartenant au top 10% des dépenses de R&D dans les dépenses des groupes, par pays d'origine	26
Tableau 6 : Évolution de la structure de la DIRDE réalisée en France (en Euros 2016)	42
Tableau 7 : La R&D réalisée à l'étranger par les filiales étrangères des groupes américains, par région et par pays sélectionnés.....	43
Tableau 8 : Évolution flux financiers pour travaux de R&D (DERD), en direction de l'étranger (en Euros 2016).....	46
Tableau 9 : Destination de la DERD vers les entreprises situées à l'étranger, en 2016 (Milliards d'euros)	47
Tableau 10 : Financements reçus pour travaux de R&D, en provenance des entreprises étrangères (en milliards, Euros 2016).....	49
Tableau 11 : Les dépenses de R&D des multinationales françaises aux États-Unis, en Mds de dollar 2015.....	55
Tableau 12 : Évolution du nombre total de brevets de Sanofi, par période (compte fractionnaire) ...	60
Tableau 13 : les différentes affiliations des auteurs d'articles appartenant au groupe Sanofi d'après Scopus	65
Tableau 14 : Affiliations et périmètre du groupe Sanofi dans Scopus	67
Tableau 15 : Les publications de Sanofi par affiliation sur la période 2000-2020 (comptage simple) .	68
Tableau 16 : Évolution du nombre d'articles publiés par Sanofi, par lieu d'affiliation et période	69
Tableau 17 : La localisation de la R&D proposée dans les rapports de Sanofi, 2004-2018, par pays ou zones.....	73
Tableau 18 : La localisation dans le temps des centres de R&D de Sanofi par pays, d'après les rapports annuels	74
Tableau 19 : Présence et activité de R&D de Sanofi, par pays et par sources.....	83
Tableau 20 : Évolution de la répartition des inventions des groupes français, par lieux de production et par période.....	90
Tableau 21 : Évolution du nombre d'inventions dont les inventeurs sont localisés à l'étranger, entre 2004-2009 et 2010-2015, par zone géographique, entre 2004-2009 et 2010-2015.	92
Tableau 22 : Types de publications avec au moins un auteur du groupe localisés à l'étranger, par période	97
Tableau 23 : Évolution du nombre de publications avec les chercheurs du groupe localisé à l'étranger, par zone géographique entre 2004-2009 et 2010-2015.	98
Tableau 24 : Évolution des IDE en R&D par les groupes français, entre les périodes 2004-2009 et 2010-2015.....	102
Tableau 25: Évolution de la répartition des centres de R&D à l'étranger déclarés par les groupes français, par pays et par période.....	105
Tableau 26 : Évolution des divulgations par les groupes français des zones d'implantation des centres de R&D dans leurs rapports, entre les périodes 2004-2009 et 2010-2015.....	107
Tableau 27 : Explication de l'intensité de la R&D des groupes	131
Tableau 28 Un exemple d'informations trouvées dans les documents comptables	132
Tableau 29 : Données « comptables » sur la R&D 2016 pour les entreprises françaises du Scoreboard 2016.....	134
Tableau 30 : Achats, prises de participation par Sanofi ou par l'une de ses filiales	141

Tableau 31 : Les ventes par Sanofi ou par l'une de ses filiales	142
Tableau 32: FDI de Sanofi par pays et activités visées entre 2003 et 2020	144
Tableau 33 : Taux de réponse aux sollicitations d'entretien et fonction des personnes interrogées	146
Tableau 34 : Nombres d'entretien par secteur d'activité	146
Tableau 35 : Explication de l'intensité de l'expatriation de l'activité de recherche	229

TABLE DES ENCADRES

Encadré 1 : La mesure de la concentration de la R&D	23
Encadré 2 : Les définitions utilisées des secteurs	31
Encadré 3 : Les enquêtes R&D en France.....	41
Encadré 4 : Quelle convergence entre informations recueillies par interviews et informations disponibles dans les comptes et rapports annuels ?	112
Encadré 5: Implantation de R&D et croissance.....	120

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Le classement IPTS des plus grands investisseurs de R&D mondiaux.....	129
Annexe 2 : L'intensité de R&D des groupes	131
Annexe 3 : Échantillon et recueil des données des rapports annuels.....	132
Annexe 4 : Pourquoi ne pas utiliser les données Compustat Global ?.....	139
Annexe 5 : Pourquoi ne pas utiliser les données de l'enquête française FATS ?	140
Annexe 6 : Les fusions, acquisitions, cessions de Sanofi entre 2005 et 2020.....	141
Annexe 7 : FDI de Sanofi par pays et activités visées entre 2003 et 2020	144
Annexe 8 : Aperçu des répondants et des entreprises ayant accepté de participer à l'étude	146
Annexe 9 : La nomenclature de zones géographiques.....	147
Annexe 10 : Cartographies de la R&D des groupes français, 2004-2009 & 2010-2015.....	149
Annexe 11: Intensité de la R&D à l'étranger et la réforme du CIR.....	229

1 LA CONCURRENCE EN R&D DES GROUPES MONDIAUX

Les grands groupes représenteraient environ 90% des dépenses totales de R&D faites par les entreprises dans le monde (Hernández, 2018). Derrière ce chiffre, il est délicat de connaître exactement quelle est la part de R&D exécutée en interne par ces grands groupes, mais les données de la plupart des enquêtes R&D ou innovations convergent : l'essentiel est exécuté en interne par ces grands groupes. Quand cela n'est pas le cas, ceux-ci ont la capacité, notamment *via* l'ampleur de leurs investissements de maintenir, accélérer ou freiner les activités de R&D réalisées au sein des autres organisations telles que les start-ups, les laboratoires de recherche publics ou privés, ou leurs fournisseurs et clients (en B2B). L'analyse de l'évolution de la R&D de ces groupes est une étape de cadrage nécessaire : d'une part, pour appréhender les stratégies d'investissements en R&D et, d'autre part, pour mieux comprendre leurs stratégies de localisation, ce que nous explorerons dans la partie suivante.

Cette analyse préalable se heurte cependant à la rareté des données mondiales disponibles en séries temporelles. Nous disposons toutefois de données plus systématiques à travers le classement du Joint Research Centre de Séville (IPTS ci-après) des plus grands investisseurs mondiaux en R&D, disponible depuis 2003 (Voir Annexe 1, page 129). Cette base de données comptables, encore relativement peu utilisée au niveau agrégé (Voir cependant Moncada-Paterno-Castello and Grassano (2020), or Veugelers (2018, 2019)), permet de suivre l'évolution du poids de la R&D des groupes français au niveau mondial. Les données de cette base ne sont cependant pas directement comparables avec les données statistiques issues des enquêtes R&D nationales. Les groupes présents au sein du scoreboard représentent en 2016 environ 70% de la R&D des groupes faisant de la R&D en France (Voir Annexe 1, page 129). En France, l'enquête du MESRI sur les moyens consacrés par les entreprises à la R&D nous permet donc dans un second temps de compléter l'analyse notamment en caractérisant le poids et les comportements des groupes présents au niveau national.

Dans ces analyses, l'évolution temporelle de la R&D est privilégiée. Elle permet, d'une part, d'analyser l'évolution du poids des grands groupes français vis-à-vis de leurs concurrents et, d'autre part, de cerner dans quelle mesure les groupes français, qui bénéficient des aides publiques directes et indirectes, ont modifié leurs comportements au cours du temps, en particulier suite à transformation du CIR en 2008 en un régime en volume et dé plafonné.

1.1 Le poids de la R&D des groupes français dans le monde

Nous présentons d'abord la base de données sur les groupes mondiaux investisseurs en R&D, tout en soulignant ses limites. L'utilisation du classement européen fait par l'IPTS n'est pas sans difficulté, notamment avec l'absence d'identifiant, les changements de noms ou de nomenclatures, etc. Les difficultés sont évoquées dans Annexe 1, page 129. Les lecteurs désireux de mieux appréhender les limites de cette analyse peuvent commencer par lire cette annexe.

L'évolution du poids de la R&D des groupes français dans la R&D des groupes mondiaux est menée ici à partir de la base de données de l'IPTS. Elle se focalise aussi sur la dynamique sectorielle à partir de l'analyse de la concentration des dépenses de R&D, de la stabilité des investissements ou encore du poids des groupes en place (voir Veugelers (2018) pour une approche classique de ce type). Une étude centrée sur trois secteurs : celui de la santé, du numérique ainsi que des transports terrestres (Encadré 2, page 31).

1.1.1 Le poids international des groupes

L'évolution du nombre de groupes par pays dans le classement des 2 500 entreprises les plus intensives en R&D montre l'essor très important des groupes chinois ou indiens sur la période, ce qui recoupe bien l'essor de ces pays mesurés par leurs efforts en R&D, leurs dépenses internes de R&D des

entreprises (ou DIRDE ci-après). D'autres pays de l'OCDE ont également connu une croissance importante du nombre de leurs groupes mondiaux, comme l'Autriche, l'Allemagne, l'Irlande ou la Corée.

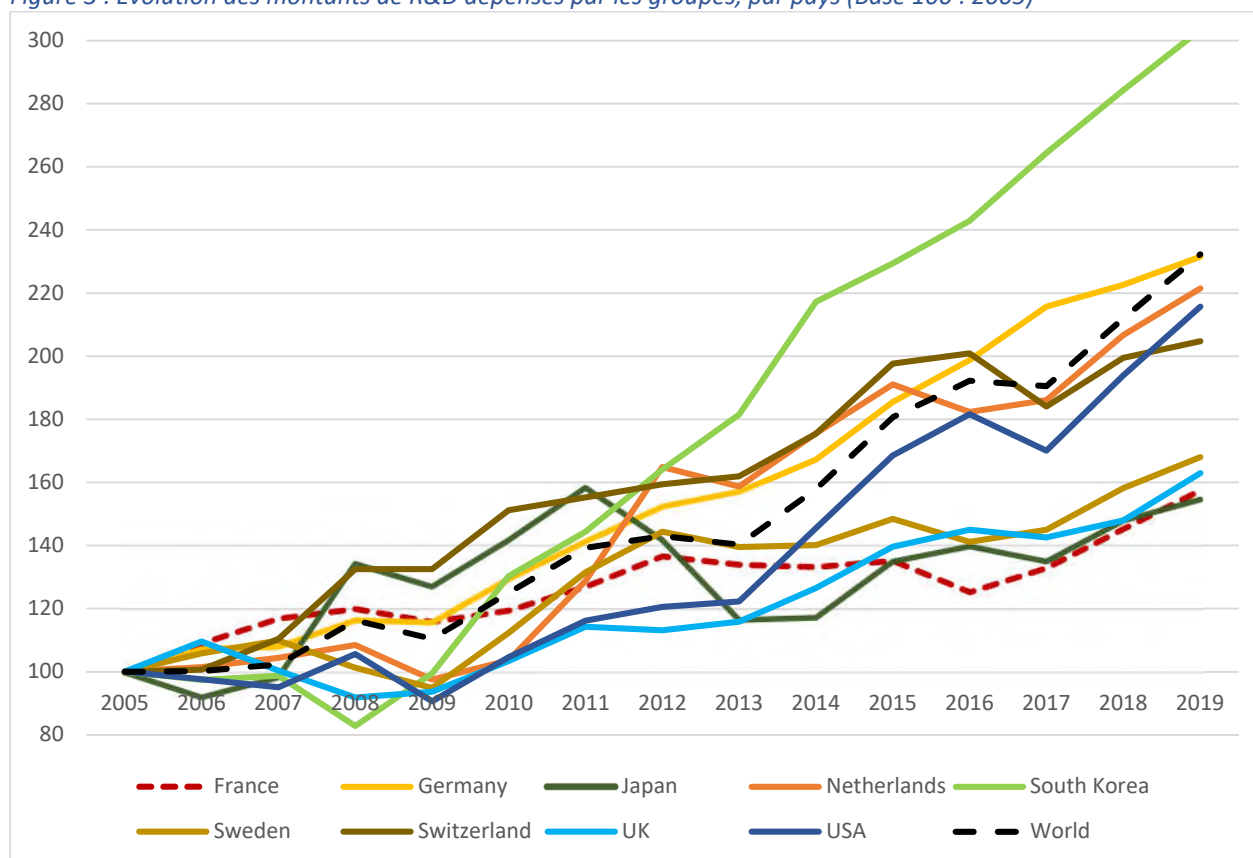
Tableau 1 : Évolution du nombre de groupes dans le classement 2X1000 des investisseurs mondiaux en R&D, par pays d'origine 2005-2019 (1)

Pays	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
USA	586	562	544	532	501	486	457	452	467	469	479	451	430	421	414
Royaume Uni	326	319	289	246	246	244	246	252	258	268	276	290	275	273	280
Chine	6	8	10	15	21	19	53	50	67	122	126	147	177	217	243
Allemagne	167	169	191	210	209	207	234	225	222	215	218	224	219	218	212
Japon	237	237	244	256	259	267	273	258	226	208	204	210	202	192	181
France	117	119	113	126	118	127	128	128	124	120	121	113	116	117	118
Suède	82	75	78	70	76	74	84	88	90	80	83	82	77	78	78
Pays-Bas	42	47	46	50	49	51	49	52	46	47	46	43	50	50	47
Taiwan	44	45	41	41	45	50	42	46	43	48	45	44	43	40	38
Irlande	12	12	11	12	16	17	14	16	21	25	24	27	27	30	35
Corée du Sud	17	22	21	22	26	25	34	38	37	34	28	34	35	32	32
Suisse	37	38	42	38	38	40	39	40	42	36	38	36	37	36	31

Note : Le classement est opéré sur le nombre de 2019,

Source des données : Calculs des auteurs

Figure 3 : Évolution des montants de R&D dépensés par les groupes, par pays (Base 100 : 2005)



Note : les euros sont en euros courants sur la période.

La Chine, l'Irlande et Taiwan, ne sont pas représentés sur le graphique dans la mesure où ils montent respectivement à des valeurs de 9000, 1300 et 400 pour 2019.

Toutefois, face à la montée de plusieurs pays de l'Asie dans le classement, le nombre de groupes issus de pays de l'OCDE régresse naturellement : c'est le cas notamment pour les groupes originaires des États-Unis, du Japon ou du Royaume-Uni. Le rang de la France (6^{ème}) reste relativement stable dans ce

classement avec un nombre de groupes autour de 117 unités depuis 2005. La croissance du nombre de groupes français classés constatée sur la période 2010-2011 (129 groupes classés) s'explique notamment par la chute des investissements en R&D dans les pays étrangers après la crise de 2008. La Suède, la Suisse ou Taïwan ont connu une évolution similaire.

La Figure 3 montre des évolutions contrastées des efforts de R&D des groupes mondiaux, selon l'origine géographique du propriétaire (parent) ultime. Même si les dépenses des groupes chinois, irlandais et Taïwanais ne peuvent être reportées sur ce graphique en raison d'une progression trop forte (atteignant des indices de 9000, 1300 et 400 respectivement), il permet de cerner la trajectoire des groupes français et la stagnation des investissements à partir de 2013, même si une légère hausse émerge à partir de 2017. La France apparaît donc sur une trajectoire basse à l'image des groupes suédois, japonais ou britanniques. Ces groupes n'arrivent pas à suivre les efforts mondiaux en R&D sur la période. Les groupes allemands, hollandais ou suisses augmentent leur R&D à des rythmes similaires sur la période, voire supérieurs à ceux des groupes américains. Les groupes coréens assurent une trajectoire encore supérieure, mais restent en deçà des performances des groupes chinois, irlandais ou même Taïwanais. La Figure 3 permet en outre de constater que les groupes français gèrent mieux la crise de 2008-2009 que leurs homologues étrangers même si on constate une résilience des groupes allemands ou suisses à cette époque. Ce graphique souligne aussi que le déclin des groupes français date de 2014 : les groupes français décrochent, malgré l'importance des aides directes et indirectes au niveau national, par rapport aux groupes des autres pays qui accélèrent.

Tableau 2 : Évolution du poids des groupes nationaux dans la R&D mondiale des groupes, en %

Pays	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
États-Unis	39,9	38,8	37,0	36,2	32,7	33,2	33,1	33,4	34,6	36,8	37,3	37,8	35,7	36,5	37,1
Japon	18,9	17,4	18,2	21,8	21,7	21,4	21,4	18,7	15,7	14,0	14,1	13,7	13,4	13,2	12,6
Chine	0,2	0,3	0,4	0,6	1,3	1,6	2,7	2,8	3,3	5,3	6,4	7,5	8,6	10,6	12,0
Allemagne	11,3	12,1	11,9	11,3	11,8	11,6	11,4	12,0	12,6	11,9	11,5	11,6	12,7	11,8	11,2
France	6,8	7,4	7,7	7,0	7,1	6,5	6,2	6,5	6,5	5,7	5,1	4,4	4,7	4,6	4,6
(soit en Mds €)	25,1	27,4	29,3	30,1	29,0	30,0	31,9	34,3	33,6	33,4	33,9	31,4	33,3	36,4	39,5
Royaume Uni	5,8	6,3	5,7	4,6	4,9	4,8	4,7	4,6	4,8	4,6	4,5	4,4	4,3	4,0	4,0
Corée du Sud	2,8	2,7	2,7	2,0	2,5	2,9	2,9	3,2	3,6	3,8	3,5	3,5	3,9	3,7	3,7
Suisse	3,5	3,5	3,9	4,1	4,4	4,5	4,2	4,2	4,3	4,1	4,1	3,9	3,6	3,5	3,3
Pays-Bas	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,2	1,5	1,5	2,1	1,4	1,9	2,0	1,9	1,8
Taiwan	1,0	1,1	1,0	1,2	1,3	1,6	1,4	1,6	1,6	1,8	1,8	1,8	1,9	1,8	1,8
Suède	1,9	2,0	2,0	1,6	1,6	1,7	1,7	1,9	1,8	1,6	1,5	1,3	1,4	1,3	1,3
Irlande	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,5	0,5	0,6	0,7	1,1	1,3	1,4	1,2	1,2	1,1
Autres	6,5	7,1	8,2	8,4	9,2	8,7	8,6	9,2	9,1	7,0	7,5	6,8	6,6	5,9	5,5

Note : le classement est réalisé sur le poids de la R&D dans le montant de R&D total identifié dans le classement 2x1000 groupes.

Seuls les pays dont les groupes pèsent plus de 1% de la DIRDE des plus grandes dépenses en R&D sont listés. Les autres sont agrégés dans la catégorie « Autres ».

Les dépenses de groupes français sont en milliards d'euros courants. Source des données : Calculs des auteurs

Sur un total de 861 milliards d'euros de DIRDE 2019 des groupes classés dans la base des principaux 2x1000 investisseurs mondiaux en R&D, près de 12% sont désormais effectués par des groupes chinois, contre seulement à 0,2 % en 2005. Cette part a été multipliée par dix depuis 2009. Le Tableau 2 montre que la croissance très impressionnante du poids des groupes chinois s'est faite surtout au détriment du Japon, de la France, du Royaume-Uni ou encore de la Suède. Les groupes irlandais ou néerlandais ont connu également une croissance forte, mais celle-ci reste somme toute plus faible que celle qu'ont connue les groupes chinois. Les groupes des États-Unis et de la Suisse, qui ont des poids en valeur en 2019 équivalents à ceux de 2005, ont connu des évolutions contrastées durant la période. Les groupes des États-Unis, avec 39,9 % en 2005 ont vu leur poids baisser de plus de 6 points sur la première moitié de la période avant de retrouver leur poids initial en 2019. Par contre, les groupes suisses, qui affichaient un poids 3,5 %, ont débuté la période par une croissance d'un point, passant de à 4,5 %, avant de finir à 3,3 % en fin de période.

Dans cette base de données, les multinationales françaises déclarent ici comptablement quelques 31,4 milliards d'Euros en 2016, soit un peu moins que les montants de la DIRDE en France calculés avec la

définition Frascati de la R&D (MESRI, 2018). La générosité des aides françaises, qu'elles soient directes ou indirectes, n'a ainsi pas empêché les multinationales françaises de perdre globalement du terrain au niveau mondial. L'érosion des groupes français semble toutefois faiblir à partir de 2017.

Le Tableau 1 page 20 et le Tableau 2, page 21, soulignent aussi le nombre important de groupes du Royaume-Uni dans ce classement, par rapport à la France. Cela permet de constater une différence importante entre ces deux pays avec des groupes de plus petite taille outre-Manche. Cependant, les groupes français restent de taille inférieure à celle de leurs homologues allemands par exemple.

À retenir

- Sur la période 2005-2019, le nombre de groupes français (117 en 2019) dans le classement du top 2x1000 des dépenses mondiales de R&D faites par des groupes reste relativement stable face à la montée des groupes chinois,
- Le poids relatif de la R&D des groupes français baisse cependant d'un tiers (4,6% en 2019 contre 6,8% en 2005) face à la montée des groupes chinois et les efforts des groupes américains, allemands ou coréens,
- Cette baisse relative de la R&D dans ce classement concerne aussi les groupes japonais, britanniques ou suédois,
- Malgré le passage du CIR en volume et à son dé plafonnement à la suite de la réforme de 2008, la R&D des groupes français n'a pas mieux résisté que les autres groupes à la crise de 2008,
- Les écarts se creusent entre les trajectoires des multinationales des différents pays vers 2013-2014, notamment avec les groupes chinois,
- Au niveau global, les données agrégées des dépenses de R&D ne permettent pas de constater de rupture dans l'évolution des dépenses de R&D des groupes français à partir de 2008.

1.1.2 La concentration de la R&D des grands groupes

Les moyennes masquent une grande hétérogénéité des poids relatifs des groupes dans l'effort total en R&D des entreprises et de leur évolution. Par exemple, un pays qui repose sur un nombre restreint de groupes de très grandes tailles ou encore qui fait face à des groupes dominants dans certains secteurs, lie sa compétitivité à l'international à la performance de quelques entreprises, risque de faire chuter l'emploi et la croissance nationale. En outre, les dispositifs d'aides peuvent être plus avantageux pour ces groupes si ces dispositifs privilégient le volume de dépenses de R&D et dépendent du poids économique et politique de ces groupes. Une question est dès lors de savoir si la relative stabilité du nombre de groupes français ainsi que leur perte d'influence au niveau mondial se sont accompagnées d'un effet de structure avec un renforcement relatif des groupes les plus importants ?

Le taux de concentration des dépenses de R&D des groupes pour chacun des pays d'origine² (cf. Tableau 3) montre que l'entrée de nouvelles entreprises au sein du classement, issues de pays tels que la Chine, l'Irlande, les Pays-Bas, mais aussi d'autres pays, entraîne le morcellement des dépenses de R&D au Royaume-Uni et détermine une répartition généralement plus uniforme des dépenses de R&D au sein du classement 2X1000.

² La notion de pays d'origine se réfère à la nationalité de l'entreprise à l'année t. Elle peut varier dans le temps : un groupe français devenu américain suite à son rachat par une entreprise plus petite, même s'il conserve sa base industrielle principale en France, sera considéré comme un groupe d'« origine » américaine. La nationalité d'origine est donc, dans cette étude, issue de la nationalité du propriétaire ultime du groupe. Dans certains cas, nous reclassons cependant la nationalité du propriétaire ultime afin de donner une image plus fidèle de la R&D des groupes français et dans une moindre mesure étrangers (Voir Annexe 1, page 115).

Tableau 3 : Évolution de la concentration des dépenses de R&D des groupes, par pays d'origine (1/HHI)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Corée du Sud	3,8	4,0	4,2	4,6	4,3	3,9	3,7	3,8	3,2	3,2	3,3	3,9	3,8	3,6	3,7
Suisse	5,2	4,7	4,6	4,6	4,5	4,6	4,6	4,7	4,7	4,5	4,6	4,6	4,6	4,5	4,4
Suède	5,1	4,8	5,2	4,3	5,1	4,7	4,6	4,7	5,3	4,8	5,3	6,0	6,1	6,4	6,5
Pays-Bas	3,7	4,9	6,1	6,9	6,4	6,8	7,7	9,5	8,9	7,4	10,7	7,0	7,5	9,1	8,8
Irlande	2,8	3,7	3,8	3,6	6,8	6,3	4,8	6,4	8,1	8,6	6,2	6,9	8,3	8,6	9,8
Taiwan	27,2	25,9	25,6	22,0	22,0	20,4	17,1	17,3	16,9	16,7	15,1	14,3	12,0	11,8	11,6
Allemagne	14,9	16,4	18,0	18,2	18,0	16,8	17,4	15,8	14,5	13,9	14,8	15,6	16,1	15,9	16,1
France	15,4	15,5	15,1	15,7	15,9	16,8	16,6	18,0	18,8	18,1	17,1	16,4	16,5	15,5	16,3
Royaume Uni	12,3	12,4	12,2	11,8	12,9	14,0	15,0	16,2	17,7	17,6	16,4	17,6	19,2	20,1	19,5
Chine	3,8	4,0	4,2	6,2	7,6	7,6	12,1	11,0	14,0	21,0	19,1	19,8	21,5	28,3	27,2
Japon	38,2	38,3	40,3	41,5	43,3	47,6	46,7	46,3	44,4	42,4	42,2	46,1	44,4	43,5	41,5
États-Unis	67,1	69,9	69,4	73,0	71,4	69,0	67,1	68,5	69,4	66,7	64,9	61,0	58,5	54,3	51,0
Ensemble	181,8	192,3	196,1	204,1	208,3	212,8	212,8	212,8	204,1	200,0	200,0	200,0	196,1	192,3	185,2

Note : le nombre équivalent est l'inverse de l'indice d'Herfindahl-Hirschman (HHI) et s'interprète par le nombre d'entreprises existant si toutes les entreprises (du pays ici) avaient la même part de R&D dans le pays d'origine. Indiquer ici l'interprétation selon la valeur élevée ou non de l'indice. (Voir Encadré 1, page 23).

Le classement est fait de la concentration la plus élevée (la Corée du sud), à la plus faible (les États-Unis) ou encore, du nombre équivalent le plus faible au plus élevé.

Cette décroissance de la concentration au niveau mondial des acteurs de l'innovation est cependant limitée à la seule période 2005-2012. La période post crise de 2009-2010 a pu réduire les écarts entre les budgets de R&D des grands groupes mondiaux du classement à la suite de scissions, faillites ou sorties du classement. Un mouvement de concentration est cependant initié par les firmes américaines dès 2009. À partir de 2013, des évolutions similaires pour les groupes japonais, français et allemands, combinées avec des niveaux de R&D de groupes chinois qui divergent à la fin des années 2010, traduisent un mouvement général de concentration de la R&D au niveau mondial à partir de la fin de la crise de 2009.

Encadré 1 : La mesure de la concentration de la R&D

La concentration sur un marché et le pouvoir de monopole correspondant sont souvent mesurés par des indices. Lorsque le nombre de firme sur le marché est supérieur à un, l'analyse de la concentration va devoir prendre en compte le nombre de firmes présentes sur le marché ainsi que la répartition des parts de marchés.

Appliquées à la R&D, la concentration de l'activité de R&D va donc dépendre du nombre de firmes présentes dans le scoreboard, faisant toutes de la R&D, et de la répartition de la R&D du secteur entre ces firmes.

Si nous considérons n groupes du scoreboard faisant de la R&D, et $\sum RD$ la dépense des groupes du secteur, nous pouvons définir $s_i = RD_i / \sum RD$ comme la part de la R&D de la firme i dans son secteur. (on a donc $\sum_1^n s_i = 1$).

L'indice de concentration le plus utilisé est alors défini comme la somme des parts de marché au carré ou indice d'Herfindahl-Hirschman (HHI) tel que $HHI = \sum_1^n (s_i)^2$. Cet indice a tendance à surestimer le poids des entreprises les plus importantes. Afin de faciliter la lecture, nous utilisons l'inverse de l'indice d'Herfindahl, appelé nombre équivalent NE (avec $NE = 1 / \sum_1^n (s_i)^2$), qui est le nombre de groupes faisant de la R&D si tous les groupes dépensaient le même montant de R&D.

Lorsque la concentration augmente, le HHI augmente de 0.25 à 0.33, le NE baisse de 4 à 3 groupes équivalents.

Le taux de concentration montre que la répartition des dépenses de R&D entre grands groupes français reste relativement stable sur la période. Toutefois, l'évolution de ces dépenses se caractérise par une

courbe en U qui se dessine sur la période : entre 2010 et 2013, à la faveur de la crise, un surplus de groupes français entre dans le classement. Cela suggère une résilience supérieure des groupes français face aux crises, aidées par un CIR passé en volume et dé plafonné dès 2008.

Le taux de concentration des dépenses de R&D des groupes français est bien plus faible que le taux des groupes coréens, mais est équivalent à celui des groupes allemands. Or, le nombre d'entreprises françaises dans ce classement équivaut à un peu plus la moitié de celui des entreprises allemandes, et leur poids dans la R&D des entreprises du classement représente moins de la moitié de celui des entreprises allemandes. Si l'Allemagne dispose bien d'un Mittelstand faisant de la R&D, contrairement à la France, la R&D y est aussi répartie de manière inégalitaire, avec quelques grands groupes dominants qui maintiennent leur domination : VW, BMW, Bosch, Daimler en tête et un poids du groupe VW rapporté à la DIRDE nationale allemande qui est similaire à celui de Sanofi pour la France. Les travaux allemands confirment ce poids croissant des groupes dans la R&D allemande, et s'inquiètent du déclin des PMI-PME ou des startups dans la R&D et l'innovation allemande (Pellens et al., 2020; Rammer and Schubert, 2018)

Une analyse du décile supérieur des investisseurs français en R&D ou encore, les 12 groupes qui dominent la R&D industrielle³ des groupes français permet de préciser le diagnostic.

L'identité et la position dans le classement mondial montrent une stabilité importante en tête du classement, avec les piliers de la recherche industrielle française que sont Sanofi, Airbus (ancien EADS ou European Aeronautic Defence and Space), Peugeot et Renault, ou encore ST Microelectronics. Ce classement permet aussi de souligner à la fois la volatilité des budgets de certains groupes (Total, L'Oréal, Orange ou même Schneider) et la disparition du classement de leaders français cédés en totalité ou en partie, tels que les sociétés Alcatel, Vivendi ou Alstom. Cette tête de classement montre l'importance des industries pharmaceutique, de l'automobile ou du numérique. La place en tête de classement national de plusieurs groupes du secteur de l'aéronautique et du spatial (civile et militaires sont combinés ici) souligne une spécialisation relative de la France par rapport à l'Allemagne.

Tableau 4 : Évolution du TOP12 des groupes français dans le scoreboard 2X1000

Rang	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2005	SANOFI	AIRBUS	RENAUL	PEUGEO	ALCATEL	STMICRO	VALEO	ORANGE	TOTAL	MICHELIN	SCHNEIDE	THALES
2006	SANOFI	AIRBUS	RENAUL	PEUGEO	ALCATEL	STMICRO	ORANGE	VALEO	SCHNEIDE	MICHELIN	TOTAL	L'OREAL
2007	SANOFI	ALCATEL	AIRBUS	RENAUL	PEUGEO	STMICRO	ORANGE	SAFRAN	VALEO	SCHNEIDE	TOTAL	THALES
2008	SANOFI	ALCATEL	AIRBUS	PEUGEO	RENAUL	STMICRO	ORANGE	VALEO	VIVENDI	SCHNEIDE	ALSTOM	TOTAL
2009	SANOFI	AIRBUS	ALCATEL	PEUGEO	RENAUL	STMICRO	VIVENDI	ORANGE	SCHNEIDE	THALES	TOTAL	SAFRAN
2010	SANOFI	AIRBUS	ALCATEL	PEUGEO	RENAUL	STMICRO	VIVENDI	ORANGE	TOTAL	SCHNEIDE	ALSTOM	L'OREAL
2011	SANOFI	AIRBUS	PEUGEO	ALCATEL	RENAUL	STMICRO	VIVENDI	SCHNEIDE	ORANGE	ALSTOM	TOTAL	SAFRAN
2012	SANOFI	AIRBUS	PEUGEO	ALCATEL	RENAUL	STMICRO	SAFRAN	ALSTOM	SERVIE	ORANGE	TOTAL	L'OREAL
2013	SANOFI	AIRBUS	ALCATEL	PEUGEO	RENAUL	STMICRO	SAFRAN	ALSTOM	TOTAL	SERVIER	L'OREAL	SCHNEIDE
2014	SANOFI	AIRBUS	PEUGEO	ALCATEL	RENAUL	TOTAL	SAFRAN	STMICRO	SCHNEIDE	SERVIER	VALEO	EDF
2015	SANOFI	AIRBUS	ALCATEL	PEUGEO	RENAUL	SAFRAN	STMICRO	TOTAL	VALEO	SCHNEIDE	L'OREAL	SERVIER
2016	SANOFI	AIRBUS	RENAUL	PEUGEO	STMICRO	VALEO	TOTAL	SAFRAN	L'OREAL	SERVIER	MICHELIN	ORANGE
2017	SANOFI	AIRBUS	RENAUL	PEUGEO	VALEO	STMICRO	SAFRAN	SCHNEIDE	L'OREAL	SERVIER	UBISOFT	TOTAL
2018	SANOFI	PEUGEO	RENAUL	AIRBUS	VALEO	STMICRO	SAFRAN	SCHNEIDE	L'OREAL	UBISOFT	TOTAL	SERVIER
2019	SANOFI	PEUGEO	RENAUL	AIRBUS	VALEO	SCHNEIDE	STMICRO	SAFRAN	UBISOFT	L'OREAL	THALES	TOTAL

Note : Les 12 premières firmes françaises représentent environ 10% du nombre de groupes français dans le scoreboard 2X1000.

Les noms sont adaptés et homogénéisés : Alcatel devient Alcatel-Lucent avant de passer sous pavillon finlandais et chinois.

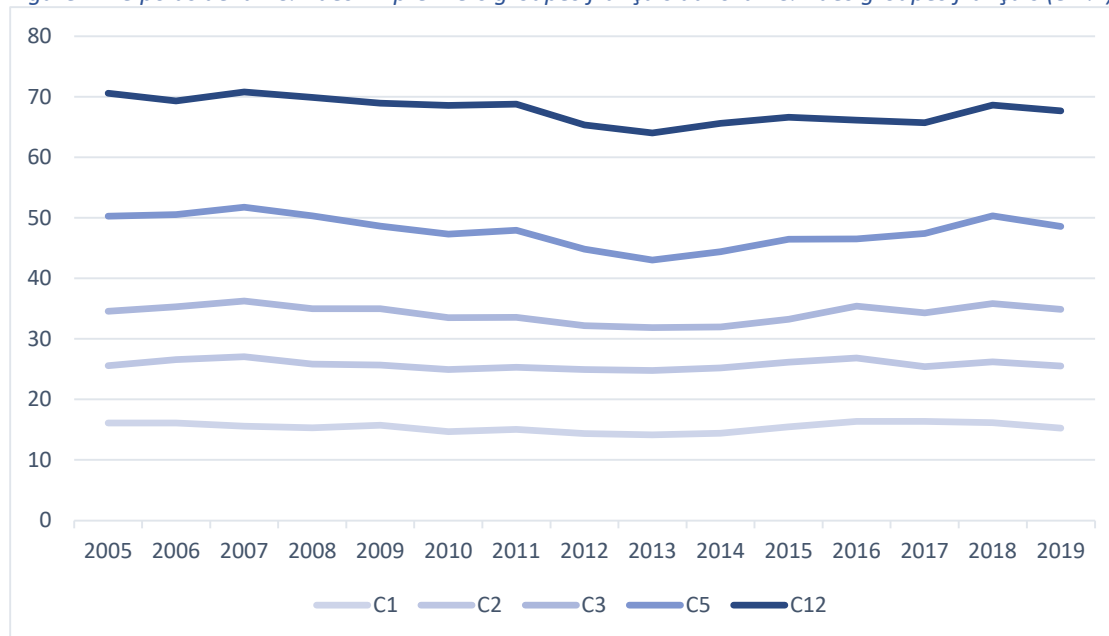
Les périmètres ne sont bien entendu pas constants : Thales a par exemple acquis Gemalto en 2019.

La Figure 4 montre que ces 12 leaders français concentrent l'essentiel de la R&D industrielle effectuée par les groupes français : les trois premiers acteurs représentent plus du tiers des dépenses comptables de R&D des groupes français ; les douze premiers, plus des deux tiers. Le poids de ces groupes a dé cru

³ La R&D est dite industrielle dans cette étude lorsqu'elle est faite par les entreprises, par opposition à une exécution académique de la recherche. La « R&D industrielle » couvre donc ici l'ensemble des secteurs, y compris ceux des services.

entre 2005 et 2013. À partir de 2014, la concentration de la R&D industrielle française augmente. Cependant, on assiste à une stabilité dans les groupes dominants. Le poids de Sanofi est relativement plus important que les autres groupes français et ce poids est constant sur la période observée (C1 dans la Figure 4)⁴.

Figure 4: Le poids de la R&D des 12 premiers groupes français dans la R&D des groupes français (en %)



Note : C3 : poids dans la R&D des groupes français des 3 groupes français ayant les plus fortes dépenses de R&D.

Les restructurations et acquisitions de ce groupe n'ont pas modifié son poids dans la R&D des groupes français sur la période. L'entrée de nouveaux groupes français dans le classement lors de la crise de 2009 n'affecte pas le poids de Sanofi. On peut faire le même constat sur les 3 autres entreprises dominantes dans ce classement. Les courbes montrent cependant que la remontée de la concentration de la R&D française constatée (Figure 4, page 25) précédemment est la conséquence des activités de R&D des 5 plus grands groupes, qui renforcent leurs positions à partir de 2013, par rapport aux autres entreprises qui bénéficient des mêmes aides indirectes au niveau national français.

À retenir

- Les 4 et 12 premiers groupes français en termes de R&D représentent dans le monde environ 50% et 70% respectivement de la R&D des groupes français,
- Le taux de concentration des groupes de R&D français est similaire à celui des groupes allemands. Mais le nombre d'entreprises françaises dans ce classement équivaut à un peu plus de la moitié de celui des entreprises allemandes, et leur poids dans la R&D des entreprises du classement représente moins de la moitié de celui des entreprises allemandes,
- La concentration de la R&D des groupes français s'est redressée à partir de 2013,
- Un mouvement inquiétant similaire de concentration semble se dérouler aux États-Unis, au Japon, en Allemagne, en Corée ou à Taïwan.

⁴ Sanofi semble avoir baissé sa dépense de R&D au niveau du groupe en 2020. Voir page 27 in OECD, 2021. OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2021, *ibid.*, *ibid.*

1.1.3 Leadership et persistance des groupes dans le classement

1.1.3.1 Leadership

L'analyse des dépenses des deux cents premiers groupes classés et donc des deux cents plus grands investisseurs mondiaux en R&D permet d'appréhender l'évolution des entreprises françaises leaders dans ce domaine dans le peloton de tête des entreprises mondiales.

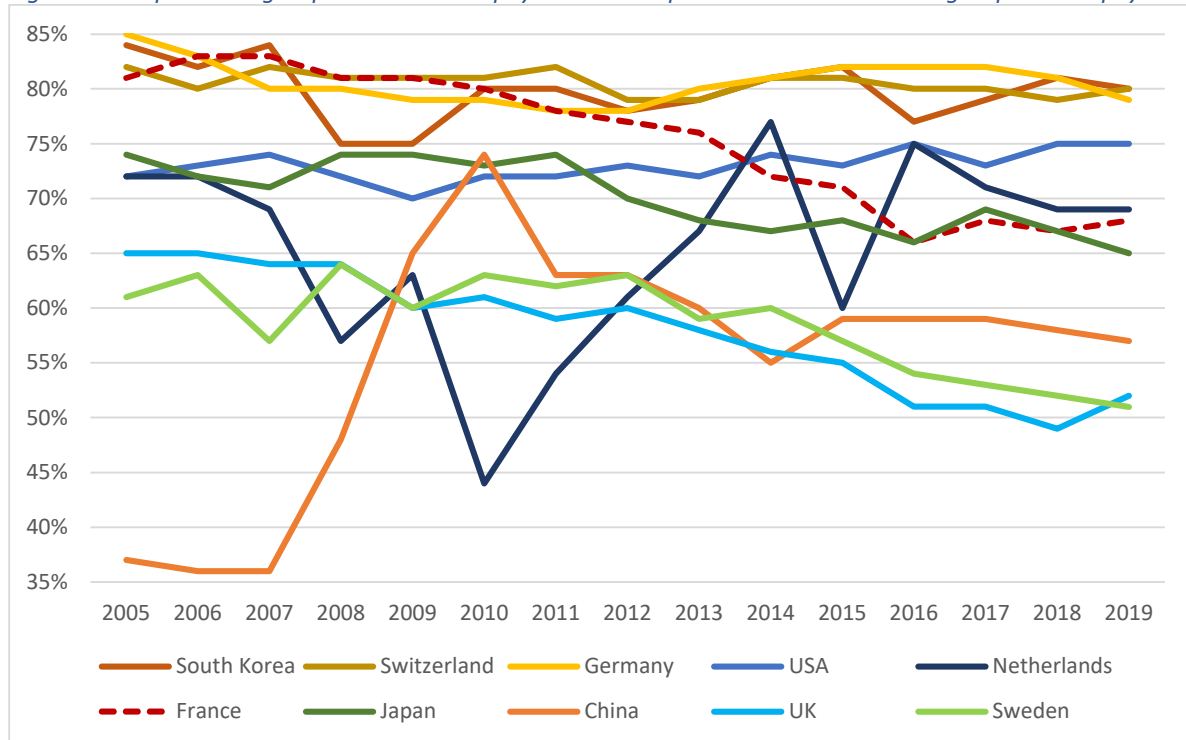
Tableau 5 : Le nombre de groupes appartenant au top 10% des dépenses de R&D dans les dépenses des groupes, par pays d'origine

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
États-Unis	81	78	82	75	68	73	68	70	71	73	72	74	66	69	72
Japon	41	36	37	45	45	45	47	40	35	33	34	34	38	35	32
Chine	1	1	1	2	4	5	7	8	10	12	15	17	19	24	25
Allemagne	19	20	18	18	18	16	16	14	16	16	18	18	18	17	15
France	18	21	19	18	19	18	17	18	18	15	14	12	13	11	12
Royaume Uni	10	10	10	9	9	10	10	11	11	10	9	8	9	8	9
Corée du Sud	5	6	6	4	4	5	4	6	5	5	5	5	6	6	6
Suisse	7	6	6	5	5	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5
Pays-Bas	3	4	4	3	4	2	3	5	5	6	5	5	4	4	4
Irlande	0	0	0	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3
Taiwan	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Suède	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Total	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Si le nombre de firmes françaises leaders était dans le classement de 2005 de 18, elles ne sont plus que 12 dans celui de 2019. Cette chute dans le classement s'est opérée à partir de l'année 2014. Le décile supérieur des groupes français appartenant aux leaders mondiaux en 2019 correspond donc désormais en nombre au premier décile de l'ensemble des groupes français du classement 2x1000. En d'autres termes, le Tableau 5 identifie aussi l'ensemble des groupes leaders français en 2019. L'érosion des positions technologiques des groupes français n'est pas isolée (cf. Tableau 5 et Figure 5): face à la poussée de la Chine, la plupart des groupes issus des pays de l'OCDE perdent des places. La perte de leadership des groupes semble cependant marquée en nombre, pour la France (un tiers de moins), l'Allemagne (un quart) et pour le Japon (un cinquième) et beaucoup moins pour les États-Unis et le Royaume-Uni (un dixième de moins pour chacun).

Ce premier décile se traduit aussi par une baisse dans les mêmes proportions du poids mondial des leaders français, qui ne pèsent plus que 3.1% de la R&D mondiale pour l'année 2019 contre 5.5% en 2005. Toutefois, cette érosion continue avait commencé dès 2006. Cette baisse a été plus forte que celles enregistrées par les autres leaders des États-Unis, de l'Allemagne, de la Suisse ou de la Corée du Sud, qui ont réussi à maintenir globalement la place de leurs leaders par rapport à la montée de leaders chinois. Le poids de ces derniers est passée de 0,1% à 6,8% entre 2015 et 2019. Cependant, avec 3.1% de la R&D de l'ensemble des groupes mondiaux, les leaders français pèsent au niveau mondial un peu plus en 2019 que les leaders sud-coréens (2.9% en 2019) ou suisses (2,6%) qui se rapprochent de la France. Le Royaume-Uni passe de 3.7% à 2.1% sur la période, soit 40% de baisse de son poids dans la R&D alors que le nombre d'entreprises n'a baissé que d'une unité (soit un dixième de moins).

Figure 5 : Les poids des groupes leaders d'un pays dans les dépenses de l'ensemble des groupes de ce pays



Note : En 2019, les groupes français leaders au niveau mondial représentent 68% de la dépense en R&D des groupes français du scoreboard.

Le déclin des groupes français peut aussi s'analyser en prenant au dénominateur les montants de R&D des groupes nationaux. Cela donne une idée de la place des groupes nationaux dans la R&D industrielle des groupes du pays. Ici encore, les pays les plus compétitifs en termes d'exports (e.g. Allemagne, Suisse, USA) réussissent à maintenir le poids de leurs leaders mondiaux dans leur économie. On assiste ici à un recul du poids des leaders mondiaux français : ils ne représentent plus que les 2/3 de la dépense de R&D des groupes français à la fin des années 2010 alors qu'ils en concentraient les 4/5 au milieu des années 2000. L'érosion semble s'estomper à partir de 2017.

1.1.3.2 Persistence

Les groupes français présents plus de 13 ans sur la période 2005-2019 (appelés ici les groupes permanents) représentent un peu moins de la moitié des groupes français présents dans le scoreboard⁵. Ces groupes permanents, par-delà les changements de noms et les acquisitions ou scissions, représentent le cœur de la R&D française avec 82% des dépenses des groupes français du classement en 2005. Ces chiffres français correspondent d'ailleurs aux grandeurs trouvées pour la persistance dans l'ensemble des groupes du scoreboard, quel que soit leur pays d'appartenance (Veugelers, 2018). L'évolution des dépenses de R&D montre que le poids de ces permanents augmente en fin de période pour dépasser 91% de la R&D des groupes français. En d'autres termes, les entrées et sorties du classement 2x1000 ne représentent qu'une faible part de la recherche industrielle des groupes français et cette part s'amenuise à partir de 2014.

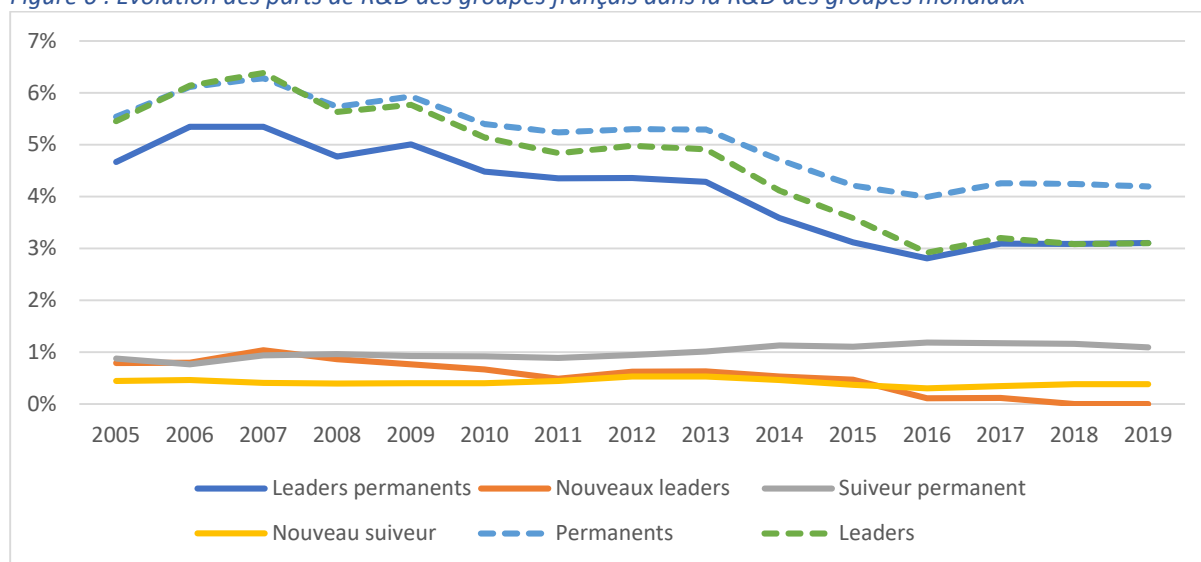
La décomposition (définition des deux groupes) des groupes français présents en permanence dans le scoreboard en groupes leaders permanents et groupes suiveurs permanents montre que les leaders permanents représentent toujours plus des deux tiers des montants de R&D des multinationales sur

⁵ Prendre 13 années et non 14 permet à une entreprise d'être absente une année. Par exemple, certaines entreprises sont parfois absentes du classement sans raison. Par exemple Radiall n'est pas présente en 2019, Soitec en 2017 ou Sopra en 2007.

la période 2005-2019. Le poids des suiveurs permanents monte cependant de 13 à 23% sur cette période : le dynamisme des dépenses des groupes français historiques du scoreboard 2x1000 repose donc sur la croissance du poids des suiveurs permanents (y compris les anciens leaders parmi eux) sur la période et non pas sur les performances des leaders historiques.

L'évolution de la situation française est différente de celle observée dans le monde pour laquelle de nouveaux leaders viennent contester et même remplacer les leaders historiques (Veugelers, 2018).

Figure 6 : Évolution des parts de R&D des groupes français dans la R&D des groupes mondiaux



Note : Les courbes en pointillés sont les agrégations de deux courbes continues (visuellement le contraire aurait été mieux, deux courbes continues sont des agrégations de courbes discontinues !). La décomposition des firmes transitoires dans le classement montre que la cristallisation des dépenses repose sur la disparition des leaders transitoires : la France décline dans le classement, car elle n'a pas été capable sur la période de faire émerger des groupes leaders mondiaux. De plus, les suiveurs historiques, qui n'ont donc jamais été leaders, font un réel effort de R&D pour maintenir leur part dans la R&D mondiale au tour de 1% (ils représentaient donc un tiers de la R&D des groupes français en fin de période au lieu d'un cinquième en début de période). En d'autres termes, les investissements en R&D des groupes français ont été progressivement monopolisés par les firmes innovantes déjà en place.

La Figure 6 montre l'évolution des poids des groupes français caractérisés par la « permanence » et « le leadership » combinés, rapportés aux dépenses de R&D de l'ensemble des groupes du scoreboard. Globalement, le déclassement des groupes français se retrouve dans une difficulté de la part des groupes en place à suivre le rythme de la R&D mondiale pour rester leaders mais, aussi, dans une faible capacité (qui va déclinant), à créer des leaders mondiaux français.

S'il est aisé d'identifier les leaders au niveau mondial, il est beaucoup plus délicat de suivre la permanence des différents groupes étrangers dans le scoreboard dans la mesure où des changements de structure peuvent faire basculer des entreprises en groupes transitoires au sein du classement. Si les comparaisons internationales sont difficiles quant à cette capacité des nations à faire émerger des leaders mondiaux, l'originalité des USA par rapport aux autres pays de l'OCDE est claire : il s'agit du seul pays à réussir une destruction-créatrice, sur une si courte période, contestant les positions historiques de leaders pour les remplacer par de nouvelles technologies.

Cette capacité est d'autant plus remarquable que c'est un trait plus difficile à réaliser dans les grands pays que dans les petits pays (Cf. Foray and Lhuillery (2010)). En effet, la part élevée des nouveaux leaders américains dans la dépense annuelle de R&D des États-Unis est équivalente à la dépense totale de l'ensemble des groupes français. Les nouveaux leaders américains de la R&D mondiale en particulier, Google, Amazon, Facebook, mais aussi Tesla suggèrent des transformations rapides dans certains secteurs particuliers, pour lesquels, il est important de cerner le poids de la France tant ces technologies numériques sont porteuses de croissance (Brynjolfsson et al., 2021).

À retenir

- Le nombre de leaders mondiaux en R&D d'origine française a fortement chuté au cours des 15 dernières années (de 18 en 2005 à 12 en 2019, soit une baisse d'un tiers),
- Ces leaders mondiaux français pèsent aussi proportionnellement de moins en moins lourd dans la valeur de la R&D industrielle mondiale (5,5% en 2005 et seulement 3,5% en 2019),
- Le poids des leaders mondiaux français (les premiers 10% des groupes) décroît aussi dans la R&D de l'ensemble des groupes français (83% en 2005 à 68% en 2019),
- Les groupes présents en permanence dans le classement mondial représentent cependant plus de 80% de la R&D des groupes français en 2005 et, cette part s'est accrue au cours du temps pour atteindre 91% en 2019,
- La perte de leadership des groupes français, mesurée par la R&D, repose surtout sur l'absence de nouveaux leaders français, contrairement à l'évolution dans d'autres pays comme les États-Unis,
- La baisse du poids des groupes français dans le classement a été atténuée grâce à des efforts importants de la part des groupes suiveurs,
- L'érosion des groupes français semble s'estomper à partir de 2017.

1.1.4 Évolutions sectorielles

1.1.4.1 Répartitions sectorielles de la R&D mondiale

L'Europe est toujours relativement spécialisée dans le secteur pharmaceutique et les moyens de transport. Ces secteurs sont transformés par l'irruption des biotechnologie (en Pharmacie) ou encore du numérique par la suite, en tant que technologie d'usage générale (sur General purpose technologies ou GPTs, voir Bresnahan (2010)). Ces dernières vont impacter l'ensemble des secteurs et notamment ceux de hautes technologies (e.g. la Biotechnologie-Pharmacie, Automobile). Nous approfondissons ici l'analyse en nous focalisant sur trois secteurs en mutation ou porteurs de mutation : la santé, le numérique et les moyens de transport dont les définitions sont proposées dans l'Encadré 2, page 31.

En matière de R&D, dans le **secteur de la santé**, les groupes américains dominent leurs homologues étrangers avec une dépense de R&D de 66 milliards d'euros en 2019 contre 20,5 pour l'Allemagne, 19.2 pour la Suisse, 12.3 pour le Japon et 11.8 milliards pour le Royaume-Uni. La France est sixième avec 8.3 milliards d'euros dans lesquels Sanofi représente plus de 70%. L'analyse de la part de la R&D en santé montre cependant que cette domination a été bousculée avant 2014 avec le fort dynamisme des groupes allemands, suisses ou même japonais (Figure 7). La crise de 2008 a cependant entraîné une stagnation prolongée des investissements des groupes nippons, fragilisés par la prolongation d'une croissance économique atone au Japon. Les groupes suisses et allemands ont connu un essoufflement des efforts à partir de 2015. Dès lors, la croissance des dépenses outre-Atlantique après la crise a permis aux groupes américains de revenir au premier rang en 2019, avec environ 42% des dépenses mondiales des groupes dans ce domaine, se rapprochant de leur poids en 2005 (47%) (Figure 7).

La masse des investissements américains en R&D et la taille du marché de santé américain, le plus grand marché mondial, expliquent en partie les difficultés des groupes des autres pays à rivaliser avec les groupes pharmaceutiques dominants des États-Unis. Les groupes français, avec le poids important du groupe Sanofi, régressent certes sur la période, mais de façon moindre par rapport à la baisse du poids des groupes du Royaume-Uni. Si le CIR a pu jouer un rôle dans cette évolution, il ne semble pas avoir été suffisant pour permettre aux groupes français de suivre le rythme de croissance forte des efforts des groupes américains à partir de 2014.

Par ailleurs, l'évolution des groupes de santé allemands est intéressante à analyser dans la mesure où ces groupes ne bénéficient pas de dispositif similaire à celui du CIR. Comme le montre la Figure 8, les groupes allemands ont connu une dynamique supérieure à celle des groupes français, en l'absence de CIR national jusqu'à 2019. L'essor des groupes suisses occasionne le même type de commentaires.

Enfin, l'essor de la Chine à partir de 2015 est ici une caractéristique notable. Si cette croissance se poursuivait au même rythme depuis cette date, les groupes chinois devraient rattraper puis dépasser en effort de R&D les groupes français dans ce domaine. Comme dans d'autres domaines, la Chine pourra assurer l'émergence d'acteurs mondiaux dans ce secteur, qui ne se cantonneront pas d'avoir comme seul débouché le marché chinois.

Encadré 2 : Les définitions utilisées des secteurs

L'utilisation du classement européen pour identifier les poids de ces différents secteurs primordiaux pour la croissance future n'est pas simple dans la mesure où la nomenclature utilisée est la nomenclature ICB (Industry Classification Benchmark) qui mélange les biens et les services.

Nous définissons ainsi :

- Le secteur « santé » est défini comme le secteur ICB "20103" regroupant les Établissements de soins de santé (ICB: "20101010"), Services de gestion des soins de santé (ICB: "20101020"), Services de soins de santé (ICB: "20101025"), Soins de santé : Divers (ICB: "20101030"), Équipement médical (ICB: "20102010"), Fournitures médicales (ICB: "20102015"), Services médicaux (ICB: "20102020"), Biotechnologie (ICB: "20103010"), Produits pharmaceutiques (ICB: "20103015"), Producteurs de cannabis (ICB: "20103020"). A noter que ce secteur incorpore le secteur biotech-pharma habituel qui a une place prépondérante.
- Le secteur des "transports" regroupe les classes "40101" et "50206", soit les Services automobiles (ICB: "40101010"), Pneus (ICB: "40101015"), Automobiles (ICB: "40101020"), Pièces automobiles (ICB: "40101025"), Camionnage (ICB: "50206010"), Véhicules commerciaux et pièces détachées (ICB: "50206015"), Chemins de fer (ICB: "50206020"), Matériel ferroviaire (ICB: "50206025"), Transport maritime (ICB: "50206030"), Services de livraison (ICB: "50206040"), Leasing de véhicules commerciaux et d'équipements (ICB: "50206050"), Services de transport (ICB: "50206060"). A noter que le secteur des transports défini de la sorte n'incorpore pas l'aéronautique. Ce sont donc ici des transports terrestres.
- Le secteur du « numérique », regroupe les classes ICB "10" et "15" regroupant : les Services informatiques (ICB: "10101010"), Logiciels (ICB: "10101015"), Services numériques pour les consommateurs (ICB: "10101020"), Semi-conducteurs (ICB: "10102010"), Composants électroniques (ICB: "10102015"), Équipement de technologie de production (ICB: "10102020"), Matériel informatique (ICB: "10102030"), Équipement de bureau électronique (ICB: "10102035"), Équipement de télécommunications (ICB: "15101010"), Services de télévision par câble (ICB: "15102010"), Services de télécommunications (ICB: "15102015").

Les entreprises du numérique sont dispersées en plusieurs secteurs : Facebook ou Google sont classées dans « logiciels et services informatiques ». Amazon est considéré comme un distributeur spécialisé tout comme Netflix, alors que PayPal va être classé dans les services financiers. Une même entreprise peut aussi être classée dans différents secteurs selon les années : Amazon est parfois considéré comme un service spécialisé de distribution ou comme un service informatique. Dès lors, il n'est pas évident de tout réaffecter de manière raisonnée dans la base ; sachant aussi que l'activité principale des entreprises peut varier d'une année à l'autre dans un portefeuille d'activités variées. Nous reclassons en numérique les firmes Netflix, PayPal, tout comme les plateformes de commerce eBay, Amazon, Alibaba et Meituan Dianping.

Néanmoins, Apple est classée en numérique alors que LG, Samsung et autres Sony sont laissés en électronique malgré leur engagement dans le numérique.

Les statistiques proposées ici sont donc à considérer au regard de la qualité des classements d'activité principale et de leur reclassement. Sans doute, les données souffrent toujours d'un biais, et sous-estiment l'importance du secteur numérique. Ce biais concernerait donc surtout les États-Unis. Les données des groupes classés selon l'activité principale, en santé ou encore dans les moyens de transport, présentent certainement moins de problèmes.

Figure 7 : Évolution du niveau d'investissement en R&D des groupes de santé, selon leur pays d'origine (En euros courants)

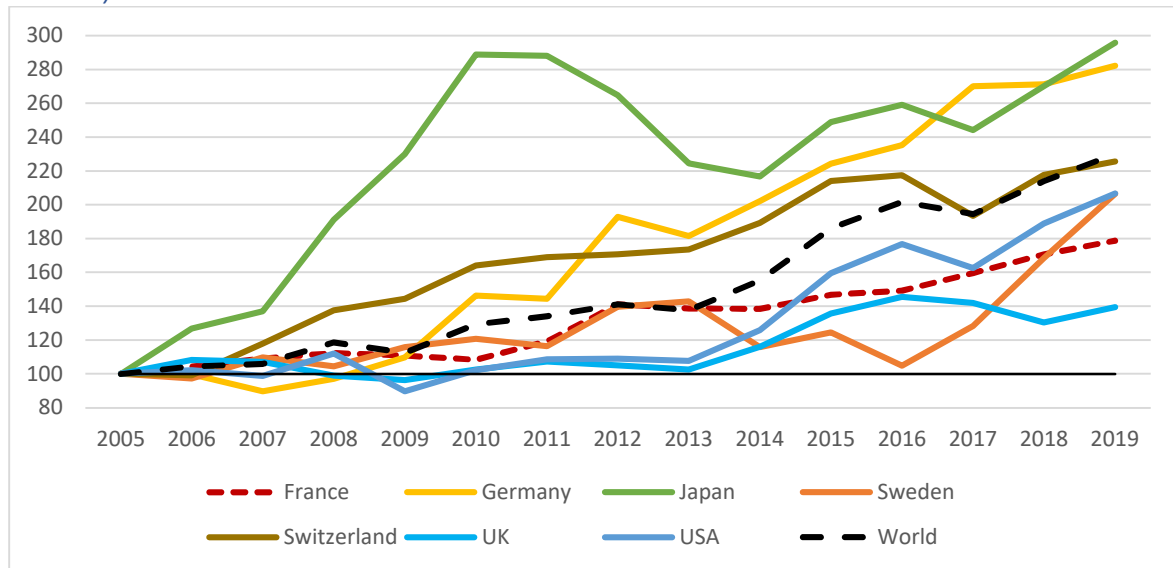
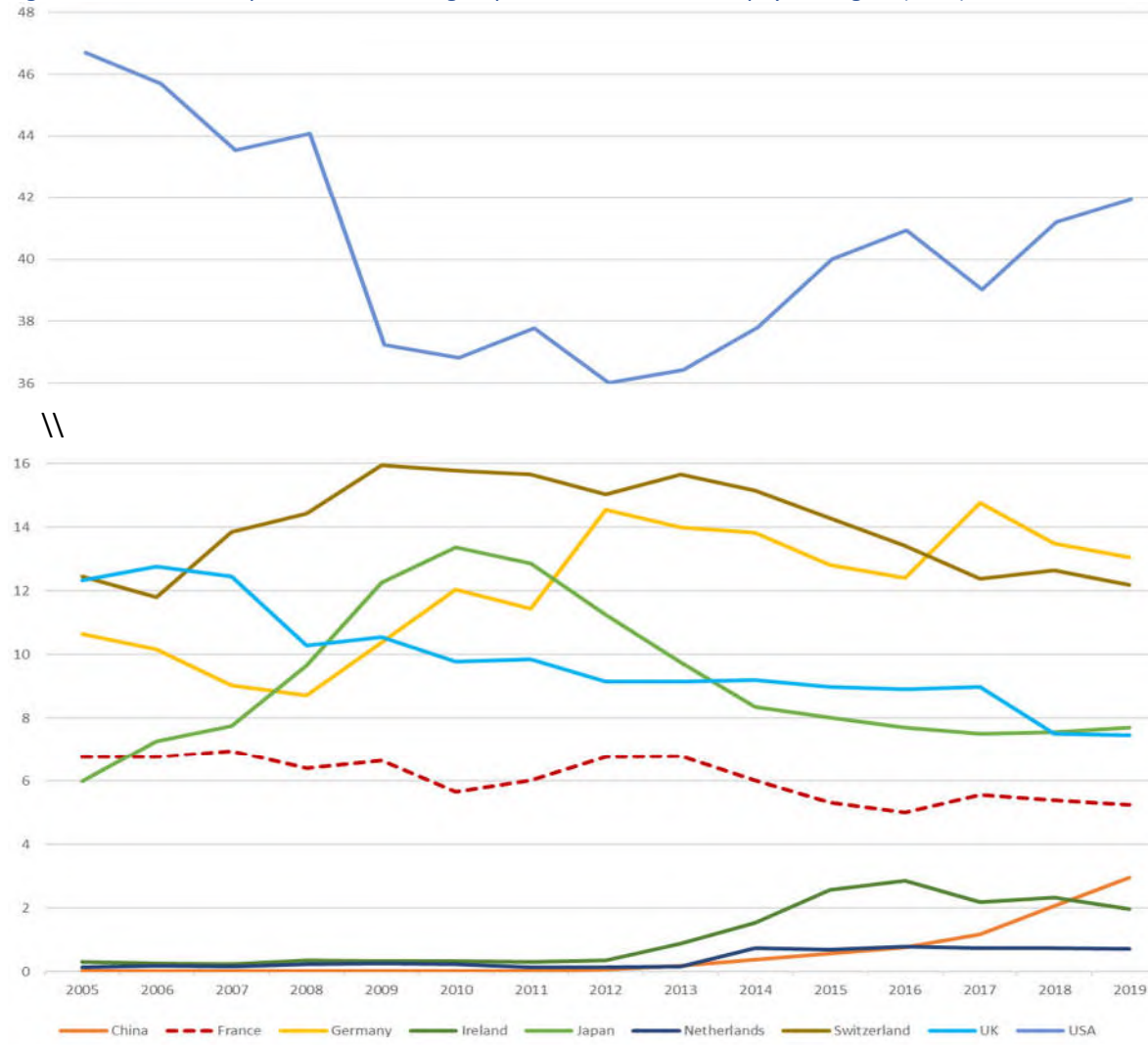


Figure 8 : Évolution du poids mondial des groupes de santé, selon leur pays d'origine (en %)



Note : Une rupture d'échelle sur les ordonnées a été introduite pour gérer la suprématie des groupes états-uniens

Figure 9 : Évolution du niveau d'investissement en R&D des groupes dans le numérique, selon leur pays d'origine (en euros courants)

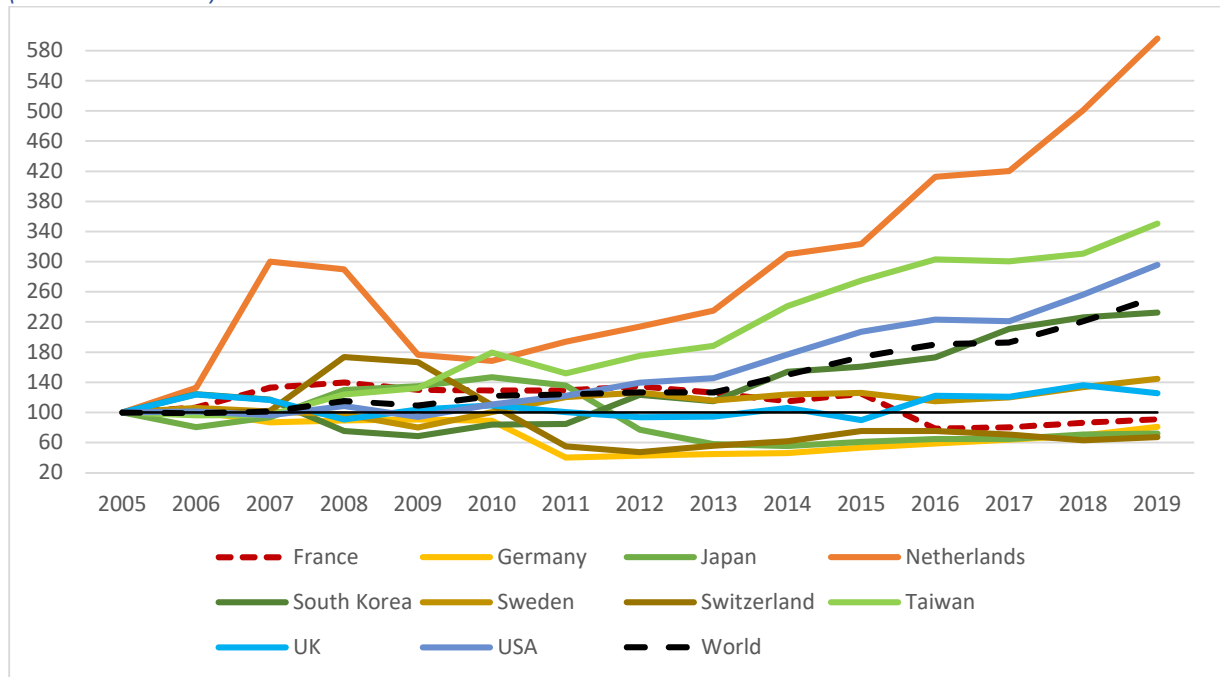
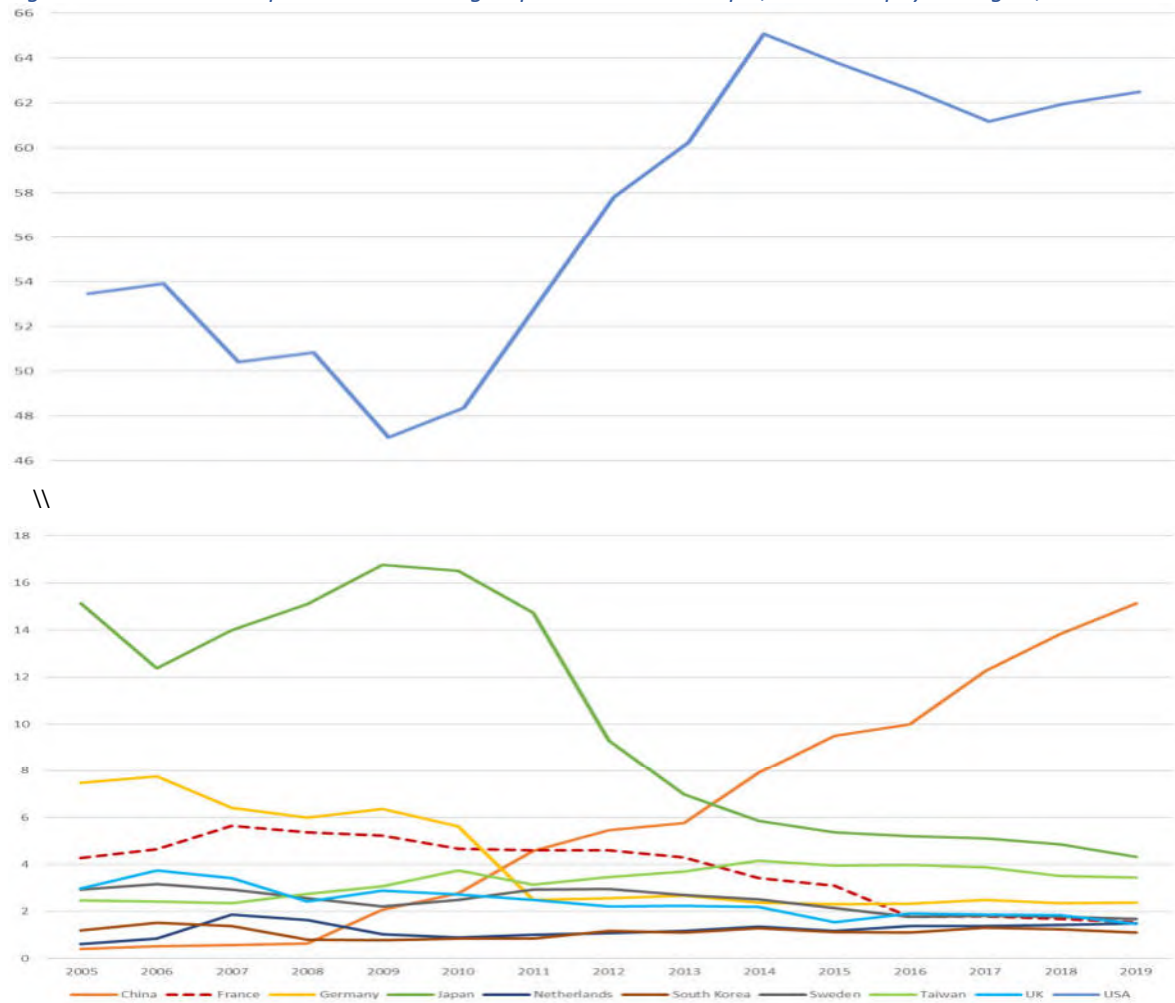


Figure 10 : Évolution du poids mondial des groupes dans le numérique, selon leur pays d'origine, en %



Note : Une rupture d'échelle sur les ordonnées a été introduite pour gérer la suprématie des groupes états-uniens

L'analyse sectorielle des dépenses de R&D des grands groupes montre une domination écrasante des États-Unis **dans le numérique** en 2019, avec 177 milliards de dollars investis en R&D par les groupes américains, suivi des groupes chinois à 43 milliards d'euros loin devant le Japon et Taïwan à 12 et 10 milliards respectivement. Si la Figure 9 ne retrace pas l'évolution des efforts des groupes chinois, elle souligne le dynamisme des groupes hollandais (avec les succès que sont les groupes ASML et NXP dans les semi-conducteurs), Taïwanais et américains et la stagnation, voire la chute du Japon et des autres pays européens. Les groupes français ne représentent désormais plus que 4.4 milliards d'euros de R&D dans le numérique. Ce graphique montre aussi les moments d'inflexion des investissements avec, là aussi, une accélération en 2014 dans le numérique mondiale. La France ici stagne ou décroît, indépendamment des aides accordées aux entreprises de ce secteur depuis 2008. La Figure 10 montre les conséquences des efforts décrits par la figure précédente : en 2019, les États-Unis concentrent 62% des dépenses de R&D dans ce domaine ; une domination qui s'est accrue depuis la crise de 2008⁶. L'essor impressionnant de la Chine avec +13 points de % des dépenses mondiales de R&D dans le numérique depuis 2009, est plus tardif. Les États-Unis et la Chine représentent donc désormais plus des trois quarts des investissements mondiaux dans le numérique alors qu'ils n'en concentraient que la moitié en 2005. Cette concentration au profit des groupes de ces deux pays s'est faite au détriment des groupes des autres pays de l'OCDE (les dépenses y ont cru moins vite qu'aux USA et Chine) dont les difficultés à participer à l'essor de nouveaux secteurs technologiques sont depuis longtemps identifiées. Ce phénomène de « déclasserment » touche en effet les groupes japonais - principaux perdants - suivi des groupes français et britanniques. Même les groupes allemands qui ont fortement augmenté leurs efforts de R&D, n'ont pas pu maintenir leur rang dans le classement du secteur numérique. Finalement, seuls les groupes néerlandais ou coréens maintiennent leurs places dans le classement sur la période avec des efforts importants d'investissements de R&D.

Cette position dominante des États-Unis et de la Chine dans le secteur numérique représente une menace pour les pays européens relativement plus spécialisés dans des secteurs manufacturiers « traditionnels » tels que les véhicules de transports ou la santé. Le numérique transforme en profondeur ces secteurs de la santé ou de l'automobile. L'essor rapide de Tesla, de Google ou de Apple en automobile, les investissements de Google, Apple ou de Microsoft en santé montrent déjà la capacité des grands groupes américains du numérique à saisir les opportunités créées par leur domination et les défis que cela représente pour les groupes des autres pays. Cette position dominante dans le numérique, aura aussi des répercussions dans les secteurs des services intensifs en connaissance tels que les Banque-Assurance, Conseil, Etudes-R&D dans lesquelles la compétitivité française et européenne risque d'être mise à mal.

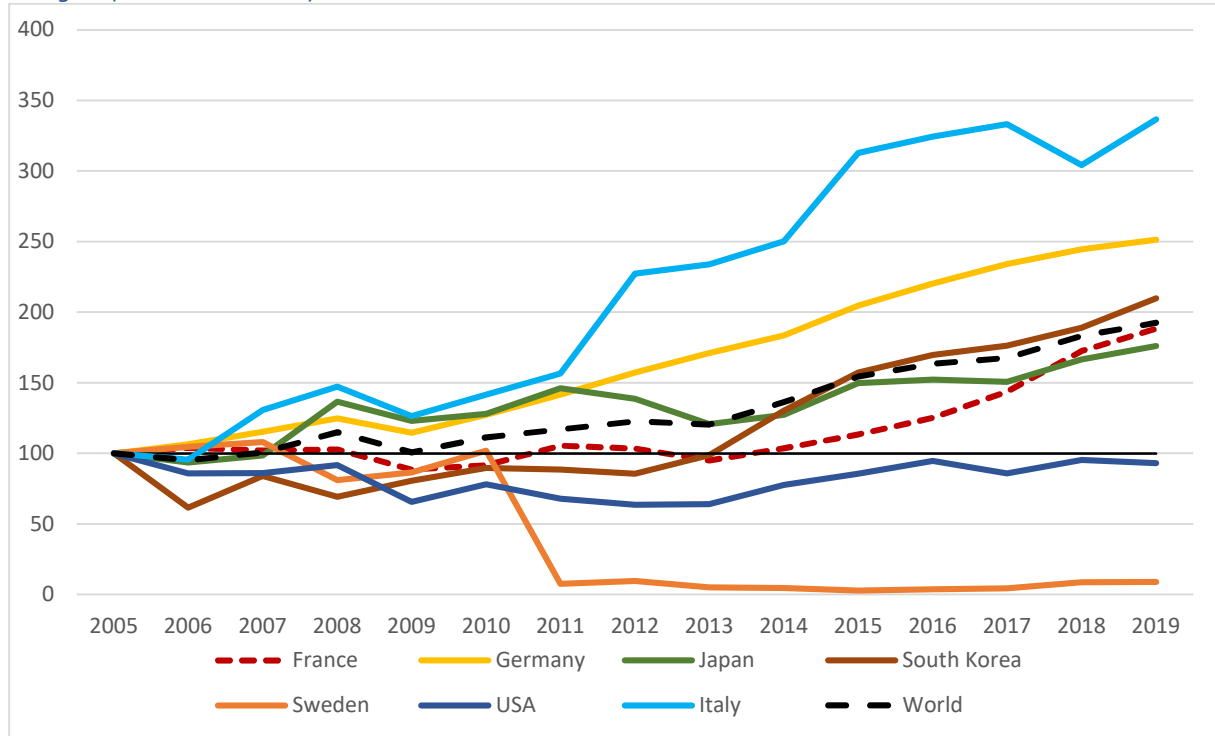
Enfin, l'écart entre les investissements en R&D ne rend certainement pas totalement compte du différentiel technologique et de productivité entre les différents pays. Les investissements en R&D dans le numérique sont typiquement des investissements qui se sont substitués à des investissements tangibles au cours des 20 dernières années ; d'autres investissements intangibles sont aussi venus compléter leurs dépenses de R&D dans le numérique. Considérer des investissements complémentaires dans le big data, ou dans le design, pourrait accentuer les écarts de rendement constatés sur la R&D entre pays, et déterminer des trajectoires de productivités différentes.

L'analyse des données dans les transports (terrestres ici) montre que l'effort en R&D des groupes allemands représentent 45 milliards d'euros en 2019 à comparer aux 33 milliards japonais (dont Nissan), 17 milliards des groupes américains, 11 milliards des groupes français et les 5 milliards italien ou coréens. Les efforts constants des groupes allemands à partir de 2010 leur permet d'asseoir leur

⁶ Les entreprises américaines du digital devenues des leaders mondiaux en R&D après la crise de 2010 sont : Dell Technologies, Electronic Arts, Facebook, Freescale, HP, Lam Research, LinkedIn, Netapp, Pinterest, Salesforce.com, Sandisk, Snap, Synopsys, Twitter, Uber Technologies, Western Digital, Workday.

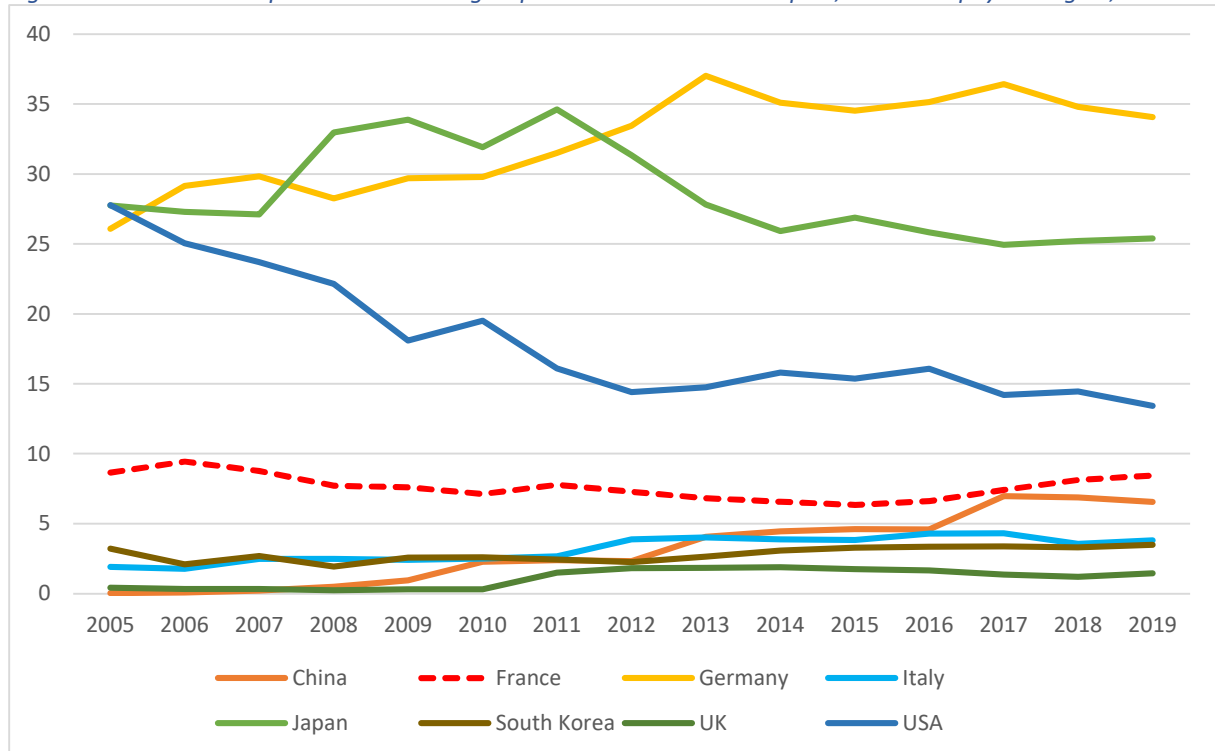
domination du secteur avec des groupes japonais qui décrochent à partir de 2013, accompagné d'une stagnation des groupes automobiles américains (Figure 11).

Figure 11 : Évolution du niveau d'investissement en R&D des groupes des secteurs du transport, selon leur pays d'origine (Base 100 en 2005)



Note : Évolution en euros courant.

Figure 12 : Évolution du poids mondial des groupes des secteurs du transport, selon leur pays d'origine, en %



La Chine non représentée sur la Figure 11, page 35, mais présente en partie sur la Figure 11, progresse de manière constante pour atteindre des investissements équivalents à ceux de la France. Dans ce changement mondial, la France et la Corée maintiennent leurs poids dans les dépenses mondiales de R&D sur la période, mais elles n'arrivent pas à atteindre le rythme de croissance de la R&D de l'industrie allemande. Les entreprises italiennes des transports qui faisaient peu de R&D font un réel effort sur la période, avec encore un peu plus d'ampleur grâce à la fusion entre Fiat et Chrysler en 2014⁷. Il est intéressant de noter que ce secteur européen résiste plutôt bien : les groupes automobiles américains en place se faisant distancer, et la Chine n'étant plus ou pas encore présente dans la course à l'innovation dans ces secteurs (on citera néanmoins ici Volvo et la production de cellules et batteries déjà au cœur de nombreux véhicules mondiaux).

1.1.4.2 Les dynamiques sectorielles de la R&D

L'analyse de l'évolution des poids sectoriels ne rend pas compte à elle seule de l'évolution de la concurrence technologique au sein de ces secteurs.

Une analyse des dépenses des groupes dans le secteur de la santé confirme que l'évolution de la concentration des groupes de santé est différente de celle constatée dans l'ensemble des secteurs. On remarque en effet une augmentation du nombre équivalent (Voir Encadré 1, page 23) d'acteurs sur ce marché avec la montée de nouveaux groupes américains. Cette évolution est comparable à celle dans d'autres pays, mais de façon bien moins marquée : la concentration baisse faiblement après 2010 en France, en Allemagne (si on pense à la surévaluation des acteurs avec Merck USA compté pour l'Allemagne) ou au Royaume-Uni. La montée de la Chine se fait en outre avec un nombre élevé d'entreprises nouvelles dans le classement, contribuant à accentuer la concurrence technologique mondiale. Dans le cas français (cf. indice de concentration C1 calculé auparavant) : parmi les groupes français, le groupe Sanofi, avec 70% de la R&D des groupes français classés, domine ce secteur en France dans lequel les autres groupes, comme Servier ou Mérieux par exemple, arrivent loin derrière.

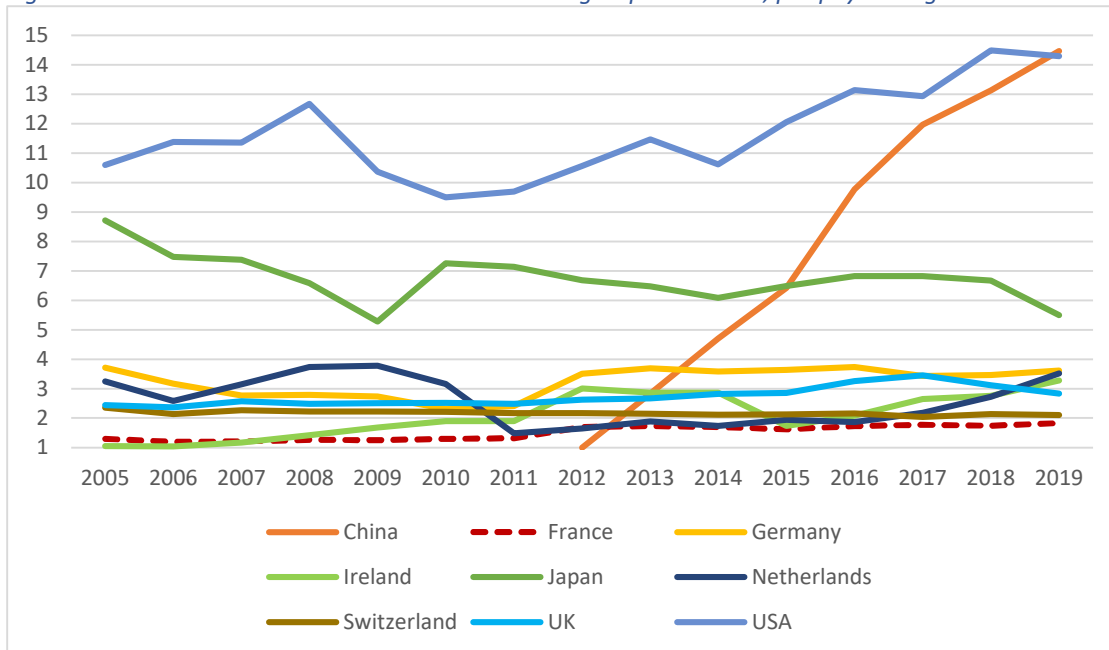
Une analyse similaire du secteur du numérique montre l'origine de la concentration mondiale des dépenses de R&D (Cf. Figure 13 de la page 37). Ce secteur est en effet celui dans lequel on assiste à une concentration croissante des investissements par quelques groupes leaders mondiaux. Cette évolution est très marquée aux États-Unis où sont localisés les leaders mondiaux du numérique mais s'observe également de manière beaucoup plus faible à Taïwan, en Allemagne, aux Pays-Bas ou en Suède. La France marque plutôt une évolution inverse avec une concentration en recul sur la période, marquant l'essor d'acteurs supplémentaires dans le scoreboard. Le Royaume-Uni connaît une évolution particulière, avec des groupes qui pèsent de moins en moins dans la R&D mondiale, mais qui sont de plus en plus nombreux. Enfin, le secteur en Chine reste très concentré malgré la croissance du nombre d'acteurs et les montants investis, avec l'influence dans le numérique de quelques entreprises de grande taille, telles que Huawei, au sujet des équipements de téléphonie 5G.

La concentration des dépenses de R&D dans les transports (Figure 15, page 38) est enfin bien plus élevée et stable sur les 15 dernières années avec une légère baisse de la concentration depuis 2013. L'oligopole en France est ici bien plus marqué qu'en Chine pour des montants de R&D similaires. En outre, la concentration des groupes français dans ce secteur est plus élevée que pour les groupes allemands. La concentration en Italie reste unitaire sur la période, renforcée par la fusion entre Chrysler et Fiat. Ce graphique suggère qu'au-delà des motorisations électriques et des batteries, la transition européenne vers les véhicules autonomes se fera autour de quelques entreprises. L'avance importante des groupes américains dans les technologies de l'information ouvre aussi des opportunités d'alliances, mais aussi de dépendances de l'industrie des transports, notamment à

⁷ Le rachat de Chrysler par Fiat à Daimler est finalisé en 2014. Cela n'a pas occasionné de saut majeur dans le budget du groupe italien, ou de chute visible dans le groupe Daimler sur la période.

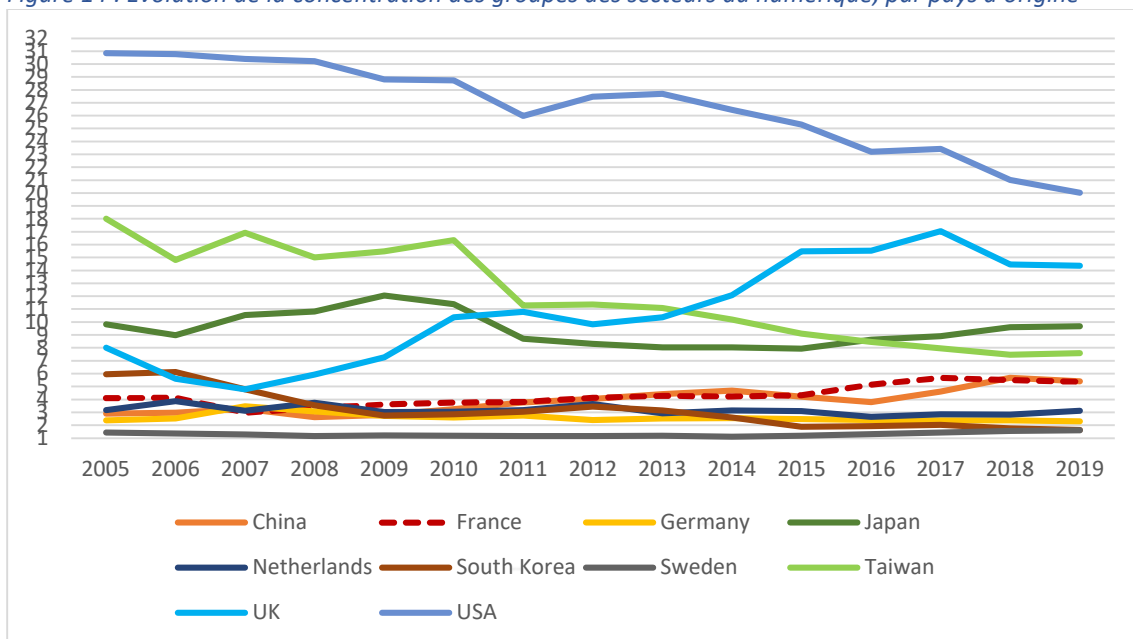
l'égard des véhicules autonomes (Voir Veugelers (2019)). Le choix par Apple en 2021 de Hyundai pour sa voiture en est une première illustration.

Figure 13 : Évolution de la concentration en R&D des groupes de santé, par pays d'origine



Note : L'ordonnée est le nombre équivalent ou encore 1/HHI. (Voir Encadré 1, page 23)

Figure 14 : Évolution de la concentration des groupes des secteurs du numérique, par pays d'origine

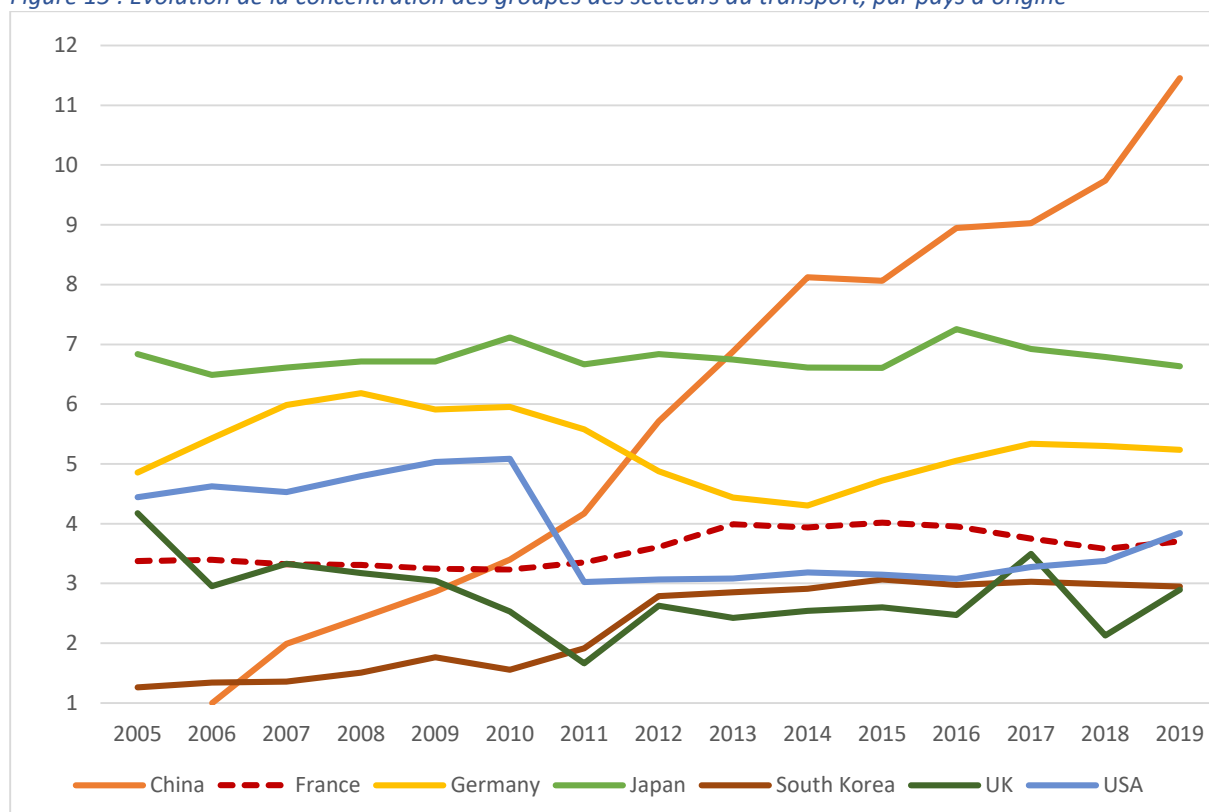


L'ordonnée est le nombre équivalent ou encore 1/HHI. (Voir Encadré 1, page 23)

Les différences de dynamique en termes d'efforts de R&D sont confirmées par l'analyse de la persistance dans le classement et du leadership au sein de ces 3 secteurs. Les firmes leaders en place dominent dans les transports et la santé avec un poids respectif de 80% et 70%, et dans une moindre mesure avec 60% dans le numérique. Dans le secteur de la santé, de nouvelles entreprises leaders ou suiveuses émergent sur la période accentuant la concurrence avec les firmes en place. Dans le secteur

des transports, cela est encore plus rare comme le montre l'émergence de la société Tesla. Les groupes en place sont davantage concurrencés dans le numérique, dans lequel de nouveaux leaders mondiaux ou les nouveaux suiveurs mondiaux, essentiellement américains, ont émergé rapidement au lendemain de la crise de 2008. L'essor de groupes chinois leaders et suiveurs, pesant trois fois moins, se fait *ex nihilo*. Le Royaume-Uni présente un profil très différent de celui de la France avec davantage d'entreprises nouvelles suiveuses ou leaders. Même si le Royaume-Uni marque le pas par rapport à la France en termes de montants de R&D investis, l'évolution de la structure montre qu'une dynamique s'est installée dans ce secteur outre-Manche depuis 10 ans.

Figure 15 : Évolution de la concentration des groupes des secteurs du transport, par pays d'origine



Note : L'ordonnée est le nombre équivalent ou encore 1/HHI. (Voir Encadré 1, page 23).

Globalement, la croissance récente de la concentration des dépenses mondiales de R&D des groupes français s'est donc accompagnée d'une baisse relative de leurs efforts de R&D par rapport aux multinationales des pays les plus compétitifs, et donc par une baisse des leaders français dans le classement mondial. Ce déclassement des groupes français s'opère avec une relative stabilité de la hiérarchie des leaders de la R&D française. Cette stabilité peut aussi être considérée comme positive au regard de l'évolution de la Grande-Bretagne dont les groupes historiques ont vu leurs rangs baisser de manière plus prononcée que les groupes français. Cependant, de nombreux groupes mondiaux ont pu aussi traverser la crise de 2008 et surtout sans aides fiscales à la R&D équivalentes au CIR au sein de leur pays d'origine. L'évolution depuis 2008, avec la baisse importante du nombre de groupes français et de leur poids relatif dans la R&D mondiale traduit-elle des difficultés, persistantes, notamment en période de reprise de la croissance, à participer à l'essor mondial de nouvelles technologies.

Cette évolution s'est opérée sans grands changements dans la répartition des firmes françaises. En d'autres termes, le recul des groupes français n'a pas entraîné de modification importante dans la structure industrielle même de la R&D industrielle nationale, contrairement au Royaume-Uni par

exemple. La concentration accrue des dépenses de R&D des groupes français durant la période récente s'accompagne d'un affaiblissement du poids des groupes leaders français dans la R&D mondiale. Les grands groupes historiques, leaders au niveau de la R&D en France ont donc a priori un pouvoir de négociation renforcée par rapport au gouvernement français.

1.1.5 Les groupes français ont-ils démérité ?

Pour appréhender l'évolution des efforts de R&D des groupes français comparés aux autres groupes mondiaux, il est nécessaire de tenir compte d'autres dimensions, comme la taille des groupes français, le secteur d'activité, le niveau de productivité qui peuvent influencer la capacité de ces groupes à investir en R&D. En outre, les conditions qui prévalent dans les pays d'origine où sont réalisées souvent la majeure partie des dépenses de R&D des groupes peuvent différer (e.g. l'importance des aides directes et indirectes).

Compte tenu de certaines caractéristiques, quelle devrait être la prédiction des dépenses de R&D des groupes ou celle de l'intensité de la R&D des groupes ? Nous pouvons vérifier à travers un modèle de base⁸, présenté en Annexe 2, page 131, si en moyenne être un groupe d'origine française a un impact sur le niveau ou l'intensité de leurs efforts de R&D. Pour cela nous posons comme hypothèse un effet fixe des pays d'origine sur les investissements des groupes originaires nationaux. Dans ce cas, les effets éventuels des pays d'origine peuvent être identifiés et comparés, tout en prenant en compte par ailleurs les effets sectoriels, de taille et de productivité.

Trois résultats concernant l'intensité de la R&D se dégagent. Premièrement, les groupes français ont en effet une intensité de R&D significativement moindre que celle des groupes américains, coréens, chinois, japonais, suisses, ou Taïwanais. Deuxièmement, cette intensité est au contraire plus élevée que celles des groupes de pays de pays comme la Finlande, l'Autriche ou le Royaume-Uni. Enfin, les groupes français présentent une intensité de la R&D qui n'est pas significativement plus faible que les groupes d'origine danoise, allemande, irlandaise, italienne, hollandaise ou suédoise, une fois pris en compte leur taille et leur secteur d'activité.

Ce résultat montre donc que le glissement constaté dans le classement mondial correspond plutôt à une baisse globale des groupes européens face aux groupes d'outre-Atlantique ou d'Asie qui ont été plus dynamiques en termes de R&D. Seuls les groupes suisses apparaissent clairement comme des leaders européens. En termes d'efforts de R&D, les groupes de l'UE ont du mal à se hisser au niveau de leurs concurrents.

Une analyse complémentaire⁹ permet de descendre au niveau individuel des groupes, notamment français. Elle suggère une faible intensité de la R&D chez Vinci ou Bouygues après la crise 2008. Elle suggère également qu'un groupe numérique d'origine française comme Atos aurait sous-investi en R&D sur 2017-2019. De même, les efforts de Safran à partir de 2016 seraient insuffisants par rapport à ceux de ses concurrents, comme Rolls-Royce par exemple. A *contrario*, l'analyse montre la permanence d'une intensité de la R&D relativement plus élevée que la concurrence mondiale au sein des groupes Sanofi, Mérieux, Ubisoft ou Vilmorin.

Ces résultats, basés sur les efforts de R&D, nécessiteraient une analyse complémentaire plus fine des performances des groupes, notamment en explorant les rendements en termes d'innovation de leurs investissements de R&D (Castellani et al., 2017).

⁸ Ne sont pas pris en compte les effets d'externalités intra et intersectorielles par exemple. On suppose que les variables explicatives manquantes ne modifient pas l'ordre de grandeur des coefficients et les écarts entre pays que nous voulons mesurer. Différentes spécifications et estimateurs alternatifs, clustérisant les résidus ou non, montrent que nos résultats sont robustes (voir Annexe 2, page 117).

⁹ Analyse des résidus des estimations

À retenir

- Les classements des groupes au sein du scoreboard dans les secteurs du transport et de la santé sont très stables durant la période 2005-2019, mais il s'agit de secteurs très concentrés autour de peu d'acteurs ; c'est le cas en France, surtout dans le secteur de la santé.
- Si le relatif maintien des groupes français dans le secteur de la santé et dans les transports au cours de la première période 2005-2014 a pu être en partie dû au CIR, les efforts de R&D dans ces secteurs ont été moins dynamiques que ceux des autres groupes, notamment américains, alors même que ces derniers ne bénéficiaient pas d'une aide fiscale de même ampleur dans leur pays d'origine. Cet effet possible du CIR n'a toutefois pas été perceptible dans le numérique.
- Le secteur numérique français a été beaucoup plus touché par la concurrence américaine et asiatique au cours des 15 dernières années.
- La structure du secteur numérique français est plus dynamique que celle des transports et de la santé. Toutefois, la dynamique sectorielle du numérique reste très faible et encore articulée autour de peu d'acteurs, à l'inverse de l'évolution de ce secteur au Royaume-Uni.
- Une fois pris en compte les secteurs et la taille des secteurs français, les différences en termes d'investissement de R&D et d'intensité de R&D entre groupes d'origine française et ceux de l'UE s'estompent cependant.

1.2 La R&D des groupes en France

En montant, les investissements de R&D des multinationales n'ont jamais été aussi importants et de nombreux groupes français n'arrivent pas à suivre, dans de nombreux domaines, le rythme imposé par les groupes originaires des États-Unis est de la Chine. La connaissance précise de ces activités globalisées de R&D reste difficile.

Les données des enquêtes nationales sur les efforts de entreprises en R&D, couplées avec d'autres bases (comme la base sur les liaisons financières entre entreprises) restent une source intéressante d'information, qui permet de compléter l'analyse des comportements des multinationales. En effet, les données nationales fournissent des informations sur le poids des multinationales dans leur système national, d'une part des multinationales du pays de l'enquête, mais aussi sur les multinationales étrangères implantées dans ce pays.

Nous proposons tout d'abord d'analyser le poids de la R&D des multinationales étrangères en France sur la période 2001-2016. Cette section propose ensuite d'analyser les flux financiers pour travaux de R&D : les entreprises peuvent en effet sous-traiter tout ou partie de leurs activités de R&D, ou opérer des flux lors d'accord de coopération de R&D avec des organismes tiers. Enfin, la R&D des multinationales localisées en France peut être financée par des filiales ou maisons mères localisées à l'étranger.

1.2.1 Le poids des groupes dans la R&D industrielle¹⁰ française

Avec plus de 23.7 milliards sur les quelques 32.2 milliards de DIRDE en 2016, les groupes français représentent un peu moins des trois quarts des efforts de R&D faits par les entreprises. Les groupes étrangers représentent à 6,3 milliards d'euros des dépenses nationales, soit une part de 20% des dépenses internes des entreprises (DIRDE). Le reste, soit 6% regroupant les entreprises indépendantes, y compris les start-ups. Le Tableau 6 souligne la progression du poids des groupes français dans les DIRDE : les groupes français représentaient seulement 68% de cette DIRDE au début des années 2000.

¹⁰ Nous parlons de R&D industrielle par opposition à la R&D académique. La R&D industrielle est celle menée par les entreprises, quels que soient leurs secteurs d'appartenance.

On assiste donc à l'essor des grands groupes à partir du milieu des années 2000 après une période de recentrage des politiques de R&D sur les PMI-PME et les créations d'entreprises. La reconnaissance et réintégration de l'importance de la R&D des grands groupes dans la politique française de R&D passe alors par la création en 2004 des pôles de compétitivité dont ils sont au cœur, la réforme du CIR en 2004 dont une partie est calculée en volume, puis son déplafonnement du CIR en 2008 et son passage total en volume. Ces mesures avaient pour objectifs d'accroître les efforts en R&D des entreprises et pour objectif in fine la croissance de leurs performances économiques.

Encadré 3 : Les enquêtes R&D en France

Les enquêtes R&D du MESRI (ministère de l'enseignement supérieur de la recherche et de l'innovation) permettent, une fois croisées avec des données sur les liaisons financières entre entreprises d'analyser au niveau national, quelles sont les travaux de R&D qui sont menés par des entreprises étrangères. Ces enquêtes permettent ainsi de cerner en France le poids des multinationales étrangères, tout comme, elles permettent potentiellement aux pays étrangers de cerner le poids des multinationales françaises.

En France, les données de l'enquête R&D et sur les liaisons financières (Lifi par la suite) sur la période 2001 à 2016 (2016 étant la dernière année de l'enquête R&D utilisée) nous permettent de comparer les traits des activités de R&D des entreprises localisées en France en distinguant les entreprises indépendantes des entreprises appartenant à des groupes. Cette approche couvre des groupes de toutes les tailles dont certains n'opèrent pas à l'étranger. Elle permet d'identifier les entreprises étrangères localisées en France et qui font de la R&D au sens de Frascati sur le territoire (OECD, 2015). L'approche agrégée proposée dans cette partie fournit un cadrage à l'analyse individuelle des grands groupes qui sera faite par la suite en intégrant des données supplémentaires.

L'appariement entre les données du MESRI et les données Lifi réserve parfois des surprises : notamment, certaines liaisons financières de filiales de grands groupes sont parfois non identifiées. Dès lors, l'absence d'une filiale une année peut entraîner des modifications importantes sur des tableaux distinguant les entreprises indépendantes des entreprises appartenant à des groupes. La recherche manuelle et la réintégration de ces entreprises considérées à tort comme indépendantes ont été menées pour de nombreux groupes. Dans certains tableaux, des modifications annuelles importantes peuvent aussi être dues à l'absence de réponses de certaines entreprises pour une année. Nous n'avons pas modifié les données dans ce cas (par interpolation par exemple) et les données des tableaux sont pondérées avec le taux de pondération de l'enquête R&D.

Nous présentons aussi des données en niveau et en euros 2016 (en utilisant l'indice du PIB des données MSTI de l'OCDE). Cependant, nous nous intéressons surtout aux différences structurelles et les montants ne sont pas fournis systématiquement. Enfin, cette parcimonie sur les montants est aussi due au fait que multinationales étrangères localisées en France peuvent être peu nombreuses dans certains secteurs ou dans certaines zones géographiques d'origine, empêchant ainsi de publier les données couvertes par le secret statistique.

La montée en puissance de la R&D des groupes français s'est également accompagnée d'une baisse du poids relatif des entreprises indépendantes dont le poids a été divisé par deux entre 2003 et 2015. Les évolutions en euros courants¹¹ des montants et de leur part suggèrent des sauts entre catégories avec des mouvements de fusion et acquisition, ou encore des filiales de groupe classées par erreur comme

¹¹ Nous proposons de ne pas déflater les grandeurs puisque nous nous concentrons sur la structure des dépenses et financements de la R&D des entreprises en France. Les tableaux en euros constants sont reproduits en Appendice.

indépendante dans la base de données sur les liaisons financières (Lifi). Néanmoins la tendance montre une baisse importante du poids relatif des indépendantes.

Tableau 6 : Évolution de la structure de la DIRDE réalisée en France (en Euros 2016)

Année	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
DIRDE (Mds €)	18.0	17.9	19.8	19.2	19.6	21.3	22.6	24.0	24.8	26.1	27.2	29.1	29.7	30.5	31.4	32.2
Indépendantes (%)	9.5	8.2	12.9	11.4	10.5	11.0	8.7	9.3	8.1	8.6	8.1	6.7	7.0	6.8	6.1	6.6
Groupes fr. (%)	68.6	67.9	66.9	67.5	66.9	68.9	71.1	71.4	72.8	73.1	73.9	75.6	75.4	75.3	75.4	73.8
Groupes Étr. (%)	21.9	23.9	20.2	21.1	22.6	20.1	20.2	19.3	19.1	18.3	18.2	17.7	17.6	17.9	18.5	19.6
États-Unis	6.3	6.9	7.2	7.1	7.6	7.1	6.9	6.6	5.7	5.5	4.8	5.3	5.2	5.5	4.1	5.3
Europe	13.5	14.7	11.5	12.4	13.8	11.7	11.7	11.2	12.1	11.6	12.1	11.3	11.4	11.3	12.9	12.4
Allemagne	2.3	3.2	3.0	3.1	3.6	3.3	3.2	3.5	3.0	2.9	3.1	3.0	2.9	2.9	3.2	2.8
Suisse	1.4	1.8	1.7	1.8	1.8	1.7	1.6	1.9	2.7	1.8	1.7	2.0	2.0	2.3	1.9	2.2
Pays Bas	2.3	2.3	1.7	1.8	1.7	1.2	0.4	0.8	0.4	0.4	0.7	0.7	0.7	0.6	0.9	0.9
Suède	0.9	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.3	1.0	0.9	1.1

Source : MESRI, enquête R&D.

Note : la DIRDE est en Mds d'Euros courants. La structure de la DIRDE est en %.

Enfin, on enregistre aussi une légère baisse du poids des groupes étrangers dont les efforts représentent moins de 18% de la DIRDE entre 2013 et 2014 pour donner suite à une baisse des dépenses des filiales européennes en France ces années. La croissance de la R&D des entreprises étrangères a donc été plus faible que celle des entreprises étrangères.

Une analyse par grande zone géographique d'origine précise les fluctuations constatées.

Elle montre la primauté des groupes de l'Europe et de l'Amérique du Nord : l'essentiel des 20% de dépenses de R&D réalisées par des groupes étrangers sont essentiellement faits par des filiales de groupes européens¹² avec 12% de la DIRDE fait en France en 2016. Les dépenses de groupes issus d'Amérique du Nord (États-Unis & Canada) représentent environ 6% de la DIRDE (1,8 Mds), avec un poids du Canada décroissant sur la période ; les autres nationalités représentant 2% de la DIRDE. L'évolution par pays d'origine montre une baisse tendancielle du poids dans la DIRDE des groupes nord-américains, une stabilité du poids des filiales de groupes européens et une croissance relative du poids des groupes d'autres nationalités. Le poids des autres nationalités reste cependant somme toute modeste passant de 0,5% à 1,6% de la DIRDE entre 2001 et 2016.

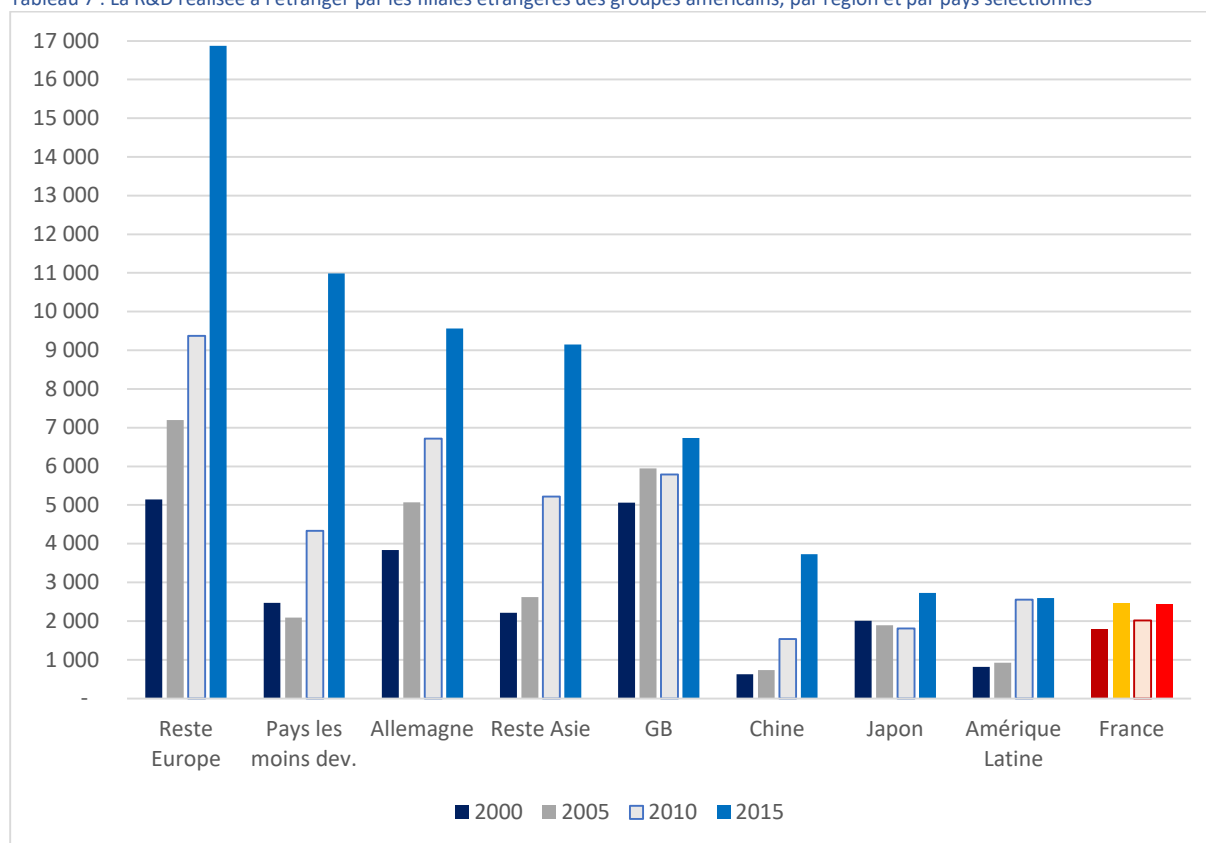
Une analyse par pays souligne la prééminence des entreprises originaires des États-Unis, avec 1.7 milliard en 2016, soit 5,3% dans la DIRDE réalisée par les multinationales étrangères, suivi par l'Allemagne et la Suisse avec 0.9 et 0,7 milliard respectivement (2,8% et 2,2%). Compte tenu du poids des entreprises sous contrôle des États-Unis, la stagnation relative sur la période des investissements des entreprises originaires de ce pays est suffisante pour faire baisser le poids des multinationales étrangères en France. On assiste à une croissance de la R&D des multinationales européennes d'origine allemande, suisse, suédoise, belge, finlandaise et japonaise qui est supérieure à celle constatée pour les groupes français. Avec une croissance importante, mais irrégulière, le rang de la Grande-Bretagne peut sembler en recul sur la scène de la R&D industrielle française, mais demeure avec une DIRDE de ses multinationales qui représente en moyenne 0,9% de la DIRDE française. Finalement, les seuls pays européens opérant un retrait de France sur la période sont les Pays-Bas et le Luxembourg (avec une reclassification nationale des firmes non-françaises non faite ici).

La DIRDE des groupes étrangers (hors États-Unis, Pays-Bas et Luxembourg) tire plutôt la DIRDE française vers le haut, surpassant la croissance en R&D des groupes français sur la période 2000-2016, malgré une chute des investissements en 2006. Les entreprises étrangères localisées en France ont

¹² Par « européen », nous signifions EU27+ la Grande-Bretagne, la Suisse et la Norvège.

continué à investir en France pendant la crise de 2009-2010 pour marquer le pas entre 2012-2014, suivi d'une croissance soutenue en 2015-2016. L'année 2008 ne marque pas de rupture significative de tendance.

Tableau 7 : La R&D réalisée à l'étranger par les filiales étrangères des groupes américains, par région et par pays sélectionnés



Source : (Chiarini et al., 2020) d'après les données du BEA, Bureau of Economic Analysis, Survey of U.S. Direct Investment Abroad
 Note : En millions de dollars américains 2010.

Cette analyse au niveau français doit être croisée avec l'analyse des budgets de R&D mondiaux de ces groupes dominants. Comme nous l'avons vu, les groupes français perdent du terrain et n'arrivent pas à suivre le rythme imposé par les groupes américains, allemands ou chinois, surtout dans les secteurs pharmaceutiques ou des transports. Le poids croissant des groupes marque donc, en creux, l'écart croissant entre une R&D faite par des entreprises indépendantes françaises et celles opérées au sein des groupes. Même si des biais sectoriels existent, les données montrent l'essor d'une recherche à deux vitesses : celle d'une recherche globalisée par des groupes situés en France qui peinent à suivre le rythme mondial ; celle d'une recherche d'entreprises indépendantes dont les efforts pèsent de moins en moins lourd dans la production de connaissance française et internationale et cela malgré le nombre croissant d'entreprises aidées pour leur R&D, de manière directe ou indirecte. La divergence entre les groupes et les entreprises indépendantes montre aussi les limites des aides indirectes à la R&D, mais aussi des politiques de réseaux interentreprises introduites au niveau national, régional ou même européen.

Les données françaises montrent finalement une perte d'attractivité de la France pour les groupes étrangers : les groupes étrangers investissent plus en France qu'auparavant, mais la croissance de ces investissements est à la mesure des efforts français en R&D et non de leurs efforts mondiaux. Ceci est particulièrement clair à travers les données du Bureau of Economic Analysis des États-Unis (BEA) (Tableau 7) pour les groupes des États-Unis qui ont délaissé la France, le Japon et l'Amérique latine et dans une moindre mesure le Royaume-Uni. Les groupes américains ont accru leurs investissements en

R&D en Asie (hors Japon), mais aussi en dehors de la Chine qui reste cependant dans des montants relativement modestes sur la période. Les groupes américains ont aussi placé leurs intérêts en R&D dans d'autres pays européens, notamment en Irlande, mais aussi en Allemagne dans laquelle les coûts de la R&D sont plus élevés qu'en France. Finalement, il est intéressant de souligner que les multinationales américaines investissent massivement en R&D sur la période dans les pays les moins avancés. Ce mouvement stratégique reste à interpréter mais repose certainement sur l'accès aux marchés locaux et la délocalisation de la production dans ces pays sur la période, l'occasion de bénéficier d'une part des faibles coûts de la main d'œuvre locale et des talents disponibles localisés dans ces pays d'autre part.

Le CIR a peut-être permis de limiter les relocalisations de dépenses de R&D en dehors de la France par les multinationales européennes, il n'a cependant pas permis à la France d'attirer une part du surplus croissant de R&D des groupes européens (allemands, suisses), américains, ou asiatiques (chinois, coréens) faits dans les années 2010. La baisse des coûts de R&D en France semble donc avoir du mal à contrebalancer la tendance à un déplacement de l'épicentre de la R&D industrielle mondiale vers les États-Unis et l'Asie sur la période et à asseoir une présence en R&D dans les pays en développement sur la période.

1.2.2 Analyse sectorielle de la R&D des groupes situés en France

La répartition sectorielle de la DIRDE française révèle sans surprise le poids des secteurs de l'automobile (4,1 milliards en 2016), de l'aérospatiale (3,5 Mds) ainsi que de la pharmaceutique¹³ (3,0 Mds) qui passe cependant de la première place en 2007¹⁴ à la troisième place dans la DIRDE en 2016. Ce dernier secteur connaît une baisse des dépenses sur la période alors que l'on assiste aussi à la stagnation des dépenses internes de R&D des entreprises dans des secteurs tels que les composants électroniques, des équipements de communication ou de télécommunication.

Le poids des groupes étrangers dans les secteurs de l'automobile et la pharmaceutique dans la DIRDE est proportionnel à la moyenne du poids des groupes étrangers dans la DIRDE totale (20%). Ce poids est en revanche en dessous de cette moyenne dans les services de R&D (17%), la fabrication d'instruments (13%), et dans l'aéronautique et spatiale (à 2%). *A contrario*, les entreprises étrangères sont plus présentes dans les secteurs comme l'industrie des machines (53%), de la chimie (33%), des composants électroniques (25% en considérant STMicroelectronics et Gemalto comme français), ou encore des activités de services informatiques (22%).

Les multinationales européennes sont relativement plus présentes dans la DIRDE des industries l'automobile ou de la chimie. Les multinationales nord-américaines pèsent relativement plus dans les secteurs de la pharmaceutique ou les services informatiques.

Les 10 dernières années ont été marquées par un désengagement des multinationales européennes dans la R&D française réalisée dans les secteurs de l'automobile, de la pharmaceutique et des composants électroniques. Le désengagement des multinationales américaines concerne surtout l'automobile et les composants électroniques. *A contrario*, les multinationales américaines ont accru leur part dans la DIRDE française dans les services informatiques et les services de R&D aux entreprises. Ce dernier secteur est d'ailleurs le seul dans lequel les multinationales européennes ont augmenté leur poids relatif dans la DIRDE française.

La baisse de la part des groupes américains en France marque la transformation de la structure industrielle outre-Atlantique avec le déclassement des secteurs manufacturiers traditionnels au profit de secteurs des technologies de l'information : ce désengagement de la R&D réalisée en France peut

¹³ Attention, les analyses de cette section sont faites avec une nomenclature NACE différente de celle ICB utilisée sur les données du scoreboard. Les services de santé ne sont pas inclus en pharmacie par exemple.

¹⁴ La nomenclature sectorielle est spécifique à l'enquête R&D du MESRI et nous utilisons ici celle adoptée à partir de 2007.

correspondre à un recentrage des entreprises originaires des États-Unis du hardware ou à des investissements dans les TIC dans des pays européens alternatifs. Ce désengagement relatif dans les composants et la pharmaceutique a laissé place à des investissements dans les services informatiques. La mutation industrielle de la R&D mondiale avec la montée d'entreprises du numérique originaires des États-Unis et de la Chine, s'est faite sans implantations importantes en France : les GAFAM (rassemblant Google, Apple, Facebook, Amazon et Microsoft) se sont retirés ou ont une présence qui reste symbolique dans la R&D française¹⁵, même si de nombreuses autres entreprises américaines présentes en France et appartenant aux secteurs des TIC se sont tertiarisées, et ont augmenté leurs activités de R&D dans ces secteurs. L'impact des multinationales européennes sur l'évolution de la structure industrielle de la DIRDE est moins prononcé.

À retenir

- Les groupes d'entreprises concentrent plus de 90% de la R&D industrielle française,
- Le poids relatif des grands groupes français baisse au niveau mondial, mais augmente en France pour concentrer désormais les trois quarts de la R&D industrielle française,
- Le poids des groupes français a crû au cours des 15 dernières années par rapport aux entreprises indépendantes dont les efforts en R&D se sont relativement moins accrus,
- Si le poids des groupes étrangers situés en France baisse légèrement lors des années 2000 pour représenter environ 18% de sa DIRDE dans les années 2010, les firmes françaises indépendantes ont vu leur poids baisser traduisant leurs difficultés à suivre le rythme de croissance des efforts des grands groupes en France et encore moins celui des grands groupes classés dans le scoreboard,
- La stagnation relative des investissements des filiales américaines en France à la date de la crise de 2008 a été relativement compensée par un maintien ou une croissance des filiales de groupes européens,
- Les groupes étrangers en France ont baissé leurs efforts en R&D dans les secteurs des composants électroniques, de la pharmaceutique et de l'automobile,
- L'année 2008, date de la réforme du CIR, ne marque pas une rupture dans les investissements des filiales étrangères en France.

1.2.3 Les dépenses de R&D faites à l'étranger par les groupes localisés en France

La production de connaissance en France va donc dépendre des efforts des entreprises françaises, mais aussi des filiales étrangères localisées en France. Cette dépendance peut aussi s'analyser en termes de flux entre la France et le reste du monde : une entreprise localisée en France peut avoir besoin de compétences externes en R&D et trouver ces compétences à l'étranger ; un groupe français peut aussi développer un projet au sein de plusieurs filiales réparties dans différents pays. Les flux financiers émergent en contrepartie des flux de connaissances produites. Ils constituent une approximation de la globalisation et des interdépendances créées entre les pays à travers les multinationales.

Les relations de dépendance vis-à-vis de l'étranger peuvent correspondre aussi bien à des substitutions qu'à des complémentarités dans les compétences déjà acquises. L'entreprise ayant sa capacité de R&D située en France va préférer faire sa R&D à l'étranger à la place d'une exécution en France et aboutir à un moindre développement de ses capacités domestiques de R&D industrielle. Dans ce cas, cela pourrait se traduire par une réduction de ses personnels de R&D situés en France. La captation de compétences de R&D à l'étranger peut cependant aussi recouvrir des compétences complémentaires

¹⁵ Pour donner un ordre de grandeur par rapports aux milliards dépensés par les GAFAM en R&D au niveau mondial, Facebook qui est l'un des plus actifs en France en R&D, a annoncé en 2018 qu'il allait doubler sa R&D sur l'IA en France en 2018, pour atteindre 60 chercheurs en 2022.

uniques qui vont permettre à la firme de mener à bien son projet ou même permettre d'évincer l'accès à ces compétences pour ses concurrents : on a alors dans ce cas, une potentielle croissance des dépenses de R&D en France. D'un point de vue dynamique, l'accès à des compétences de R&D à l'étranger peut aussi permettre un rattrapage en cas de retard des firmes nationales, ou permettre aux équipes étrangères de bénéficier de l'avance française dans certains domaines. C'est le cas notamment des partenariats entre grandes firmes pharmaceutiques et les startups de biotechnologie. La problématique de contrôle des fuites de connaissances est cependant minorée dans le cas des dépenses intragroupes qui sont, comme nous l'avons vu, les plus importantes en volume.

L'impact de l'exécution à l'étranger de travaux de R&D faits pour le compte d'entreprises situées en France ne se résume pas aux activités qui donnent lieu à des flux financiers. D'autant plus que ces dépenses externes à l'étranger occultent toutes les relations formelles et informelles n'impliquant pas de flux financiers et qui constituent des parts importantes des interactions scientifiques et technologiques (Gesing et al., 2015). Cependant, ces flux financiers permettent d'approximer la globalisation via les interdépendances des entreprises situées en France vis-à-vis des savoirs et savoir-faire étrangers.

Les dépenses externes pour travaux de R&D représentaient 11.6 milliards en 2016 à rapporter aux 32 milliards de DIRDE faits en France. Les dépenses externes de R&D croissent fortement sur les 15 années, surtout pour les groupes français dont les dépenses externes augmentent deux fois plus vite que les entreprises indépendantes. Au sein de ces dépenses externes, les dépenses faites en direction des entreprises étrangères sont analysées ci-dessous car elles nous permettent de mieux saisir les interdépendances de R&D entre les groupes localisés en France et ceux localisés à l'étranger. Cette croissance est toutefois irrégulière avec une très forte hausse en 2014 due à la réincorporation de dépenses vers l'étranger de multinationales qui ne classaient pas leurs dépenses externes dans cette catégorie. Ces évolutions sont donc à analyser avec prudence.

Tableau 8 : Évolution flux financiers pour travaux de R&D (DERD), en direction de l'étranger (en Euros 2016)

DERD	Année	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Vers entreprises étr. (Mds €)		1,06	0,93	0,75	0,77	0,97	1,11	1,53	1,87	2,11	2,31	2,39	3,07	3,05	4,78*	4,72	4,47
En % de la DIRDE totale		5,9	5,2	3,8	4,0	4,9	5,2	6,8	7,8	8,5	8,9	8,8	10,5	10,3	15,7*	15,1	13,9
Pour les indép. (%)		2,0	2,0	1,7	2,2	4,0	3,0	6,4	6,4	2,9	4,9	3,6	3,5	4,5	7,0	5,7	4,2
Pour les groupes fr. (%)		6,8	4,6	3,4	3,1	4,2	4,6	6,8	8,1	9,1	9,1	8,9	10,9	11,0	17,9*	16,9	15,8
Pour les groupes étr. (%)		4,7	7,7	6,5	7,9	7,4	8,6	6,9	7,3	8,5	9,6	10,7	11,5	9,5	9,7	10,5	9,9
Vers groupe à l'étr. (Mds €)		0,62	0,48	0,31	0,39	0,44	0,68	0,82	0,92	1,03	1,25	1,32	1,61	1,57	3,28*	3,27	2,81
En % de la DIRDE des gpes		3,8	2,9	1,8	2,3	2,5	3,6	4,0	4,2	4,5	5,2	5,3	5,9	5,7	11,5*	11,1	9,4
Pour les groupes fr. (%)		4,0	1,9	1,0	1,2	1,3	2,4	3,3	3,6	4,2	4,8	4,7	5,6	5,6	12,6*	12,1	10,4
Pour les groupes étr. (%)		3,2	5,6	4,0	5,2	5,3	6,9	5,0	4,9	5,1	6,0	7,1	6,9	5,1	5,9	6,7	5,3

Source : MESRI, enquête R&D.

Note : la DERD est en Mds d'Euros 2016. « Etr. » : Etranger, « Fr » : Français, « grpe » : groupe, « Indep. » Indépendantes.

La dépense externe de R&D réalisée par des entreprises localisées en France vers des entreprises faisant de la R&D à l'étranger (et non pas des laboratoires publics à l'étranger), représente 4,47 milliards d'euros en 2016. La dépense externe de R&D réalisée par des groupes localisés en France vers des filiales faisant de la R&D à l'étranger, représente 2,81 milliards d'euros en 2016

La structure de la DERD est en % de la DIRD des entreprises concernées : par exemple, la DERD vers l'étranger des groupes étrangers représente 9,9% de leur DIRD en 2016; la DERD intragroupe vers l'étranger des groupes français représente 10,4% de leur DIRD en 2016.

* À Partir de 2014, on a une rupture avec la réintégration de dépenses vers l'étranger d'un groupe français.

Comme le montrent les chiffres du Tableau 8 sur la décomposition de la DERD (Dépenses Externes en R&D) des entreprises situées en France, à partir de 2006 la sous-traitance de R&D vers l'étranger augmente bien plus rapidement que la sous-traitance de R&D réalisée en France. Avec 4.47 milliards en 2016, la DERD vers l'étranger destinée à des entreprises représente l'essentiel des 4.61 milliards de DERD en 2016. La part de la DERD réalisée à l'étranger par des entreprises, et non les laboratoires publics, augmente pour toutes les catégories de firmes, mais surtout pour les groupes français dont la

part de la DERD rapportée à la DIRDE passe de 6,8% à 11% entre 2001 et 2013. Ce dernier chiffre correspond au fait que les groupes français situés en France sous-traitent pour 2.5 milliards en 2013 à des entreprises étrangères, avant une rupture de série¹⁶ qui fait monter l'enveloppe à 3.7 milliards en 2016 (et 15,8%). Ainsi, l'ouverture des groupes français dépasse désormais celle des groupes étrangers situés en France qui représentent 4,7% à 9,9% de la DIRDE sur la période 2001-2016 (voir Tableau 8).

Une décomposition de ces chiffres par origine géographique des groupes (non présentée) montre que les dépenses de R&D à l'étranger sont historiquement plus importantes pour les groupes européens que pour les groupes nord-américains¹⁷. La proximité et l'intégration européenne semblent jouer ici : les groupes européens situés en France ont une dépense de R&D faite à l'étranger qui représente environ 465 millions en 2016 avec un poids dans leur DIRDE qui passe de 6% dans les années 2000 à 11% des années 2010. Les filiales des groupes nord-américains ne représentent que le tiers des flux faits par les filiales européennes avec 154 millions en 2016 alors qu'elles représentent environ 40% de la DIRDE des groupes européens. La dépendance des filiales des groupes nord-américains situées en France vis-à-vis de l'étranger s'est accrue cependant en passant de 4% à 9% de leur DIRDE entre le début et la fin de période.

Avec quelques 2.81 milliards en 2016, les dépenses externes intragroupes vers l'étranger occupent plus de la moitié des dépenses de R&D faite à l'étranger. Elles représentent environ 6 à 7% de la DIRDE des groupes étrangers contre 4 à 5% en début de période. La majeure partie de ces flux émane des groupes français qui dépensent 2.47 milliards des 2.80 milliards de DERD intragroupe allant vers l'étranger en 2016.

Tableau 9 : Destination de la DERD vers les entreprises situées à l'étranger, en 2016 (Milliards d'euros)

DERD	en:	Groupes français		Groupes étrangers		dont				Ensemble	
			%		%	Groupes Européens	%	Groupes USA+Can	%		%
Vers l'UE	Hors groupe	0,570	16	0,136	27	0,113	31	0,020	16	0,706	17
	Intra Groupe	1,877	52	0,172	34	0,146	40	0,026	20	2,049	50
Hors UE	Intra Groupe	0,604	17	0,160	32	0,080	22	0,078	61	0,764	19
	Hors groupe	0,528	15	0,031	6	0,027	7	0,004	3	0,559	14
Ensemble		3,579	100	0,499	100	0,366	100	0,128	100	4,078	100

Notre : Ensemble comporte les destinations autres. « Can » : Canada

On a bien en dernière colonne, les 2.05+0.76=2.81 Milliards de DERD vers étranger en intragroupe en 2016, du Tableau 8.

La croissance de la dépendance aux filiales du même groupe situé à l'étranger est plus marquée pour les groupes français : cette part passe de 1% à 6% de la DIRDE des groupes français entre 2003 et 2013. La rupture statistique de 2014 fait ensuite monter la dépendance de la R&D industrielle française aux laboratoires industriels étrangers à environ 12% de la DIRDE. La répartition par origine géographique des groupes montre que le poids de la R&D intragroupe réalisée à l'étranger dans la DIRDE augmente pour les groupes français et américains, mais a tendance à décroître pour les groupes européens situés en France. Le comportement des firmes européennes en France est donc différent, mais peut difficilement être caractérisé sur la période : le recours à de la R&D faite à l'étranger peut être un signe d'intégration européenne croissante de ces groupes mais peut aussi refléter une dépendance croissante vis-à-vis de la R&D faite aux États-Unis ou en Asie.

Si nous avons vu que la France accroît sa dépendance aux laboratoires industriels situés à l'étranger, essentiellement en raison des flux intragroupes des groupes français, nous pouvons nous demander si

¹⁶ En 2014 avec la réincorporation de dépenses vers l'étranger d'entreprises multinationales qui ne classaient pas certaines dépenses faites à l'étranger. Les évolutions suivantes faites en niveau sont donc à analyser avec prudence.

¹⁷ Les flux interentreprises intra-européens peuvent aussi être gonflés par les programmes européens.

cette ouverture accrue bénéficie à l'espace européen ou si ce sont les États-Unis et l'Asie qui sont les principaux acteurs de cette dépendance.

Les données du MESRI permettent, à partir de 2012, de ventiler ces flux par zone géographique de la DERD dépensée à l'étranger (Tableau 9) :

- Les dépenses externes de R&D sont pour plus des deux tiers (67%) faites vers l'Europe, aussi bien pour les groupes français (68% avec 2.4 milliards en 2016) que les groupes européens (71% avec 259 millions en 2016),
- Les dépenses externes intra-européennes des groupes nord-américains localisés en France sont moins systématiquement orientées vers l'Europe avec seulement un peu plus du tiers (36%) de leurs dépenses externes dans cette zone (avec 46 millions d'euros en 2016).

Les groupes situés en France ont donc augmenté leurs dépenses de R&D faites à l'étranger. Cette globalisation de la R&D accompagne *a priori* la globalisation de l'activité économique sur les 15 dernières années. Les données disponibles suggèrent que les groupes situés en France accroissent leurs interactions vis-à-vis de l'étranger en termes de R&D (Tableau 10). Les interactions sont surtout intragroupes et intra-européennes. Les dépenses vers l'Europe représentent, en 2016, 2.75 milliards d'euros. La part des dépenses faites en Europe par les filiales de groupes étrangers en France représente environ 300 millions.

Les groupes français dépensent plus de 1.13 milliard en dehors de l'Europe pour des travaux de R&D loin devant les groupes étrangers qui représentent moins de 200 millions (Tableau 10). Les groupes américains ont une préférence pour les dépenses hors Europe : les dépenses sont essentiellement intragroupes et, *a priori*, par nature, transatlantiques.

Les données ne nous permettent pas de saisir si la montée des dépenses à l'étranger repose sur une croissance relativement plus forte des dépenses hors Europe par rapport aux dépenses intra-européennes. Les données 2012-2016, une fois les observations sources de la rupture de série évincées, suggèrent une relative stabilité des dépenses vers l'étranger de la part des groupes français sur la période, aussi bien vers l'Europe que vers le reste du monde.

Les évolutions des dépenses à l'étranger des groupes situés en France ne marquent pas de rupture nette en 2008, date de l'adoption du CIR en volume et de son déplafonnement. Les montants de R&D sous-traités par les filiales françaises de groupes étrangers restent modestes. Les montants constatés confirment une internationalisation mais pas une explosion des flux financiers liés à la montée des interactions de R&D, notamment intra-groupe. Ces évolutions sont régulières et ne semblent pas influencées par la modification du CIR en 2008 qui aurait pu gonfler les dépenses externes des multinationales localisées en France, notamment intra-européennes : ces dépenses externes vers des pays étrangers intra-UE pouvant être incorporées dans l'assiette du CIR¹⁸.

1.2.4 Les financements de la R&D des groupes localisés en France industrielle par des entreprises étrangères

De manière symétrique à l'analyse des dépenses faites à l'étranger par les groupes français et étrangers basés en France, une analyse des financements reçus de l'étranger est aussi possible. Les entreprises situées en France peuvent recevoir des financements en provenance de filiales ou maisons mères de groupes étrangers, ou encore de la part des filiales de groupes français situées à l'étranger. Si le CIR doit favoriser un recentrage de l'activité de R&D des groupes sur la France, nous devrions pouvoir aussi constater une interdépendance accrue de l'étranger vis-à-vis de la R&D menée en France et une évolution du comportement des multinationales plus favorables à la réalisation de R&D en

¹⁸ Un plafond de 2 millions d'euros a été mis en place s'il y a un lien de dépendance entre la société qui déclare le CIR et le sous-traitant. Ce plafond est de 10 millions d'euros s'il n'existe pas de lien de dépendance.

France : les entreprises situées en France recevant plus de financements de l'étranger pour réaliser de la R&D pour des entreprises situées à l'étranger ; les filiales situées à l'étranger achetant aussi relativement plus de R&D aux laboratoires situés en France en raison du moindre coût de la R&D française.

Les données agrégées et leurs évolutions sont à interpréter avec précaution puisque les fusions et acquisitions ou les changements annuels des plus grands groupes peuvent modifier significativement les données nationales. Toutefois, le nombre de groupes français et étrangers est suffisant pour appréhender les tendances : les groupes français et étrangers recevant des financements privés de l'étranger progressent, à environ 60 groupes dans les deux cas. Une vingtaine et une trentaine de groupes, respectivement français et étrangers, reçoivent des financements intragroupes de l'étranger sur la période.

En 2016, les entreprises françaises reçoivent 2.85 milliards d'euros de financement de l'étranger, soit un peu moins de 9% de la DIRDE des entreprises situées en France. Ce montant est à la fois constitué de financements publics, notamment européens, de financements en provenance d'organisations étrangères ou internationales, et de financements d'entreprises situées à l'étranger. Dans ce dernier cas, les financements représentent 1.20 milliard en 2016, soit 3,7% de la DIRDE (cf. Tableau 10) et 42% du total des financements reçus de l'étranger. Ces financements sont relativement stables sur la période 2001-2016, sans rupture claire après le déplafonnement et passage du CIR en volume de 2008.

Tableau 10 : Financements reçus pour travaux de R&D, en provenance des entreprises étrangères (en milliards, Euros 2016)

Année	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Recu des ent. étr. (Mds €)	0,66	0,77	0,86	0,93	0,88	0,89	1,03	1,06	1,03	1,07	1,24	1,38	1,30	1,40	1,49	1,20
En % de la DIRDE	3,6	4,3	4,3	4,8	4,5	4,2	4,6	4,4	4,1	4,1	4,6	4,8	4,4	4,6	4,7	3,7
Pour les indép. (% de la DIRDE)	5,4	2,9	1,9	4,5	5,4	5,0	6,9	7,7	2,7	2,3	3,7	2,9	2,4	1,9	0,9	1,1
Pour les groupes fr. (% de la DIRDE)	2,4	3,4	2,9	3,2	2,9	3,6	3,9	3,2	2,8	2,9	3,2	2,7	2,8	2,5	2,6	1,9
Pour les Grpes étr. (% de la DIRDE)	6,8	7,4	10,4	10,3	8,8	5,8	5,9	7,2	9,7	9,7	10,7	14,2	12,0	14,6	14,6	11,5
Recu du gpe à l' étr. (Mds €)	0,38	0,39	0,50	0,49	0,49	0,35	0,37	0,44	0,58	0,77	0,96	0,78	0,81	0,87	0,97	0,85
Groupes fr. (% de la DIRDE)	0,8	1,0	1,0	1,1	1,0	0,8	1,0	1,0	1,2	1,5	1,6	1,3	1,1	0,9	1,2	1,0
Groupes étr. (% de la DIRDE)	5,1	5,7	8,4	8,2	7,2	4,3	3,7	4,3	7,3	5,8	8,3	12,3	10,0	12,0	11,9	9,7

Source : MESRI, enquête R&D.

Note : la DERD est en Mds d'Euros 2016. La structure de la DERD est en %. « Etr. » : Etranger, « Fr » : Français, « grpe » : groupe, « Indep. » Indépendantes

À noter que les entreprises indépendantes au sens de Lifi peuvent toujours avoir déclaré des financements en provenance du groupe dans l'enquête R&D. Soit on a une erreur de classement dans Lifi, soit l'entreprise est contrôlée à un seuil inférieur à celui retenu dans Lifi. Dans tous les cas, les montants sont très faibles relativement aux financements reçus par les groupes français et étrangers.

Une décomposition par catégorie d'entreprises bénéficiaires souligne que ces financements privés reçus croissent pour les groupes français sur la période, au même rythme que la DIRDE, en restant en deçà des 3%. Les groupes étrangers situés en France perçoivent naturellement des financements plus importants et croissants de la part de l'étranger à partir de 2008, atteignant 14% au milieu des années 2010. Ces fonds reçus de l'étranger représentent un financement essentiellement intragroupe (4/5 environ). Ces financements privés de R&D de la part d'entreprises situées à l'étranger sont en baisse ou sont stagnants pour les entreprises indépendantes. Ce dernier point suggère que la baisse du coût de la R&D en France suite à l'instauration du CIR en volume en 2008 ainsi que son déplafonnement, n'a pas permis l'essor de services de prestations de R&D réalisées en France à la demande d'entreprises étrangères après la crise de 2009.

La confrontation entre les dépenses externes vers l'étranger pour travaux de R&D effectués à l'étranger (Tableau 8) et les recettes reçues de l'étranger pour travaux de R&D en France (Tableau 10) suggère une dégradation importante de la balance commerciale entre la France et l'étranger, la globalisation s'effectuant au détriment de la R&D localisée en France. La dégradation du déficit de la balance commerciale des services de R&D montre une dépendance technologique accrue vis-à-vis de l'étranger, malgré la présence du CIR, et suggère un manque croissant d'avantages comparatifs de la R&D industrielle française, notamment pour les grands groupes.

À retenir

- Les entreprises situées en France, notamment les groupes français, dépensent de plus en plus pour financer des activités de R&D à l'étranger,
- La croissance des financements de R&D réalisés à l'étranger a débuté avant la mise en place du CIR en volume et son déplafonnement en 2008,
- Les financements des dépenses de R&D à l'étranger bénéficient surtout aux entreprises intragroupes,
- Les deux tiers des financements des dépenses de R&D versés à l'étranger par des groupes français sont en faveur d'entreprises localisées en Europe,
- Les financements reçus de l'étranger pour travaux de R&D croissent, mais leur poids dans la DIRDE reste relativement faible et stable entre 2001 et 2016,
- Les financements intragroupes reçus de l'étranger pour travaux de R&D par les groupes français restent stables autour de 1% de la DIRDE sur la période,
- Les financements reçus par les filiales de groupes étrangers en France sont essentiellement intragroupes et croissent à partir de 2008,
- La globalisation de la R&D française s'accompagne d'un déficit croissant de la balance des services de R&D, malgré la présence du CIR.

1.3 La R&D des groupes français aux États-Unis

1.3.1 Les données du BEA, par défaut

Si l'activité des multinationales en France est identifiée et les interactions internationales intragroupes estimées à partir des dépenses externes, il reste cependant difficile de connaître à travers ces seules données combien les multinationales françaises ont investi à l'étranger, à travers leurs filiales. Même si une complémentarité entre dépenses externes et dépenses internes de R&D est généralement mise en avant par les économistes (Cassiman and Veugelers, 2006), les flux financiers internationaux pour travaux de R&D peuvent masquer des évolutions contrastées des investissements en R&D des filiales de groupes localisés à l'étranger.

Les données sur les dépenses de R&D à l'étranger des multinationales permettent de mieux saisir l'importance des mouvements d'internationalisation des groupes en termes de R&D.

Les informations sur la place des multinationales étrangères au sein des pays progressent, mais les informations sur les dépenses de R&D réalisées par les filiales à l'étranger restent encore lacunaires. Les investissements rentrants faits par des multinationales étrangères sont certainement les plus aisés à cerner. Ils ne sont renseignés que par quelques pays dans la base de l'OCDE (p. ex. Autriche, Pays-Bas, Danemark pour 2015) avec des restrictions sur la répartition sectorielle en raison du secret statistique. Sur les dépenses de R&D sortantes, les destinations sont encore plus délicates à cerner et les données encore plus rares ; nous avons trouvé seulement quelques données pour la Suède. Les études sur les investissements entrants et sortants de R&D sont donc très difficiles à mener. Si une vision en coupe reste possible en bénéficiant de l'aide de l'ensemble des offices statistiques (Dachs et al., 2012), une vision en évolution semble encore inatteignable.

Les publications allemandes stipulent toutefois la part de R&D par nationalité présente au sein de leur territoire (Stifterverband, 2019). Les groupes français sont ainsi les seconds investisseurs étrangers en Allemagne après les États-Unis et représentent environ 2.25 milliards d'euros de dépenses en 2017, ce qui est bien plus faible que les dépenses des entreprises françaises aux États-Unis pour lesquels nous disposons de plus de détails. Les données des États-Unis publiées annuellement par le BEA (BEA, 2020) sont en effet aujourd'hui les données disponibles les plus riches en raison de la taille de l'économie américaine qui abrite nombre de multinationales étrangères de différents secteurs. Même si des restrictions subsistent dans certains cas, le cas américain demeure particulièrement intéressant, car les États-Unis sont historiquement la première destination des investissements en R&D des multinationales françaises (Dachs et al., 2012). Les données disponibles du BEA permettent aussi de comparer les pays présents en R&D aux États-Unis et de prendre en compte les secteurs dans lesquels ces multinationales étrangères réalisent leurs activités de R&D.

1.3.2 Les investissements en R&D des filiales françaises aux États-Unis

Les données du BEA montrent que les dépenses de R&D des multinationales françaises aux États-Unis représentent environ 5.4 milliards de dollars en 2017¹⁹. Ce montant situe les groupes français derrière ceux de la Suisse (10 Mds), du Royaume-Uni (8,8 Mds), du Japon (8,8 Mds) et de l'Allemagne (8,6 Mds). Les groupes français devancent ceux des Pays-Bas (4,9 Mds), de l'Irlande (3,9 Mds), de la Corée (1,2 Mds) ou de la Chine (1 Mds).

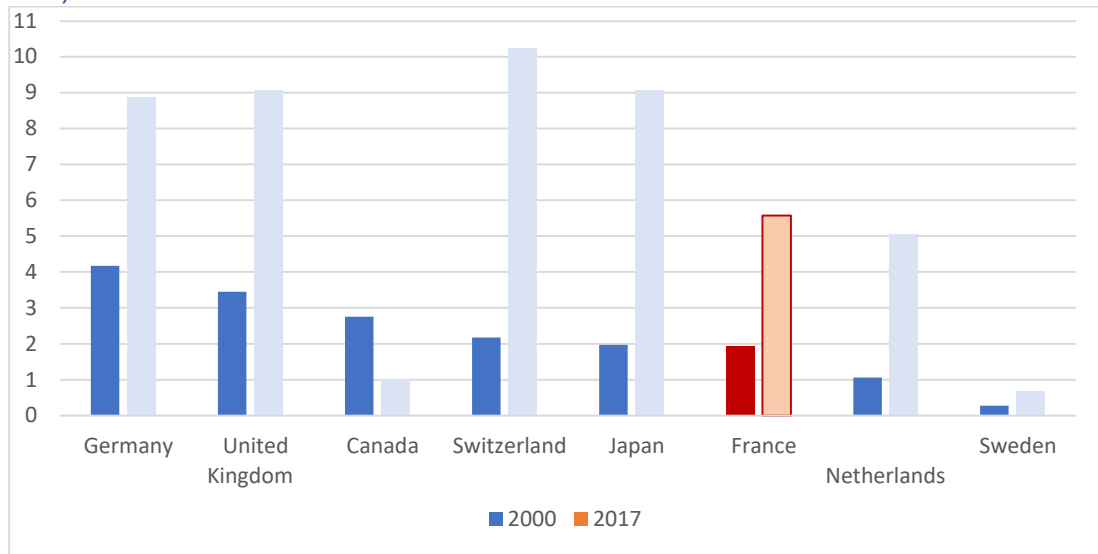
L'évolution des dépenses mondiales des multinationales aux États-Unis ne reflète pas forcément l'évolution des dépenses de R&D des groupes. Des disparités existent selon les pays d'appartenance des groupes. Ainsi, les croissances les plus fortes des investissements outre-Atlantique sont réalisées par les multinationales suisses, mais aussi japonaises ou néerlandaises (Figure 16, page 52). La croissance des investissements des filiales françaises est moins vigoureuse, mais reste cependant relativement supérieure à celle des groupes britanniques ou allemands déjà fortement américanisés. Les investissements des groupes canadiens sombrent sur la période. De ce fait, la France devient le cinquième investisseur en R&D aux États-Unis, mais devrait être rejointe et dépassée par les Pays-Bas et leurs groupes digitaux.

Une analyse plus précise de la croissance des dépenses de R&D aux États-Unis montre des trajectoires différentes au cours des 20 dernières années (Figure 17). En fin de période, on assiste à la stagnation des investissements des groupes suisses ou japonais, ou bien encore à un lent regain des investissements des multinationales allemandes.

Pour la France, les paliers des dépenses suggèrent que les efforts de R&D des multinationales françaises aux États-Unis ont été surtout influencés par les évolutions de quelques groupes importants et par des stratégies de fusion et acquisition (F&A). Dans cette évolution, les investissements en R&D des filiales de groupes français aux États-Unis ne semblent pas avoir été freinés par le déplafonnement et le passage du CIR en volume en 2008 (Figure 17).

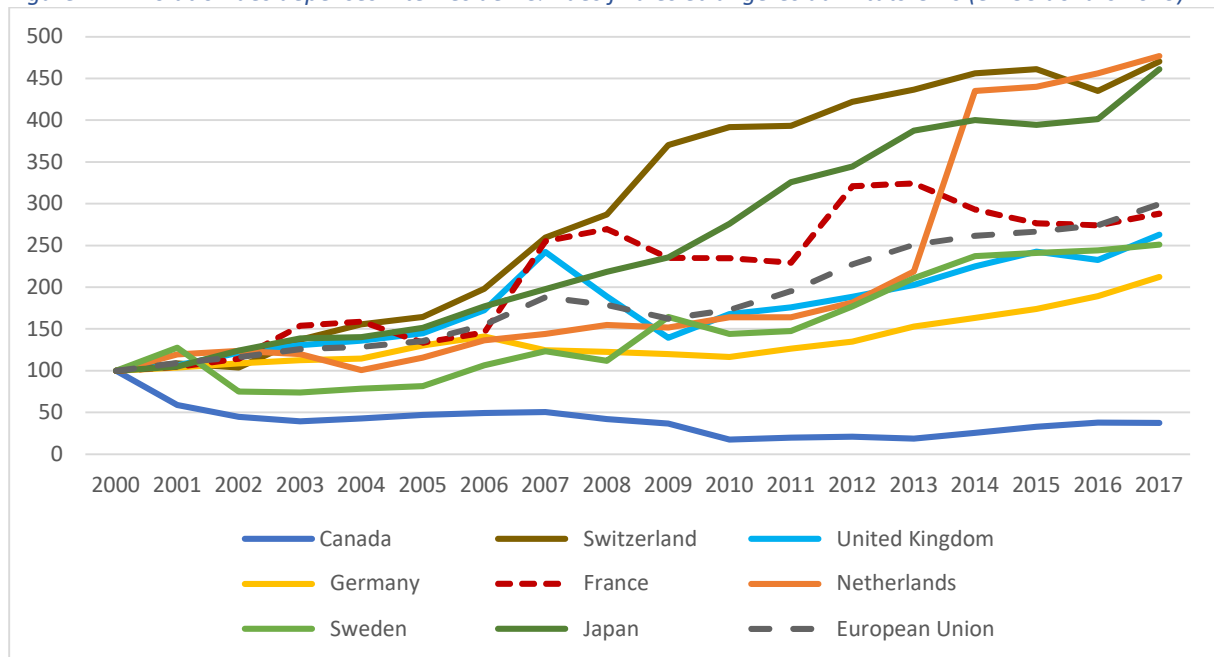
¹⁹ En prenant le taux de change euro/dollar de 1.20 de fin décembre 2017, on arrive donc à 6.48 milliards d'euros soit à 20% environ de la DIRDE des entreprises en France cette année-là ou encore un montant non loin de celui de la totalité du CIR français cette année-là.

Figure 16 : Évolution des dépenses internes de R&D des filiales étrangères aux États-Unis (en milliards de dollars 2015)



Source : BEA, 2020.

Figure 17 : Évolution des dépenses internes de R&D des filiales étrangères aux États-Unis (en US dollars 2015)



Source : BEA, 2020.

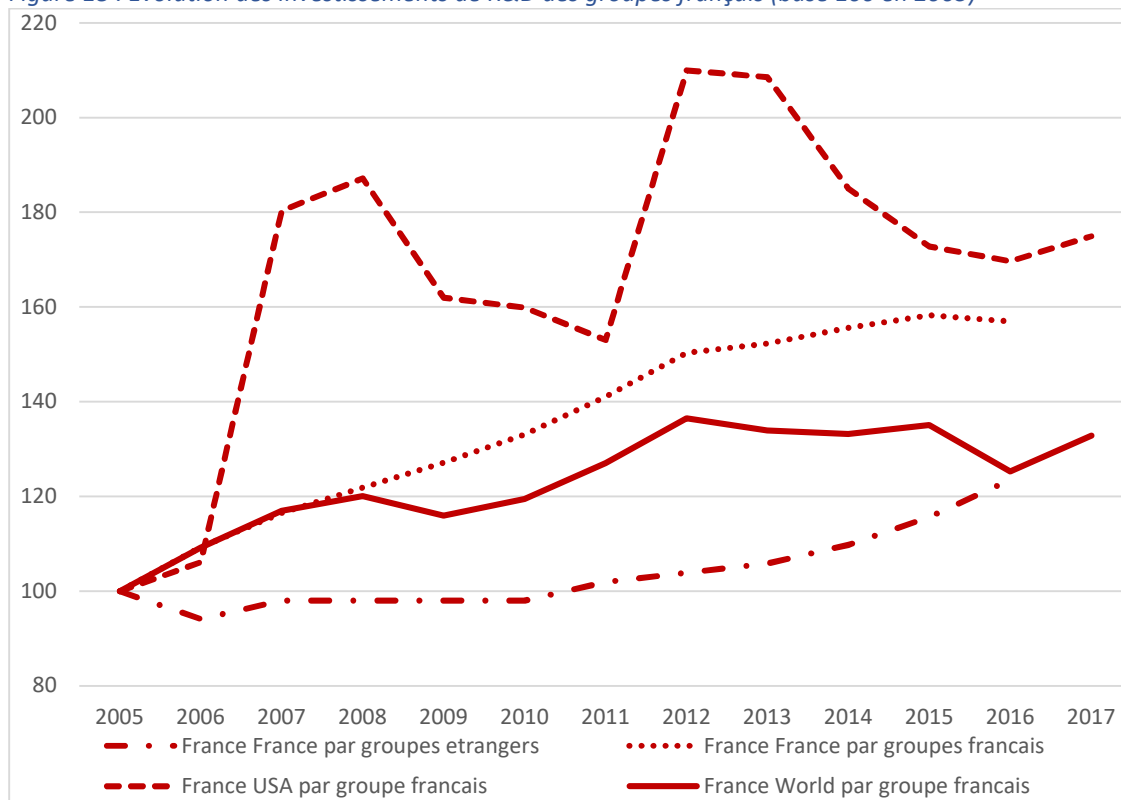
Afin de donner un ordre de grandeur de l'importance relative de la R&D faite aux États-Unis sur la période, nous pouvons rapporter les dépenses faites aux États-Unis aux montants de la DIRDE faite dans les pays d'origine des multinationales. Ce ratio calculé pour l'année 2017 montre une grande disparité selon les pays d'origine ; les multinationales irlandaises, suisses et néerlandaises dépensent en 2017 aux États-Unis, l'équivalent de près de 120%, 80% ou 49% de la DIRDE irlandaise, suisse et néerlandaise respectivement. De l'autre côté du spectre, les investissements des multinationales sont toutefois relativement moins importants pour l'Allemagne ou la France avec des ratios de 10% et 14% respectivement. Cette proportion des dépenses de la R&D des filiales françaises aux États-Unis reste cependant bien inférieure à celle réalisée par le Royaume-Uni qui représente désormais 28% de la DIRDE britannique. Les pays asiatiques ferment la marche avec des multinationales qui réalisent

davantage leur R&D sur leur territoire national, comme au Japon (qui est encore seulement à 7%), en Corée (2%) ou en Chine (0,3%).

Entre 2000 et 2017, la croissance de la dépendance aux filiales américaines des multinationales est notable (sauf pour le Canada) avec un basculement de la R&D des petits pays tels que l'Irlande, les Pays-Bas et dans une moindre mesure la Suisse, en faveur d'une R&D américaine. Avec un ratio de dépenses des filiales françaises aux États-Unis sur DIRDE passant de 6% à 14% (+8 points), la France a bien accru sa dépendance, plus que ne l'a fait l'Allemagne qui passe de 8% à 10% de la DIRDE (+2 points), mais moins que la Grande-Bretagne qui passe de 16 % à 28% sur la période (+12 points de %).

Afin de mieux cerner ces mouvements d'internationalisation de la R&D des groupes français, nous proposons de comparer des données analysées de manière indépendante jusqu'à présent. Les données sur la R&D des groupes français en France et à l'étranger peuvent être comparées non pas en niveau – les définitions n'étant pas les mêmes - mais en évolution pour essayer de caractériser l'importance de l'internationalisation des groupes français.

Figure 18 : Évolution des investissements de R&D des groupes français (base 100 en 2005)



Sources : Scoreboard IPTS, 2005-2017, BEA, 2005-2017 ; MESRI, 2005-2016.

Note : Le premier pays est le pays d'origine des groupes, le second pays est le lieu de dépense de la R&D. Par exemple, on lira : les investissements de R&D par les groupes français en France (« France France »), faits pas les groupes étrangers (« par groupes étrangers »).

Les données France France et France USA sont basées sur des montants de R&D au sens du manuel de Frascati (OECD, 2015). Les données France World sont des données comptables de R&D.

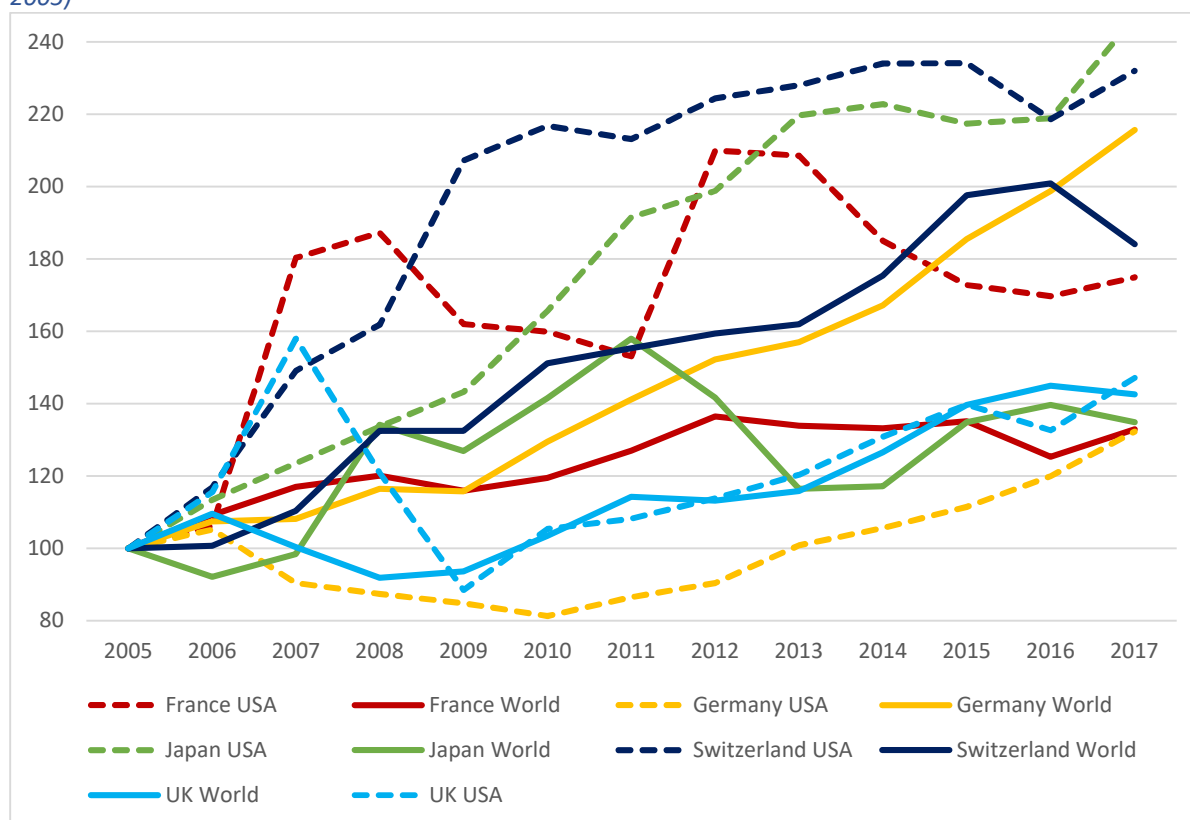
Les montants des dépenses monde (« World ») sont en dollars courants ; les autres montants sont en euros courants.

La Figure 18 offre une comparaison entre les taux de croissance des dépenses de R&D faites par les groupes français aux États-Unis et les efforts des groupes français faits en France et de par le monde. Même si les définitions ne sont pas les mêmes, cette figure permet de voir que les investissements faits de par le monde par les groupes français croissent un peu moins vite que les dépenses de R&D

exécutée en France. On retrouve la résilience des groupes en France, qui existe moins pour ces groupes français au niveau mondial, avec un ralentissement en 2009 et 2010.

Le ralentissement, à partir de 2013, des investissements des groupes français faits aussi bien en France que dans le reste du monde, est plus inquiétant. Ce ralentissement est quelque peu compensé par la croissance des dépenses de R&D des filiales de groupes étrangers en France qui ne décollent qu'à partir de 2014. Dès lors, la croissance des investissements aux États-Unis se retrouve sur une trajectoire supérieure à celle de la France et supérieure à celle des autres pays. En d'autres termes, les investissements faits aux États-Unis à hauteur de 5.5 milliards masquent aussi un désengagement mondial des groupes français qui apparaît surtout à partir de 2013.

Figure 19 : Évolution des investissements de R&D des groupes, au niveau mondial et aux États-Unis (base 100 en 2005)



Sources : Scoreboard IPTS, 2005-2017, BEA, 2005-2017.

Note : Le premier pays est le pays d'origine des groupes, le second pays est le lieu de dépense de la R&D. Par exemple, on lira : les investissements de R&D par les groupes français dans le monde (« France World ») ou aux États-Unis (« France USA »). Les dépenses de R&D faites aux États-Unis sont des montants de R&D au sens du manuel de Frascati (OECD, 2015). Les données France World sont des données comptables de R&D. Les montants des dépenses monde (« World ») sont en euros courants ; les montants des dépenses aux États-Unis (« USA ») sont en US dollars courants.

Si nous avons évoqué jusqu'à présent le rôle des fusions et acquisitions dans l'évolution irrégulière des dépenses des groupes français de par le monde, ce ralentissement mondial combiné à une croissance américaine chaotique suggère qu'à côté des fusions qui peuvent accroître les dépenses de R&D des grands groupes, des mouvements de cession ou de cessation d'activité ont dû aussi émailler le parcours de groupes français à partir de la crise de 2009. Cela nous renvoie aux nombreux « accidents industriels » des champions nationaux français dans les années 2010 : les difficultés de Alcatel-Lucent au début des années 2000 qui amèneront à sa scission et vente à Nokia, la cession d'une partie de Alstom à General Electric en 2015, le rachat de Lafarge par Holcim en 2014, les revers d'Areva et de Vivendi, l'échec de PSA en Chine ou même celle plus tardive de Vallourec. Ces évolutions

amènent des stagnations ou des chutes importantes des budgets de R&D exécutée en France, mais certainement plus encore des baisses de la R&D réalisée à l'étranger.

Les évolutions moyennes ne doivent donc pas masquer l'hétérogénéité des trajectoires des entreprises françaises. L'échec de nombreux champions industriels français au cours de la période grèverait donc la croissance de la R&D des groupes méritants qui ont survécu et ont su mettre à profit le CIR. Cela suggère aussi que le changement du CIR est d'une part inutile face à des fluctuations des marchés (nucléaire par exemple) qui nécessite une agilité industrielle importante que ne procure pas un CIR en volume présenté comme contra cyclique, d'autre part que ce CIR généreux est certainement arrivé trop tard pour de nombreux groupes nationaux défailants dans les années 2000 car ils avaient manifestement déjà éprouvés des difficultés à innover entre 1998 et 2008, arrivant à la crise de 2009-2010 mal armés pour participer au redémarrage mondial rapide imposé par les États-Unis, la Corée et la Chine. Le maintien des aides directes françaises à partir de 2008 aux côtés d'un CIR en volume et déplafonné n'a pas suffi à empêcher le déclin de l'innovation au sein de plusieurs groupes français avec un repli de la R&D sur le territoire national.

La Figure 19 compare la croissance des dépenses des groupes par pays d'origine aussi bien dans leurs dépenses mondiales que dans leurs dépenses faites aux États-Unis. On retrouve en rouge les deux courbes du graphique précédent. Ces deux courbes des groupes français peuvent désormais être comparées à celles des groupes d'autres nationalités. La Figure 19 montre que les groupes suisses, japonais ont, comme les groupes français, investi plus aux États-Unis que dans le reste du monde. La polarisation vers la recherche américaine n'est cependant pas une fatalité comme le montre les cas des groupes britanniques et allemands. Les groupes du Royaume-Uni qui sont bien plus présents aux États-Unis que les groupes français, ont en effet investi aux États-Unis au même rythme que dans le reste du monde. Ce maintien de l'importance de la recherche outre-Atlantique ne se retrouve pas chez les groupes allemands qui ont relativement plutôt désinvesti dans la recherche outre-Atlantique au cours de la période. Cependant, la croissance des dépenses externes de R&D vers l'étranger des groupes allemands suggère une internationalisation de la R&D en dehors de l'Allemagne au même rythme que la R&D allemande, avec une industrie automobile plus casanière et un secteur des machines-outils qui semble délocaliser sa R&D de manière plus prononcée (Gehrke et al., 2020). On aurait donc une internationalisation des activités de R&D allemande dans les secteurs tels que la pharmacie, l'automobile ou la chimie qui se ferait aussi dans d'autres pays, tels que l'Autriche, la Suisse ou encore le Japon ou la Corée.

1.3.3 Les secteurs d'investissement privilégiés par les groupes français aux États-Unis

La moindre localisation de la R&D des groupes allemands aux États-Unis repose peut-être sur le fait qu'une grande partie de sa R&D est réalisée par l'industrie automobile et chimique localisée en Allemagne. L'analyse des montants et des secteurs de R&D observés aux États-Unis confirme l'importance des fortes spécialisations nationales.

Tableau 11 : Les dépenses de R&D des multinationales françaises aux États-Unis, en Mds de dollar 2015.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<i>Manufacturier</i>	4 449	4 210	3 402	3 762	3 621	5 411	5 717	5 093	4 782	4 737	4 990
<i>Chimie</i>	1 495	1 299	1 274	1 277	1 198	nd	nd	2 264	1 931	2 008	2 188
<i>Informatique et électronique</i>	nd	nd	nd	1 737	1 527	1 509	1 419	1 681	1 647	1 564	1 588
<i>Autre manufacturier</i>	nd	nd	nd	749	895	nd	nd	1 147	1 204	1 165	1 214
<i>Services</i>	488	1 014	1 152	785	824	804	564	583	573	577	590
<i>Tous secteurs</i>	4 936	5 224	4 554	4 547	4 444	6 215	6 280	5 676	5 355	5 313	5 580

Source : BEA, 2020.

Note : « nd » signifie « non disponible », essentiellement pour des raisons de confidentialité.

La France maintient la part de sa R&D faite aux États-Unis dans les secteurs manufacturiers. La part de la chimie-pharmacie dans les dépenses de R&D des entreprises françaises faites par leurs filiales aux

États-Unis est ici primordiale et atteint 2,1 Mds de dollars en 2017. Cela représente donc 40% des investissements de groupes français aux États-Unis, mais représente aussi environ les 4/5 de la DIRDE exécutée en France en pharmacie (3,0 Mds en 2016). Les équipements informatiques et électroniques arrivent cependant seconds et représentent 1,5 Mds de dollars en 2017. Cela marque une spécialisation spécifique de la France outre-Atlantique, même si ces investissements connaissent une stagnation depuis 2007.

Entre 2007 et 2017, la part de la chimie-pharmacie est passée de 30% à 40% des dépenses de R&D des filiales américaines des groupes français. Cette tendance contraste avec celle du poids de la R&D dans l'informatique qui chute de 38% à 28%. La R&D dans les services représente ainsi une part relativement stable sur la période, autour de 10% des dépenses de R&D des filiales françaises.

Les multinationales allemandes ou britanniques du secteur ont investi quant à elles respectivement 2,9 et 5,4 Mds de dollars en 2017. Les multinationales allemandes de la chimie-pharmacie représentent un tiers des investissements de R&D par les groupes allemands faits aux États-Unis et ce poids est relativement stable entre 2007 et 2017. Un quart environ de la R&D allemande est menée dans les équipements de transport (e.g. automobile) alors que ce secteur ne représente que 6% pour la France. Cependant, les efforts allemands ou suisses outre-Atlantique reposent aussi sur la croissance de la R&D dans les services dont la part dans la R&D aux États-Unis a presque doublé entre 2007 et 2017 pour atteindre 1,8 Mds pour les groupes d'Allemagne et 2,2 Mds pour ceux de la Suisse.

Les vieux pays industrialisés sont spécialisés dans l'industrie manufacturière et ont du mal à créer de la valeur dans les services à haute valeur ajoutée comme le font les filiales américaines des groupes de pays tels que la Chine, l'Inde ou Israël (Branstetter et al., 2019). Les disparités entre les couples Suisse-Allemagne et France-Grande-Bretagne suggèrent également des différences dans la dynamique de servitisation réalisée par les multinationales de ces pays. Cet essor des services aux États-Unis est peut-être permis par la présence d'une base industrielle forte et compétitive au niveau national. Le développement de SAP aux États-Unis peut par exemple se reposer sur son expérience au sein de l'industrie allemande. Ce développement de nouveaux services à partir d'une base industrielle française ne semble pas avoir été possible outre-Atlantique après 2010, malgré la présence d'acteurs français, y compris dans les services (e.g. Atos). Les services informatiques proposés sont relativement plus liés à la défense (Safran, Thales, Gemalto, Dassault-System, Alcatel-Lucent) plus difficiles à exporter sur des marchés américains subventionnés, aux marchés publics relativement fermés, et pouvant plus difficilement être produits à l'étranger, et/ou pouvant difficilement conclure des alliances transatlantiques.

À retenir

- Les filiales des groupes français ont investi 5.4 milliards de dollars de R&D aux États-Unis 2017,
- Ces investissements ont fortement crû depuis 2000 et les groupes français restent les 5^e investisseurs aux États-Unis,
- La croissance de la R&D des groupes français aux États-Unis est relativement plus élevée et plus britanniques,
- Les filiales de groupes français ont investi surtout en chimie-pharmacie, dont le poids relatif dans la R&D totale des filiales grandit aux États-Unis, alors que celui de la R&D en informatique-électronique ou dans les services stagne,
- La croissance de la R&D industrielle français aux États-Unis semble être le résultat des activités de quelques entreprises et de leurs stratégies de croissance externe,
- L'évolution des investissements en R&D des filiales françaises aux États-Unis ne semble pas en moyenne avoir été influencée par le passage du CIR en volume et son dé plafonnement en 2008,
- Les fluctuations des dépenses de R&D à l'étranger des groupes français semblent suivre des logiques de fusion-acquisition et de scission-retrait que de croissance propre des dépenses de R&D.

2 COMMENT LOCALISER LA R&D DE GROUPES MONDIAUX ?

La première partie a montré le poids décroissant de la R&D des groupes français et européens dans le monde. Ce phénomène est accompagné, en moyenne, par une globalisation croissante de leur activité de R&D. Les données présentées jusqu'ici ne permettent pas de cerner correctement cette dimension. La seconde partie de cette étude va donc s'intéresser à la question de la méthode de localisation de la R&D des grands groupes. Comment identifier la localisation des activités de R&D des entreprises françaises à l'étranger ? Cette question, pourtant simple, s'avère difficile à traiter. Les décideurs publics restent encore le plus souvent démunis face au manque d'information sur la R&D des multinationales opérant dans leur pays.

À part quelques exceptions, telles que les enquêtes américaines ou les enquêtes suisses, les enquêtes R&D adoptent une logique de comptabilité nationale, en considérant les autres pays dans lesquels une entreprise fait de la R&D comme le reste du monde. Ce dernier agrégat est intéressant au regard de la capacité d'un pays à maintenir son poids dans le portefeuille R&D d'une multinationale, il ne donne cependant, comme nous l'avons vu auparavant, que peu d'information sur les pays dans lesquels la R&D est réalisée, ni même quels sont les types de travaux effectués à l'étranger par les groupes nationaux. En l'absence de localisation des ressources de R&D des groupes, on ignore finalement si les pays choisis par les multinationales disposent d'une attractivité en termes d'aides directes ou indirectes à la R&D ou si d'autres facteurs d'attractivité priment.

Quelles sont les différentes sources capables d'informer les décideurs sur les activités de R&D des multinationales ? Quelles sont alors les meilleures données disponibles ? Les chercheurs académiques utilisent le plus souvent les données de brevets, en se basant sur la localisation des inventeurs (Leiponen and Helfat, 2011). Dans quelle mesure l'utilisation des données brevets donne-t-elle une bonne image de l'activité de R&D des multinationales ?

La présente partie propose aussi d'opérer un tour d'horizon de différentes sources d'information alternatives, de leur pertinence et de leurs limites. Nous considérons des bases de données centrées sur la production de connaissances, d'une part, et celles centrées sur les activités ou stratégies des entreprises qui contiennent des informations sur les activités de R&D des groupes, d'autre part.

Le recoupement des informations devrait alors permettre de cerner la pertinence des différentes sources et, peut-être, rendre possible une synthèse des localisations des activités de R&D.

Cette partie relativement méthodologique est illustrée systématiquement par le cas du groupe Sanofi, choisi avant le début de la pandémie. Comme nous l'avons vu le groupe français qui dépense le plus de R&D et qui est certainement celui le plus internationalisé dans son activité de R&D. C'est aussi l'occasion de prendre du recul sur une entreprise surmédiatisée, notamment par la crise du COVID.

2.1 Les données centrées sur la production de connaissance

La R&D des multinationales est exécutée dans différents pays. Les données centrées sur cette activité sont des données d'inputs et les données d'output. Nous présentons tout d'abord les données d'output dans la mesure où, ce sont celles qui sont le plus utilisées. Bien que les budgets globaux de R&D soient connus, leur répartition reste inconnue en l'absence d'enquêtes spécifiques. Une solution consiste donc à approximer la répartition des activités de R&D par les outputs de ces activités : le nombre d'inventions, le nombre d'innovations, le nombre de brevets, ou encore le nombre de publications académiques. Ces données sont disponibles par années. Nous utilisons ensuite les données d'input tels que les centres de R&D ou encore les investissements directs à l'étranger (IDE) en R&D permettent aussi de localiser l'existence de travaux de R&D menés à l'étranger par un groupe et ses filiales.

2.1.1 Les données de publication de brevets

Intérêts et limites des données brevets

L'intérêt et les limites des données brevets ont été depuis longtemps recensés (Griliches, 1998). De manière non exhaustive, nous pouvons évoquer le fait que les données brevets sont des données accessibles et homogènes qui permettent d'identifier dans le temps les noms et les adresses des déposants et propriétaires, ainsi que des inventeurs. Les données brevets permettent également d'identifier les liens intellectuels, à travers les citations dans le document. En outre, la proximité à la frontière scientifique, le nombre de citations, la demande d'examen prioritaire, ou encore les nouvelles combinaisons de codes IPC ou de mots permettent d'approximer la valeur d'un brevet (Lhuillery et al., 2016). Si une même invention peut être protégée dans certains pays, les numéros de priorité permettent de reconstituer des familles de brevets d'une entreprise ou d'un laboratoire public, limitant ainsi les doubles comptes d'invention (Martínez, 2011) et permettant donc de cerner l'envergure internationale des inventions en fonction des marchés désignés (Dechezleprêtre et al., 2017). Autant de dimensions identifiables au cours du temps qui peuvent être reliées causalement à des inputs, qu'il s'agisse des budgets de R&D, des aides directes et indirectes à la R&D ou à l'innovation.

Les limites de ces données sont aussi nombreuses. Les entreprises n'utilisent pas nécessairement les brevets comme moyen d'appropriation (Giuri et al., 2007). Dès lors, les brevets ne constituent pas un indicateur d'activité de R&D, mais plutôt un indicateur d'une volonté de protéger par un moyen formel²⁰ l'invention créée. De même, la démarche de dépôt peut être déconnectée de l'activité de R&D ou de la date d'invention, menant à des irrégularités dans le nombre annuel de brevets déposés par les entreprises.

Les brevets sont nationaux et ont donc des dimensions différentes, ce qui limite à la fois les comparaisons internationales et sectorielles. De plus, il faut prendre en compte les délais variables de remontée d'information entre les offices nationaux et l'EPO qui les compile dans PATSTAT. Il faut donc être prudent pour analyser les données brevets et leurs tendances.

Un autre écueil important repose sur l'importance des données manquantes dans les données brevets, notamment pour l'adresse des inventeurs. Pour des raisons de sécurité, de plus en plus de groupes substituent l'adresse du déposant à celles des inventeurs. Parfois, seule la région du monde est signalée dans les adresses des inventeurs. Il est ainsi délicat de localiser précisément le ou les pays dans lesquels l'invention s'est déroulée. Toutefois, il est possible d'identifier par inférence ces adresses manquantes, en se fondant sur les adresses des différents inventeurs du même nom, concernant une même famille de brevets.

Malgré ces différentes limites, l'utilisation des données brevets s'est systématisée au cours des 20 dernières années aussi bien au niveau académique, politique ou managérial, que ce soit pour approximer les efforts de production de connaissance, les types de connaissance produite (à travers les codes IPC notamment) ou pour localiser les activités d'invention.

Illustration : le portefeuille brevets de Sanofi et son évolution

L'analyse du portefeuille de brevets de Sanofi permet d'identifier la localisation des inventeurs sur la période 2004-2017²¹ et ainsi d'approximer la localisation des activités de R&D de Sanofi.

²⁰ La protection par le secret elle aussi est un moyen légal, et elle est du reste mentionnée dans les fameux accords ADPIC de l'OMC (https://www.wipo.int/wipo_magazine/fr/2013/03/article_0001.html).

²¹ La fenêtre d'observation est celle disponible au début 2018. Dès lors, les données brevets 2016 et 2017 sont en très forte chute et peuvent être biaisées en faveur de certains pays. 2015 est la dernière année complète que nous privilégions.

Auparavant, l'appariement entre les données brevets et les données de groupe reposait sur l'appariement entre les entreprises du groupe ayant déposé les brevets, l'harmonisation des noms des déposants et leur regroupement au sein d'un même groupe.

Ces différents problèmes d'appariement²² et d'harmonisation sont déjà traités dans la base de données Orbis BvD (Orbis par la suite). Le portefeuille des publications de brevets pour chaque groupe est disponible et peut être facilement apparié avec la base de données brevets PATSTAT dans la mesure où les données brevets issus d'Orbis conservent leurs numéros de publication.

La localisation des inventeurs cités dans les brevets Sanofi est réalisée à partir du numéro de publication disponible dans Orbis. Ce dernier permet de remonter aux identifiants des différentes familles de brevets du groupe de Sanofi, nous permettant d'identifier le nombre d'inventions de Sanofi et d'affecter des dates à ces familles de brevets (celles des premiers dépôts).

Notre exploration du portefeuille Sanofi montre cependant que le portefeuille de brevets proposé par Orbis n'est pas correct : Orbis consolide sur la période les brevets des filiales du groupe Sanofi qui n'appartiennent pas encore à Sanofi. Par exemple, Sanofi a acheté Genzyme en 2011, mais les brevets de la firme américaine qui ont été déposés de manière antérieure à la date d'achat sont comptabilisés comme des brevets Sanofi. Dès lors, la localisation des inventeurs aux États-Unis sur la période d'analyse tend à être surestimée. De la même manière, Sanofi a acheté l'entreprise belge Ablynx en 2018, mais les brevets déposés par Ablynx NV sont comptabilisés sur l'ensemble de la période et pas uniquement à partir de 2018. La Belgique disparaît alors quasiment sur la période alors qu'elle était présente dans le portefeuille présenté par Orbis.

Avant de géolocaliser les inventeurs du portefeuille de brevets de Sanofi, il est donc nécessaire de traiter les fusions et acquisitions pour pouvoir approximer les entrées-sorties d'activités de R&D par pays. Il convient donc d'éliminer de la base les brevets considérés à tort comme des brevets Sanofi, avant qu'ils ne soient intégrés au groupe. Pour ce faire, nous croisons les données brevets avec les données de F&A de Capital IQ (voir les F&A de Sanofi in Tableau 30 & Tableau 31, page 141), pour ne pas comptabiliser les brevets déposés par les filiales avant leur achat par Sanofi.

Une fois le portefeuille retranché, les inventeurs de chaque famille de brevets du groupe peuvent être géolocalisés sur la période d'analyse, lorsque les pays des inventeurs sont disponibles. Néanmoins, des codes pays manquants dans l'adresse des inventeurs ne sont pas rédhibitoires : les codes pays des inventeurs de brevets appartenant à la même famille sont souvent disponibles. De la même manière, l'information de la localisation d'un inventeur du même nom-prénom peut être disponible dans d'autres brevets déposés par le même déposant. Nous pouvons donc a priori imputer des codes pays aux inventeurs dont les codes pays sont manquants en leur affectant les codes pays de leurs homonymes au sein de la famille de brevet ou du portefeuille de brevets de l'entreprise. Sur l'échantillon de groupes que nous utiliserons par la suite (voir le Chapitre 3), ces réaffectations ont permis de limiter à 3% en moyenne le nombre d'inventeurs sans nationalité²³.

Les données sur les familles de brevets et la géolocalisation des inventions de Sanofi montrent la primauté en nombre des inventions faites par Sanofi en Allemagne, par rapport à la France, sur la période 2004-2015. Les inventions faites en France restent néanmoins plus nombreuses qu'au Royaume-Uni et aux États-Unis. Les données de famille de brevets indiquent que ces quatre pays représentent plus de 90% des inventions de Sanofi sur la période considérée. Le pourcentage restant

²² L'appariement entre les bases de données entreprises et celles brevets est une étape délicate souvent occultée (Raffo, J., Lhuillery, S., 2009. How to play the "Names Game": Patent retrieval comparing different heuristics. *Research Policy* 38, 1617–1627.) et qui pose des problèmes particulièrement importants pour les brevets asiatiques de plus en plus nombreux (Yin, D., Motohashi, K., Dang, J., 2020. Large-scale name disambiguation of Chinese patent inventors (1985–2016). *Scientometrics* 122, 765-790.). Nous ne disposons pas d'information sur les méthodes de matching et de disambiguation utilisées dans Orbis pour les différents brevets.

²³ À remarquer que ce pourcentage reste plus élevé pour les groupes italiens et surtout japonais.

des familles de brevets localise des inventeurs dans 29 pays supplémentaires sur la période (Tableau 12).

Tableau 12 : Évolution du nombre total de brevets de Sanofi, par période (compte fractionnaire)

Pays \ Année	P1 2004-2009	P2 2010-2015	Total 2004-2015	Évolution P2/P1
Allemagne	432,2	643,8	1076*	+
France	542,8	244,5	787,2*	-
Royaume-Uni	118,6	509,9	628,5*	+
États-Unis	207,5	245,9	453,4*	+
Hongrie	19,6	29,6	49,2*	+
Canada	11,1	9,9	20,9*	-
Japon	13,6	4,5	18,1*	-
Italie	11,8	5,1	16,8*	-
Autriche	0,2	11,3	11,5	+
Inde	2	8	10	+
Suisse	4,9	3,2	8,1	-
Pays-Bas	2,5	5,4	7,8	+
Australie	1,7	6	7,7	+
Turquie	2	4	6	+
Espagne	2,9	1,6	4,5	-
Corée	0,9	2,8	3,8	in
Finlande	0	3,7	3,7	in
Irlande	1,5	2,2	3,7	+
Chine	0,4	3,1	3,4	in
Mexique	0	3,3	3,3	in
Suède	2,7	0,4	3,1	out
Singapour	0	2,2	2,2	in
Belgique	1,6	0,4	2	out
Tunisie	1,6	0,1	1,7	out
Danemark	1	0,6	1,6	out
Rép. Tchèque	0,2	1,2	1,4	in
Maroc	1,3	0,1	1,4	out
Brésil	1,2	0	1,3	out
Grèce	0	1	1	in
Roumanie	0	1	1	in

Source : Patstat 2017

Note : Le classement des pays est fait selon la colonne Total.

* les pays dans lesquels il y a au moins une invention en moyenne, par années sur la période 2004-2015.

La colonne 4 retracent le taux de croissance ou de décroissance du nombre de brevets produits en seconde période par rapport à la première période avec « In » : Sanofi commence à produire au moins une invention annuelle dans ce pays lors de la seconde période ; « Out » : Sanofi commence à produire moins d'une invention annuelle dans ce pays lors de la seconde période ; « + » Sanofi augmente le nombre d'invention dans ce pays entre les deux périodes ; '-' Sanofi diminue le nombre d'inventions déposées entre les deux périodes ; « = » Les valeurs ne changent pas.

Ne sont pas listés les pays pour lesquels on a trouvé un nombre d'inventeur non nul, mais dont le poids est inférieur à 1 sur chacune des deux périodes : Argentine, Ukraine, Croatie, Russie, Malaisie, Thaïlande, Uruguay, Zimbabwe, Corée, Égypte, Afrique du Sud, Nouvelle-Zélande, Algérie, Jordanie, Slovaquie, Gabon, Slovaquie, Bulgarie, Taïwan, Belize, Colombie, Iles Féroé, Israël, Tanzanie, UAE, Bélarussien, Cameroun, Fiji et Portugal.

La comparaison des périodes 2004-2009 et 2010-2015 révèle la baisse importante du nombre d'inventions faites en France et la croissance des inventions faites à l'étranger, sauf dans des pays tels que le Canada, le Japon ou l'Italie. Les inventions faites en Grande-Bretagne ou en Allemagne croissent fortement. Paradoxalement, celles faites aux États-Unis stagnent avec une croissance des inventions plus faible (+19%), y compris par rapport à la croissance moyenne tous pays confondus. La croissance des investissements en R&D à l'étranger a donc porté ses fruits alors que les efforts en R&D faits en France sur la période ne transparaissent pas dans les résultats en termes d'invention. La valeur des brevets déposés reste ici une question cruciale pour interpréter ces mouvements.

Sur la période 2004-2009, les inventeurs sont localisés dans 25 pays. Sur la période 2010-2015, des fluctuations existent avec des pays qui apparaissent ou disparaissent, des pays dont le poids augmente ou baisse. Ces fluctuations sont retracées dans la quatrième colonne du Tableau 12, page 60.

Un seuil d'inventeur par pays pourrait être envisagé pour cerner les pays dans lesquels une activité de R&D a réellement lieu au sens du manuel de Frascati (OECD, 2015). D'après l'exemple de Sanofi, le seuil d'un brevet annuel en moyenne sur 3 ou 5 ans pourrait servir de critère de démarcation intéressant entre une présence en R&D dans le pays ou non. Cependant, la mise en œuvre de ce principe se heurte à la variation de la taille des entreprises, mais aussi de la propension à breveter entre les secteurs.

Si nous pointons les groupes qui, dans un pays donné, déposent plus d'un brevet (compte fractionnaire) par an en moyenne sur la totalité de la période observée, alors ce seuil simple et bas suffit à réduire les « centres » de R&D de Sanofi à 8 pays seulement. Augmenter le seuil à 6 brevets sur 6 ans par exemple réduirait les sorties (au Japon et à l'Italie) et les entrées (Inde, Australie et Autriche) dans le Tableau 12. Ce seuil supérieur à 1 brevet annuel en moyenne permet certainement de mieux identifier les centres de R&D.

On considèrera par la suite que le groupe fait de la R&D dans un pays s'il a déposé au moins un brevet sur la période analysée. Ainsi, un pays est considéré comme lieux de R&D permanent si au moins 1 invention est déposée sur la période 2004-2009 ou 2010-2015, soit au moins 2 inventions sur la période 2004-2015.

On constate une baisse d'activité inventive au Canada, au Japon, en Italie, en Suisse ou en Espagne. Plusieurs pays, passent en dessous du seuil d'un brevet par période et sont alors considérés comme ne faisant pas de la R&D. Cela entraîne l'identification de pays qui « entrent » en R&D tels que la Corée ou la Finlande par exemple ; d'autres « sortent » de la recherche significative tels que la Suède ou la Belgique par exemple. Le Tableau 12, au-delà des hausses ou des baisses de chercheurs présents, dénote la sortie du groupe Sanofi de 6 pays et son entrée significative au sein de 8 pays. Bien qu'en hausse, le poids des inventeurs Sanofi en Chine reste insignifiant sur la période, au regard des investissements en R&D opérés sur place (Voir 2.2.2.2, page 77).

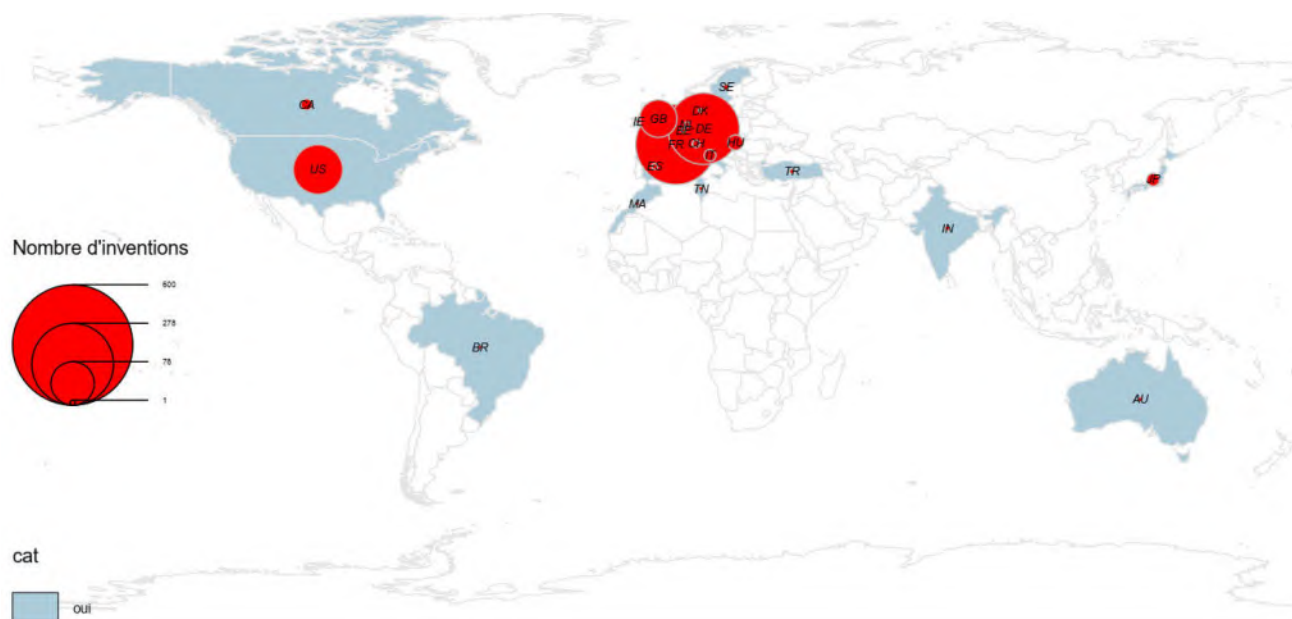
On constate de manière intéressante une croissance plus faible des inventions aux États-Unis entre les deux périodes. Cette croissance relativement faible des inventions est surprenante, car elle ne correspond pourtant pas à la croissance a priori forte des dépenses de R&D de Sanofi aux États-Unis dans les années 2010, suggérée par les données BEA, ou la croissance des IDE de Sanofi dans ce pays (2.2.2.2 page 77). Cela marque certainement les délais entre les investissements de R&D et la production d'inventions.

Une représentation cartographique permet de synthétiser les informations contenues dans le tableau (Cf. Figure 20 et Figure 21 page 62).

Les données brevets permettent donc d'approximer la production de connaissance au niveau international et d'analyser son évolution. Elles permettent d'aller plus loin que les données statistiques de R&D disponibles. Les résultats suggèrent cependant un décalage entre les données R&D et les données d'outputs mesurées en nombre de brevets.

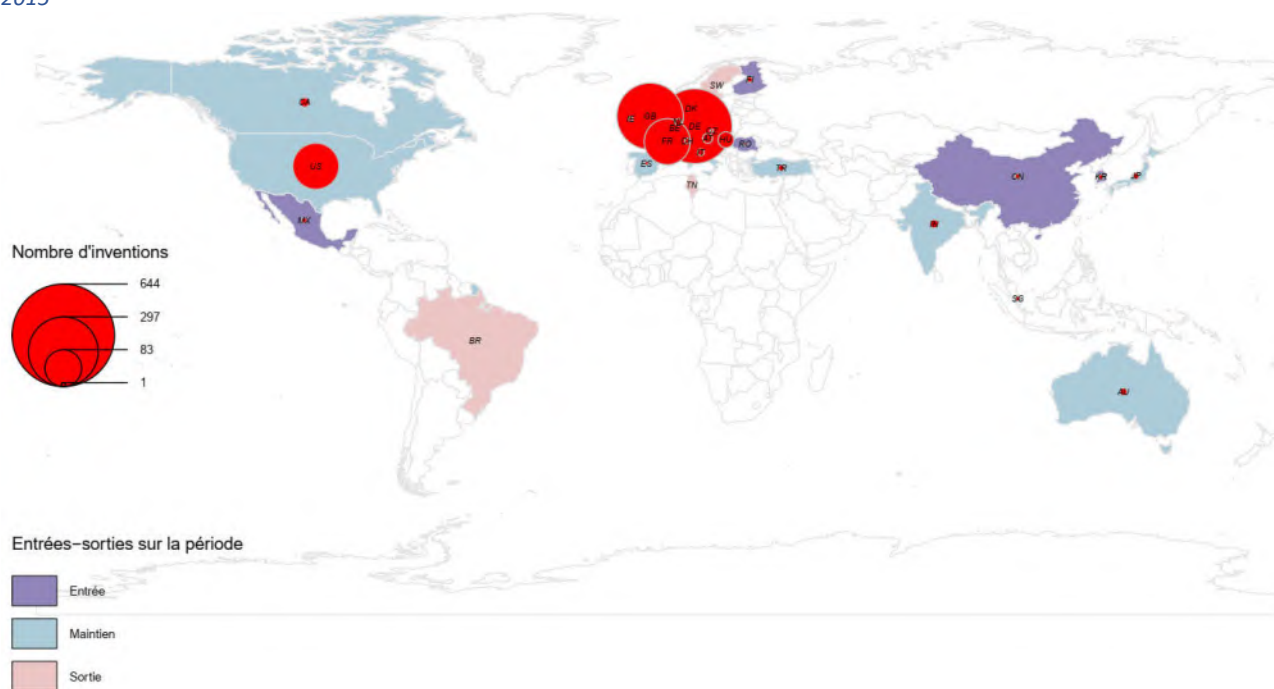
L'exemple donné montre bien les fluctuations annuelles ainsi que les inventeurs isolés qui peuvent ne pas être des chercheurs ou ne pas appartenir à des fonctions ou structures mettant en œuvre des activités de R&D de manière systématique.

Figure 20. Cartographie mondiale de la localisation des inventeurs du portefeuille de brevets Sanofi sur la période 2004-2009



Note : compte fractionnaire des pays des inventeurs pour chaque famille de brevets, pas de seuil minimal de brevet par année.

Figure 21. Cartographie mondiale de la localisation des inventeurs du portefeuille de brevets de Sanofi sur la période 2010-2015



Note : compte fractionnaire des pays des inventeurs pour chaque famille de brevets, pas de seuil minimal de brevet par année.

2.1.2 Les informations issues de publications académiques

Comme les données brevets, les publications académiques permettent de localiser et d'approximer l'évolution des volumes des travaux de R&D d'un groupe. Nous présentons ici les avantages et les

inconvenients d'une approximation de la répartition des activités de R&D à partir des publications académiques, avant d'illustrer son utilisation avec le cas de Sanofi. Nous centrons cette analyse sur la base Scopus, qui est celle disponible à NEOMA BS.

2.1.2.1 Les affiliations des chercheurs industriels

La publication d'articles académiques par des entreprises industrielles est une pratique de plus en plus courante (Simeth and Lhuillery, 2015). L'adresse de l'affiliation permet de localiser les auteurs affiliés et ainsi d'identifier le pays dans lequel ils ont mené leur recherche. Dès lors, les données de publications permettent d'obtenir des informations sur la répartition géographique des activités de R&D dans le temps.

Plusieurs obstacles viennent cependant limiter la pertinence de cet indicateur, notamment en sous-estimant les activités de R&D et les localisations associées à celles-ci :

- Il se peut que le chercheur n'ait pas directement participé à la recherche et soit un simple donneur d'ordre. Le problème semble cependant mineur par rapport au biais de sélection introduit par une analyse en matière de publication académique : même si les recherches liées à l'article ne sont pas forcément conformes aux critères de Frascati (OECD, 2015), la firme consacre bien une activité de R&D minimale menée par l'un de ses employés qui dispose d'une capacité d'absorption,
- Les publications ne sont observables que lorsque le niveau académique des employés est suffisant pour avoir un article accepté (Simeth and Lhuillery, 2015),
- La publication de résultats de la recherche de l'entreprise relève d'une politique d'appropriation particulière de l'entreprise qui autorise ses employés à faire la divulgation de résultats de R&D. Utiliser les publications industrielles comme approximations des activités de R&D, comme dans le cas des données de brevet, peut surreprésenter les activités internationales des entreprises de grande taille et/ou de certains secteurs,
- Comme pour les brevets et les noms des déposants, les affiliations peuvent aussi être ambiguës. Par exemple, on pourra avoir un nom de filiale unique recouvrant différentes localisations géographiques. Mais on pourra également avoir des noms similaires de filiales multiples qui recouvrent différentes localisations de R&D de par le monde ou encore des noms similaires de filiales qui ne concernent pourtant qu'une seule et même filiale dans un seul pays. Les étapes de désambiguïsation (Cuxac et al., 2013) sont donc ici aussi importantes pour limiter les erreurs d'affectation des filiales d'appartenance revendiquées par les auteurs et limiter le risque d'erreur dans la géolocalisation de ces filiales,
- Des publications peuvent avoir des affiliations multiples pour un même auteur (Hottenrott et al., 2017). Un chercheur peut mentionner un laboratoire académique auquel il appartient encore ou auquel il appartenait au moment de la recherche. *A contrario*, des recherches peuvent avoir été menées dans des laboratoires antérieurs à ceux pourtant mentionnés sur la publication,
- Les fusions, acquisitions et cessions participent également à la difficulté d'identification des affiliations des publications au cours du temps. Les filiales peuvent conserver leur raison sociale d'origine et ne pas prendre le nom du groupe. La principale difficulté réside cependant dans l'identification des dates des F&A ou de cession permettant d'identifier les publications faites par la filiale avant son acquisition ou après sa vente, pour retrancher ces publications du portefeuille de publications du groupe.

La recherche des publications d'une multinationale repose ainsi sur la capacité à identifier dans le temps les différentes filiales des groupes dont les employés peuvent faire des publications. Cela dépasse donc les filiales ayant des laboratoires de R&D pour concerner potentiellement toutes les filiales mondiales du groupe : celles de R&D, de production ou même de distribution. Leur raison sociale, leur nom et adresse permettent de regrouper les publications dans des affiliations homogènes (Cuxac et al., 2013) et de les relier ensuite à une maison mère dont le pourcentage de contrôle peut varier.

Web of Science, Pubmed, Scopus ou encore Google Scholar sont des bases bibliographiques qui permettent de rechercher les publications académiques, y compris celles faites par des employés d'entreprises ou de filiales de groupes. Des différences existent entre ces bases et notamment sur l'accès aux données. Ces différences sont bien répertoriées dans la littérature en matière de couverture disciplinaire, de revues et de langues (Mongeon and Paul-Hus, 2016). Les différences entre les bases bibliométriques ne devraient pas influencer grandement les résultats en matière de localisation de la R&D, d'autant plus que les disciplines de R&D des entreprises sont correctement couvertes par Scopus ou le WoS (Mongeon and Paul-Hus, 2016).

Le choix de Scopus est guidé, à l'instar de celui de Orbis sur les brevets, par le fait que Scopus facilite la recherche des publications académiques à travers la réalisation préalable de deux tâches délicates, déjà mentionnées pour les brevets, que les utilisateurs de Scopus n'ont donc plus *a priori* à faire²⁴ :

- L'harmonisation des affiliations des auteurs d'articles. On aura ainsi plusieurs libellés pour une même affiliation (e.g. Novartis Vaccines and Diagnostic S.r.l. avec Novartis Vaccines And Diagnostics et Novartis Vaccines) qui seront standardisés en Novartis Vaccines and Diagnostic S.r.l..
- La consolidation des publications faites par les différentes filiales appartenant à une même maison mère. Ainsi, pour un groupe donné (e.g. Novartis), Scopus regroupe les différentes affiliations d'un groupe²⁵ au sein d'un même arbre hiérarchique.

Toutefois, comme pour les brevets, les résultats obtenus à l'aide de Scopus soulèvent également des questionnements quant aux traitements opérés par Elsevier sur sa base Scopus. Nous proposons de détailler l'intérêt et les limites de ces données en utilisant, à nouveau, l'exemple du groupe Sanofi.

2.1.2.2 Illustration : le cas de Sanofi dans Scopus

L'analyse du corpus des publications Sanofi permet d'établir la localisation des activités de R&D dans le temps. Nous détaillons ici la pertinence et les limites des données proposées par Scopus face à une requête dans laquelle « Sanofi » est simplement entrée comme nom d'affiliation. Nous traitons du problème des affiliations, des fusions et acquisitions avant de géolocaliser et faire le comptage des publications du groupe Sanofi sur la période 2004-2018, période plus longue que pour les brevets en raison de la disponibilité plus rapide des données de publications

Les affiliations de Sanofi dans Scopus

Scopus consolide les 27 500 publications de Sanofi et associe à chacune de ces publications au moins une affiliation avec un identifiant unique qui rassemble et homogénéise les affiliations. L'affiliation principale, identifiée par Scopus comme l'affiliation-mère, i.e. l'affiliation la plus haute dans la hiérarchie de Sanofi, est Sanofi S.A. dont l'identifiant est « 60010850 ». Cette dernière rassemble à elle seule, près de 22 700 publications. Le Tableau 13 souligne que Scopus identifie en priorité 8 autres affiliations possibles pour l'organisation Sanofi localisées dans 5 pays. Les affiliations identifiées sont les affiliations homonymes (Contenant « Sanofi ») et les affiliations identifiées par Scopus comme étant dans le giron de Sanofi (e.g. Ablynx ou Genzyme). L'écart entre les publications du groupe Sanofi et les publications considérées comme Sanofi S.A. repose sur ces affiliations complémentaires. Ainsi, parmi les 27 496 publications consolidées, certaines sont affiliées à Sanofi Pasteur, d'autres à Sanofi-Aventis Deutschland et à Genzyme, d'autres encore à Sanofi India Limited et Sanofi Belgium.

²⁴ La robustesse et l'intérêt de la base Scopus par rapport à une approche par la base WoS reste encore à démontrer.

²⁵ Pour Novartis, on obtient 19 affiliations : Novartis International AG ; Novartis Institutes for BioMedical Research, Inc. ; Friedrich Miescher Institute for Biomedical Research ; The Genomics Institute of the Novartis Research Foundation ; Novartis Vaccines and Diagnostic S.r.l. ; Syngenta International AG ; Novartis Immunobiological Research Institute ; Novartis Pharma S.A.S. ; Novartis Horsham Research Centre ; Syngenta Biotechnology, Inc. ; Novartis Institute for Tropical Diseases Pte. Ltd. ; CIBA Vision Corporation ; Novartis India Ltd ; Genoptix, Inc. ; ESBATech AG ; Advaxis Inc ; Novartis Institute for Biomedical Research Basel ; Corthera, Inc ; Novartis Institutes for Biomedical Research, Vienna.

Cependant, la liste des affiliations principales de Sanofi proposée par Scopus dans le Tableau 13 montre que la liste des affiliations n'est pas exhaustive. Au cours du temps, Scopus a créé de nombreuses affiliations supplémentaires pour Sanofi S.A. La plupart de ces affiliations sont des affiliations anciennes attribuées à des filiales disparues à la suite de leur absorption par Sanofi. Toutefois, ces affiliations disposent encore d'un identifiant, même si ces affiliations n'ont aucune publication²⁶. C'est le cas notamment de Fisons qui ne présente aucune publication sur la période 2000-2020 (cf. Tableau 13).

Des affiliations intégrées dans la hiérarchie de Sanofi S.A. telles que Canadian Multicentre Osteoporosis Study ou Chinoin Pharmaceutical and Chemical Works Ltd. disposent d'identifiant d'affiliations encore valides, mais ne sont pas intégrées dans le Tableau 13 alors même que Chinoin Pharmaceutical and Chemical Works Ltd., filiale hongroise de Sanofi depuis 1990, a publié plus de 1 000 articles, soit bien plus que d'autres affiliations mises en avant par Scopus dans une recherche de base d'affiliation (Tableau 13).

Tableau 13 : les différentes affiliations des auteurs d'articles appartenant au groupe Sanofi d'après Scopus

Nombre	Affiliation ID	Affiliations	Nombre d'articles			
			Affiliation	Organisation	Ville	Pays
1	60010850	Sanofi S.A. Sanofi S.a. Sanofi Aventis	22732	27496	Gentilly	France
2	60065719	Sanofi Pasteur SA Sanofi Pasteur Aventis Pasteur	1863	1863	Lyon	France
3	60020065	Sanofi-Aventis Deutschland GmbH Sanofi-aventis Deutschland GmbH Aventis Pharma Deutschland GmbH	1951	1951	Frankfurt am Main	Allemagne
4	60082488	Ablynx NV Ablynx Nv Ablynx	152	152	Zwijnaarde	Belgique
5	60072272	Sanofi Belgium Labaz-sanofi Research Center Cent. Rech., S.a. Labaz N.v.	103	103	Diegem	Belgique
6	60001413	Genzyme Corporation Genzyme Corporation Genzyme Corp.	2133	2783	Cambridge	USA
7	60094755	Sanofi-Synthelabo Sanofi-synthelabo Sanofi-synthelabo Inc.	84	84	New York	USA
9	60077596	The Inflammation Research Foundation Inflammation Research Foundation Inflammation Research	41	41	Danvers	USA
9	60008718	Sanofi India Limited Sanofi India Limited Hoechst India Limited	51	51	Mumbai	Inde

Source : Scopus

Note : Affiliations obtenues en tapant le mot « Sanofi » dans la recherche d'affiliation.

26 Requête Sanofi S.A., institution entière : "AF-ID("Sanofi S.A." 60010850) OR AF-ID("Aventis Pharma" 60045220) OR AF-ID("Aventis Pharmaceuticals Inc." 60004527) OR AF-ID("Hoechst Marion Roussel Inc." 60005981) OR AF-ID("Hoechst Marion Roussel Inc, Japan" 60103169) OR AF-ID("Hoechst-Roussel Pharmaceuticals Inc." 60017739) OR AF-ID("Canadian Multicentre Osteoporosis Study" 60084879) OR AF-ID("Centre Recherche Roussel Uclaf" 60014507) OR AF-ID("Chinoin Pharmaceutical and Chemical Works Ltd." 60016742) OR AF-ID("Fisons plc" 60021204) OR AF-ID("Hoechst AG" 60013034) OR AF-ID("Casella AG" 60075667) OR AF-ID("Hoechst Japan Limited" 60103168) OR AF-ID("Hoechst Marion Roussel" 60019481) OR AF-ID("Laboratoire Aventis" 60047237) OR AF-ID("Marion Merrell Dow Research Institute" 60020361) OR AF-ID("Rhône Poulenc SA" 60010714) OR AF-ID("Rhône-Poulenc Rorer Inc" 60011531) OR AF-ID("Sanofi Aventis Centres de Recherches" 60003139) OR AF-ID("Sanofi Belgium" 60072272) OR AF-ID("Sanofi India Limited" 60008718) OR AF-ID("Hoechst India Limited" 60020237) OR AF-ID("Sanofi Pasteur SA" 60065719) OR AF-ID("Aventis Pasteur" 60065318) OR AF-ID("Sanofi-Aventis Belgium" 60082487) OR AF-ID("Sanofi-Aventis Deutschland GmbH" 60020065) OR AF-ID("Synthelabo Recherche" 60021601) OR AF-ID("USV Pharmaceut Corporation" 60021466) ".

A contrario, certaines filiales du groupe Sanofi ne sont pas considérées par Scopus comme des affiliations Sanofi dans la mesure où elles ne sont ni intégrées dans la hiérarchie de Sanofi S.A., ni dans le Tableau 13. Par exemple, l'entreprise de pharmacie Zentiva, filiale de Sanofi achetée en 2006 et revendue en 2018, dispose bien d'un numéro d'affiliation, mais n'est pas intégrée dans l'arbre des affiliations Sanofi. On a donc ici une sous-estimation des publications par Scopus et potentiellement une absence de recherche du groupe Sanofi en République tchèque.

En outre, Scopus n'attribue pas de manière systématique des identifiants aux affiliations. Par exemple, Sanofi-Synthelabo Hungary Ltd., filiale hongroise de Sanofi, ne dispose pas d'identifiant d'affiliation, ce qui ne permet pas d'accéder à son corpus d'articles. Dès lors, la localisation des activités de R&D de cette filiale n'est possible qu'à partir des co-publications avec des affiliations identifiées par Scopus comme appartenant au groupe Sanofi. Ainsi, certaines localisations seront nécessairement sous-évaluées dans la mesure où elles ne seront intégrées que si elles ont copublié avec une affiliation identifiée par Scopus comme une affiliation Sanofi.

Notre exploration montre également que certains auteurs ont simplement signé « *Sanofi* » et que ces affiliations sont situées parfois aux États-Unis (*e.g.* Sanofi à Bridgewater) ou en France (*e.g.* Sanofi, Paris, rue de la Boétie) mettant Scopus en difficulté pour attribuer le document à l'une des affiliations existantes.

La recherche des publications d'un groupe pour identifier les lieux de publication se heurte donc à plusieurs écueils : ne pas identifier les publications du groupe pour lesquelles on n'a pas d'affiliation. Identifier les affiliations mais ne pas réussir à les affecter dans le giron d'un groupe.

Ce second point nous amène à considérer les fusions et acquisitions de Sanofi.

Les acquisitions et cessions de Sanofi dans Scopus

Scopus consolide sur la période les publications des filiales qui n'appartiennent pas encore et/ou qui n'appartiennent plus à Sanofi. Ainsi, la présence de Sanofi en Inde aujourd'hui est due à la présence historique de Hoechst dans ce pays avant la fusion avec le groupe français Rhône-Poulenc en 1999, date de la création d'Aventis. Dès lors, on peut considérer que l'entreprise Sanofi a commencé à faire de la R&D en Inde à la date de la fusion avec Aventis en 2004. De la même manière, Sanofi a acheté en 2018 l'entreprise Ablynx NV localisée en Belgique. Si cela ne marque pas l'entrée en Belgique des activités de R&D de Sanofi puisqu'une autre filiale y était déjà présente, les publications de Ablynx NV sont comptabilisées sur l'ensemble de la période et non pas uniquement à partir de 2018. Les données de Scopus consolident donc les données pour les années antérieures aux fusions-acquisitions se déroulant sur la période considérée. Genzyme est ainsi considéré comme Sanofi avant son rachat. On a dès lors une stabilité artificielle de la présence de Sanofi aux États-Unis alors que sa présence a augmenté de manière importante en 2009 grâce au rachat de Genzyme.

Comme nous l'avons évoqué précédemment, Scopus n'intègre pas nécessairement toutes les filiales d'un groupe dans une recherche de base d'affiliation. C'est le cas notamment de Zentiva ou de Merial, filiale de Sanofi sur la période 2009-2017, dont les publications peuvent facilement être réintégrées, car Scopus leur attribue un numéro d'affiliation. À l'inverse, il est impossible de réintégrer les achats ou ventes de start-up ou de filiales qui ne disposent pas d'identifiant d'affiliation : notamment pour Synthorx, Lorex Pharmaceuticals, Bioverativ ou encore BiPar Sciences (cf. Tableau 14). Cela ne signifie pas nécessairement que ces filiales ne publient pas, mais la prise en compte de leurs publications n'est possible qu'à partir des relations de co-publications qu'elles entretiennent avec des firmes affiliées Sanofi par Scopus. À titre d'exemple, Sanofi-Synthelabo Hungary Ltd. ne dispose pas d'identifiant d'affiliation, mais apparaît toutefois dans le corpus de publications Sanofi dans la mesure où cette filiale a co-publié avec une affiliation Sanofi.

Entre les efforts de consolidation menés par Scopus et les difficultés liées au suivi des groupes et de leur périmètre, différentes configurations émergent et sont synthétisées dans le Tableau 14. Si la

réintégration dans le périmètre de Sanofi des cas Zentiva et Merial est aisée en présence de données complémentaires, il est plus problématique d'identifier et de réintégrer des publications qui ne disposent pas d'affiliation officielle attribuée par Scopus (en rouge).

Tableau 14 : Affiliations et périmètre du groupe Sanofi dans Scopus

		Avec numéro d'affiliation Scopus pour requête d'affiliation « Sanofi »		
		Oui		Non
		Visible	Caché	
Dans le périmètre Sanofi dans Scopus	Oui	Sanofi S.A. Ablynx	Chinoïn Pharmaceutical and Chemical Works Ltd.	Sanofi-Synthelabo Hungary Ltd
	Non		Zentiva Merial	Ex : Synthorx, Fovea, Lorex, Bioverativ ou BiPar Sciences

La stratégie d'identification développée

Pour faire des extractions systématiques d'entrées-sorties d'activités de R&D par pays, ou approximer les évolutions des efforts de recherche par pays, il est donc nécessaire d'aller plus loin que les résultats proposés par Scopus. Deux étapes essentielles ici : celle de l'éviction des faux positifs (les publications considérées comme des publications Sanofi alors qu'elles ne sont pas encore intégrées au groupe ou n'appartiennent plus au groupe) et celle de la réintégration des faux négatifs (les publications considérées hors du giron du groupe alors qu'elles appartiennent bien à une filiale de Sanofi dont l'identification par Scopus n'est pas systématique).

Sur la première étape des faux positifs, nous proposons de croiser les données Scopus d'une part avec celles d'Orbis BvD, permettant d'obtenir une liste des filiales actuelles de Sanofi (cf. 0 page 74) et d'autre part, avec les données de F&A de Capital IQ pour déconsolider les affiliations, en supprimant les publications faites par les filiales avant leur achat par Sanofi, ou en retranchant les publications faites par les anciennes filiales après leur cession. Le Tableau 15 marque ce premier exercice sur les 9 affiliations proposées par Scopus lors de la requête simple « Sanofi » dans la recherche d'affiliation²⁷. En comparant par rapport à la requête « Sanofi » initiale, les surestimations sont *en rouge* dans le Tableau 15, et concernent les publications de 112 et 848 articles, soit environ 10% du portefeuille de publications de Sanofi.

La seconde étape du traitement des faux négatifs se décompose en deux stratégies. La première réintègre les acquisitions et retranche les cessions des affiliations qui ne sont pas considérées par Scopus comme étant dans le giron de Sanofi. Cette première étape permet de réintégrer toutes les publications des affiliations identifiées par Scopus, i.e. qui disposent bien d'un identifiant d'affiliation, mais considérées comme hors-groupe. Elle va aussi chercher systématiquement à réintégrer les

²⁷ Requête Scopus : ((AF-ID ("Ablynx NV" 60082488) AND PUBYEAR > 2017) OR (AF-ID ("Sanofi S.A." 60010850) AND PUBYEAR > 1999) OR (AF-ID ("Genzyme Corporation" 60001413) AND PUBYEAR > 2010) OR (AF-ID ("Sanofi-Aventis Deutschland GmbH" 60020065) AND PUBYEAR > 1999) OR (AF-ID ("Sanofi Pasteur SA" 60065719) AND PUBYEAR > 1999) OR (AF-ID ("Sanofi Belgium" 60072272) AND PUBYEAR > 1999) OR (AF-ID ("Sanofi-Synthelabo" 60094755) AND PUBYEAR > 1999) OR (AF-ID ("Sanofi India Limited" 60008718) AND PUBYEAR > 1999) OR (AF-ID ("The Inflammation Research Foundation" 60077596) AND PUBYEAR > 1999) AND DOCTYPE ("ar") AND PUBSTAGE ("final"))

publications des acquisitions faites sur la période²⁸, ainsi que les cessions menées sur la période²⁹ 2000-2020. À titre d'exemple, les publications de Zentiva, Merial ou encore Acambis sont ainsi réintégrées pour leur période d'appartenance à Sanofi. Une fois le corpus d'articles corrigé des F&A, la seconde étape consiste à récupérer les affiliations non identifiées par Scopus (i.e. sans numéro d'affiliation) directement dans les adresses de chaque auteur. À titre d'exemple, cette dernière étape permet d'identifier les contributions de Sanofi Synthelabo Hungary Ltd.

Tableau 15 : Les publications de Sanofi par affiliation sur la période 2000-2020³⁰ (comptage simple)

Année	Toutes affiliations	Sanofi SA	Sanofi Pasteur	Sanofi Belgique	Ablynx	Sanofi Aventis Deutschland	Genzyme	Sanofi Synthelabo	The Inflammation Research Foundation
	Pays	Tous pays	France	France	Belgique	Belgique	Allemagne	USA	USA
2020	263	141	51	0	3	43	24	0	1
2019	527	317	98	0	6	69	33	0	4
2018	479	279	107	0	7	63	23	0	0
2017	463	252	110	0	10	58	33	0	0
2016	425	231	104	0	7	54	29	0	0
2015	451	249	94	0	6	67	35	0	0
2014	447	270	73	0	11	48	44	1	0
2013	423	249	73	0	8	50	43	0	0
2012	443	207	80	0	7	52	97	0	0
2011	438	186	69	0	10	50	122	1	0
2010	451	202	72	0	12	63	99	3	0
2009	406	183	71	0	7	43	102	0	0
2008	424	177	80	0	12	64	89	2	0
2007	363	153	56	0	7	54	93	0	0
2006	386	194	51	0	8	65	66	2	0
2005	541	278	42	0	3	142	71	5	0
2004	583	332	49	0	1	123	70	8	0
2003	607	365	29	0	3	135	70	5	0
2002	560	339	29	0	-	123	67	2	0
2001	607	380	59	0	-	110	51	7	0
2000	704	531	43	0	-	55	70	5	0

Note : nous retenons la période 2000-2020 dans la mesure où les données publications sont rapidement disponibles et plus faciles à identifier que les données brevets.

Une fois ces étapes de consolidation des publications de Sanofi sur la période 2000-2020 opérées, la localisation géographique des auteurs est réalisée directement à partir de l'affiliation déclarée au groupe ou à la filiale de groupe, telle qu'indiquée par les auteurs³¹. Lorsque l'adresse n'est pas disponible par manque d'affiliation précise, l'affiliation affectée aux auteurs est celle trouvée la même année pour les auteurs du même nom et prénom au sein de l'entreprise.

²⁸ Acquisitions sur la période 2000-2020 : Bioerativ Inc., Merial Limited, Synthorx, Inc., Chattem, Inc., Pharmacia Corp., Rights To Products In North America, TargeGen, Inc., Fovea Pharmaceuticals SA, BMP Sunstone Corporation, Zentiva N.V., BiPar Sciences, Inc., Retrophin, Inc., Pediatric PRV, Globalpharma Co., LLC, ZAO "BIOTON WOSTOK", Atrix Laboratories Inc., Oxford BioMedica PLC, Two Exclusive Worldwide Licences of StarGen and UshStat, Astra-Synthelabo AB, Dogu Ilac Veteriner Urunleri, Genfar S.A., Helvepharm AG, IMA Institut Médical Algérien Spa, Laboratorios Gramon, Lorex Pharmaceuticals, Oxford BioTherapeutics Limited, Pluromed, Inc., Shantha Biotechnics Pvt. Ltd., Siegfried Holding AG, Inhalation Project.

²⁹ Cessions sur la période 2000-2020 : Globalpharma Co., LLC, Zentiva Group, a.s., Maphar SA, Winthrop Pharma Senegal SA, Laboratoire Oenobiol S.A.S., Yves Rocher S.A., Dermik Laboratories, Inc., ProStrakan Group PLC (Kyowa Kirin International plc), Convince Laboratories Limited, IDM Pharma, Inc., Rhodia SA, Albumedix Ltd., Accovion GmbH, ViroPharma Inc., Dogu Ilac Veteriner Urunleri, Novoxel SA, Atrix Laboratories Inc. (nka:TOLMAR Therapeutics, Inc.), Covidence GmbH (nka:Accovion GmbH), Sorin CRM SAS, Porges S.A., Ceva Sante Animale S.A., Bio-Rad Pasteur S.A.,

³⁰ *Requête Scopus* : (AF-ID ("Ablynx NV" 60082488) OR AF-ID ("Sanofi S.A." 60010850) OR AF-ID ("Genzyme Corporation" 60001413) OR AF-ID ("Sanofi-Aventis Deutschland GmbH" 60020065) OR AF-ID ("Sanofi Pasteur SA" 60065719) OR AF-ID ("Sanofi Belgium" 60072272) OR AF-ID ("Sanofi-Synthelabo" 60094755) OR AF-ID ("Sanofi India Limited" 60008718)) OR AF-ID ("The Inflammation Research Foundation" 60077596) AND (DOCTYPE ("ar") AND PUBSTAGE ("final") AND PUBYEAR > 1999)

³¹ Comme pour des auteurs académiques, des chercheurs peuvent déclarer plusieurs affiliations, y compris académiques. Nous ne considérons dans ce rapport qu'une seule affiliation par auteur : celle du groupe ou de la filiale de groupe.

Répartition des publications Sanofi dans Scopus

L'analyse de la localisation des auteurs affiliés Sanofi permet d'identifier une implantation d'auteurs scientifiques localisés dans 43 pays sur la période 2000-2020 pour l'ensemble du groupe Sanofi. Comme pour les inventeurs, l'analyse par pays montre des fluctuations sur la période d'analyse, avec des entrées-sorties d'activités de publication sur la période. La période est plus large que celle observée pour les brevets. Nous proposons à des fins de comparaison de garder 3 périodes : les périodes 2004-2008, 2009-2013 et 2014-2018, avant de nous aligner sur les périodes 2004-2009 et 2010-2015.

Tableau 16 : Évolution du nombre d'articles publiés par Sanofi, par lieu d'affiliation et période

Pays \ Années	P1	P2	P3	Total	P2/P1	P3/P2
	2004-2008	2009-2013	2014-2018	2004*2018		
France	148	160,3	174,9	483*	+	+
États-Unis	75,9	134,5	158,8	369*	+	+
Allemagne	83,4	57,8	66,2	207*	-	+
République Tchèque	8,2	19,8	24,4	52,4*	+	+
Canada	2,1	2,5	3,7	8,3	+	+
Grande-Bretagne	2,4	3,3	1,3	7	+	-
Singapour	0	1,2	4,7	5,9	in	+
Japon	3,1	0	2,4	5,5	out	in
Inde	2	0	1	3	out	in
Hongrie	1,0	1,3	0,3	2,6	+	-
Italie	0,5	0,6	1,2	2,3	+	+
Uruguay	0	1,4	0,9	2,3	in	-
Chine	0	0,4	1,5	2	in	+
Espagne	0,5	1,1	0,2	1,8	+	-
Thaïlande	0	1,2	0,6	1,8	in	-
Mexique	0,5	0,2	1	1,7	-	+
Philippines	0,2	0,2	1	1,4	=	+

Note : Le classement des pays est fait selon la colonne Total. Compte fractionnaire, * Plus d'un article en moyenne par an.

Les pays avec moins d'un article sur la période 2004-2018 ne sont pas listés dans le tableau : Turquie, Belgique, Pologne, Argentine, Pays-Bas, Corée du Sud, Brésil, Colombie, Suisse, Autriche, Malaisie, Chili, Australie, Norvège, Afrique du Sud, Taïwan, Côte-D'Ivoire, Indonésie, Russie.

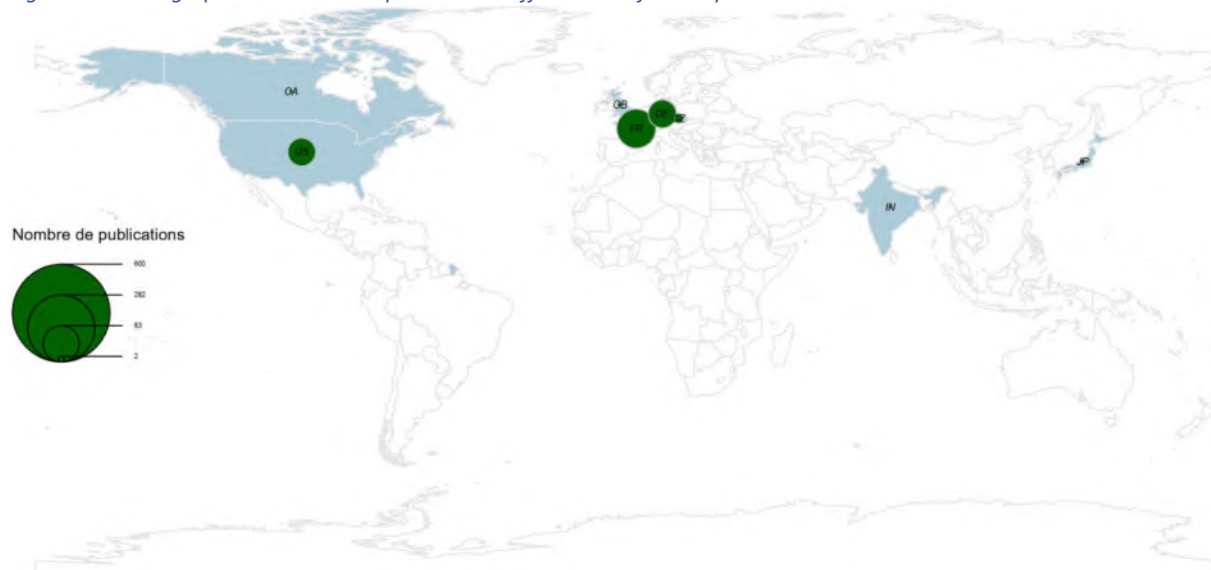
Les colonnes Évolution retracent le taux de croissance ou de décroissance du nombre d'articles produits en seconde période par rapport à la première période. « In » : Sanofi commence à produire au moins un article dans ce pays lors de la seconde période. « Out » : Sanofi commence à produire moins d'un article dans ce pays lors de la seconde période. « + » Sanofi augmente le nombre d'articles dans ce pays entre les deux périodes ; « - » Sanofi diminue le nombre d'articles entre les deux périodes. « = » Les valeurs ne changent pas.

Sur la période 2004-2008, la présence de publications affiliées au groupe Sanofi est observée dans 22 pays différents. Sur la fin de période, celle 2014-2018, les publications affiliées au groupe Sanofi sont localisées dans 31 pays différents, montrant une fois de plus l'internationalisation importante du groupe sur la période. La part des auteurs du groupe localisés à l'étranger est passée de 54% en 2004-2008 à 59% en 2014-2018. Les auteurs localisés aux États-Unis deviennent d'ailleurs les premiers contributeurs à partir de 2017. Les publications sont très concentrées, avec 95% des publications³² localisées en France, aux États-Unis et en Allemagne. On ne retrouve donc pas la hiérarchie des brevets qui consacrait la primauté de l'Allemagne et l'importance du Royaume-Uni. La faiblesse en termes de publication de Sanofi au Royaume-Uni est d'ailleurs surprenante, puisque ce pays est à la frontière de la science et des performances académiques. Les données montrent l'essor de la recherche au sein de pays nouveaux, notamment en Asie, avec des auteurs de Sanofi localisés en Chine, à Singapour, en Inde et au Japon. Cependant, le poids relatif des auteurs situés dans ces pays reste encore très faible.

Le Tableau 16, page 69 montre que le mouvement d'internationalisation de Sanofi ne s'est pas ralenti à partir de 2008 et la réforme du CIR. Comme pour les brevets, la croissance des publications françaises continuant à être plus faible que celles faites par des chercheurs du groupe localisés à l'étranger.

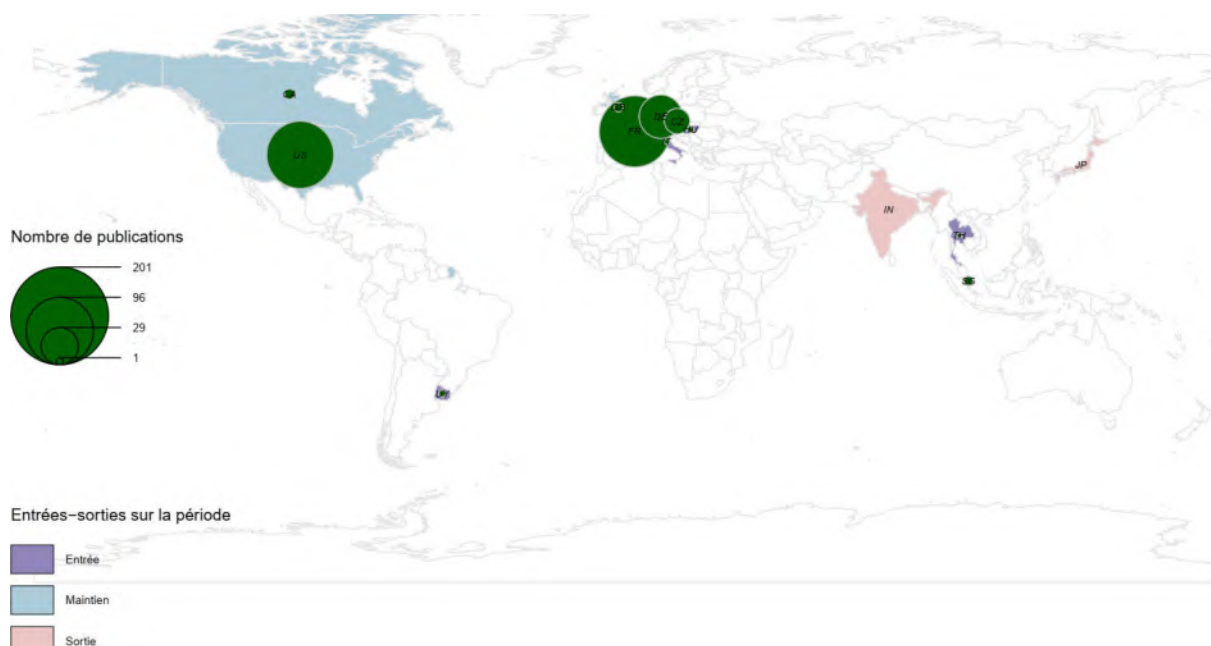
³² Les publications sont comptabilisées en compte fractionnaire pour éviter un comptage multiple en attribuant la même publication à plusieurs pays.

Figure 22 : Cartographie mondiale des publications affiliées Sanofi sur la période 2004-2009



Source : Scopus, Traitement des auteurs
 Note : Compte fractionnaire des publications

Figure 23 : Cartographie mondiale des publications affiliées Sanofi sur la période 2010-2015



Source : Scopus, Traitement des auteurs
 Note : Compte fractionnaire des publications

Nous pouvons représenter graphiquement les évolutions des implantations de Sanofi, identifiées par l’adresse des affiliations du groupe dans les différents pays du monde. La Figure 22, page 70 et la Figure 23, page 70, confrontent ainsi les implantations pour les périodes 2004-2009 et 2010-2015. Sur ces graphiques, nous avons en outre conservé toutes les informations : aucun seuil de publication n’a été introduit.

Pour le groupe Sanofi, l'exercice montre des superpositions délicates à traiter d'un point de vue cartographique. Nous avons rajouté le code pays afin de signifier l'existence de publications dans les pays qui sont 'cachés' ou trop petits pour apparaître clairement.

À noter que les superpositions sur ces graphiques sont nombreuses dans le cas d'un groupe très internationalisé en R&D comme Sanofi. Les superpositions sont moins nombreuses pour les autres groupes français.

2.1.3 Les rapports annuels

Les rapports annuels des entreprises sont des sources accessibles publiquement sur leur site Internet. Cependant, pour les entreprises dont les rapports ne sont pas directement disponibles en ligne, il est possible de les obtenir sur demande.

2.1.3.1 Les données R&D issues des rapports annuels

Dans la mesure où les informations disponibles dans les rapports annuels sont d'abord destinées aux investisseurs, cette source permet d'obtenir un niveau d'assurance raisonnable sur la fiabilité des données comptables collectées sur la R&D. En effet, les informations comptables présentées dans les rapports annuels sont auditées par les commissaires aux comptes permettant de certifier que ces informations donnent une image fidèle de la situation de l'entreprise. Au-delà des informations comptables, les rapports annuels permettent de collecter des informations quantitatives et/ou qualitatives sur la R&D. La majorité des grandes entreprises françaises dédient une section spécifique dans le rapport annuel à leurs activités de R&D. En complément des chiffres clés relatifs à la R&D, cette section décrit souvent avec plus de détails les activités de R&D ainsi que les principaux produits ou services qui en résultent, la localisation de ces activités, l'existence de comités spécifiques aux activités de R&D ou comités scientifiques, ainsi que les partenariats avec d'autres entreprises et le monde académique.

Les rapports annuels présentent également de nombreuses informations complémentaires aux données liées à la R&D. Ces informations relèvent notamment des orientations stratégiques des firmes ou de leur structure de gouvernance. Que ces données soient de nature quantitative ou qualitative, elles permettent souvent de mettre en perspective les données liées à la R&D et d'améliorer leur interprétation.

Collecter des données liées à la R&D d'une entreprise à travers son rapport annuel n'est pas toujours possible. En effet, les entreprises françaises ne sont tenues de réaliser et de mettre à disposition un rapport annuel que si elles sont cotées. Dans le cas contraire, l'existence de cette source d'information relève d'un choix, de la part des entreprises. Ces dernières, que ce soit à cause de leur taille ou pour des raisons stratégiques, font parfois le choix de ne pas réaliser de rapport annuel.

La collecte et l'utilisation des données relatives à la R&D provenant des rapports annuels comportent également certaines limites, que ce soit dans l'accessibilité ou dans l'analyse des données. Lorsque les rapports annuels sont effectivement disponibles, l'analyse des informations comptables concernant la R&D peut être limitée par des problématiques de comparabilité des données issues de différentes entreprises.

D'une part, les entreprises peuvent présenter l'information comptable selon différents référentiels comptables, selon la localisation des pays respectifs où elles sont cotées. Les référentiels comptables adoptés par les entreprises ont une influence sur la manière dont les frais de R&D sont comptabilisés dans les états financiers (Seybert, 2016; Shon and Yan, 2015). À ce titre, les frais de R&D peuvent être comptabilisés en charge (dans le compte de résultat) ou en tant qu'actif incorporel (dans le bilan) sous certaines conditions, selon le référentiel comptable utilisé par l'entreprise (respectivement IFRS ou US

GAAP) (Chen et al., 2017). Cette distinction rend difficile la comparaison des informations comptables pour des firmes utilisant des référentiels différents.

D'autre part, même si la majorité des entreprises françaises présentent leurs résultats financiers en euros, toutes les entreprises n'utilisent pas cette devise. Par exemple, la devise utilisée dans les états financiers de Total est le dollar depuis 2014. Nombre d'entreprises étrangères utilisent également le dollar, notamment si elles sont cotées sur le marché américain. Il est donc nécessaire de réaliser un traitement des données préalable afin de pouvoir comparer les résultats entre entreprises. Selon le marché sur lequel l'entreprise est cotée, celle-ci n'est pas tenue au même formalisme en matière de contenu du rapport annuel. Là où les entreprises cotées sur un marché américain doivent respecter un format préétabli (par exemple les formats « Form 10K » ou « Form 20F ») qui limite la divulgation d'informations relatives à la R&D, une plus grande latitude sur le format des rapports est permise pour les entreprises cotées sur le marché français, qui tendent ainsi à donner plus d'informations sur leurs activités de R&D. Le format des rapports annuels peut donc limiter les informations disponibles liées aux activités de R&D.

Enfin, l'une des limites de l'utilisation des rapports annuels réside dans la discrétion donnée aux entreprises sur la divulgation des informations liées à la R&D, entraînant des stratégies de dissimulation et manipulation de la part des entreprises (Koh et al., 2015; Koh and Reeb, 2015). La divulgation dans les rapports des informations liées à la localisation des activités de R&D n'est pas encadrée par une norme comptable. À titre d'exemple, la norme IAS 38 (issue du référentiel IFRS selon lequel l'entreprise présente ses états financiers) présente les exigences en termes de présentation des frais de développement portés à l'actif du bilan (durée de vie utile, taux d'amortissement, méthode d'amortissement, pertes de valeur), mais ne fait aucune mention de l'obligation d'exposer la zone géographique, voire le pays, où ces investissements sont faits. Cette norme va permettre, par exemple, de documenter le Scoreboard des plus grands investisseurs mondiaux en R&D réalisé par la Commission européenne.

L'exploitation par les entreprises de la latitude offerte par les normes comptables peut limiter l'exhaustivité des données divulguées. Les entreprises ne disposent pas d'obligation de mentionner la totalité des centres de R&D à travers le monde. De plus, les entreprises n'ont pas d'obligation de préciser la localisation des activités de R&D : une zone géographique, un pays ou une ville peuvent alors être indiqués dans le rapport et être mentionnés différemment d'une année fiscale à l'autre, sans que la localisation effective des centres de R&D n'ait été modifiée. Enfin, la ventilation du budget de R&D par pays ou centre n'est jamais proposée par les entreprises.

Les grandes entreprises peuvent donc exploiter la latitude donnée par l'absence de normalisation en matière de localisation de la R&D afin d'utiliser ces informations comme un outil de signal et/ou orienter l'attention des investisseurs sur certaines zones géographiques. Néanmoins, ces possibilités peuvent limiter la transparence des entreprises vis-à-vis de la localisation de leurs activités de R&D et impliquent des biais pour l'utilisation de ces informations à des fins de recherche.

Dès lors, le périmètre de consolidation utilisé dans les rapports va être variable. Les évolutions peuvent donc être aussi bien dues à une stratégie de croissance interne de l'entreprise qu'à des stratégies de croissance externe de la R&D. Il n'est pas forcément évident dans les rapports de relier les stratégies citées d'acquisition et de fusion avec les activités de R&D.

Les différences des systèmes de comptabilité sont cependant importantes en cas de comparaison des montants de R&D dépensée et donc pour la mesure d'impact des aides publiques : en GAAP, les dépenses ne sont pas activées et donc on va avoir plus de charges qu'en IFRS. Une situation critique parfois observée étant le passage d'un système à l'autre, qui entraînerait une rupture de série.

2.1.3.2 L'exemple de Sanofi

Lorsque les documents comptables sont disponibles, des informations intéressantes sur la R&D peuvent être trouvées. Afin d'illustrer l'intérêt de ces données sur la R&D ainsi que les difficultés qui lui sont liées, nous prenons l'exemple du groupe Sanofi.

Au-delà des montants du budget de R&D du groupe, publiés de manière annuelle, les déclarations de Sanofi peuvent se regrouper par périodes pendant lesquelles les localisations déclarées de R&D sont les mêmes d'année en année. On a donc, selon les rapports annuels de Sanofi, 5 périodes qui correspondent à 5 répartitions déclarées de la R&D au sein du groupe Sanofi qui sont retracées au sein du Tableau 17.

À partir du Tableau 17, la seule information fiable sur la période qu'on peut observer est que Sanofi a une activité de R&D en Europe, en Amérique du Nord et en Asie-Pacifique sur la période 2004-2015. Lorsque l'analyse des documents est menée par pays, certaines informations sont donc manquantes avec des pays qui sont cités puis ne le sont plus, une oscillation dans le niveau de précision entre le niveau pays et le niveau zone géographique, ou encore des changements de nomenclature de zone utilisée par les groupes pour décrire les zones.

Tableau 17 : La localisation de la R&D proposée dans les rapports de Sanofi, 2004-2018, par pays ou zones

Année	Localisations de la R&D Déclarée dans les rapports :	Codage Pays						Codage Zones			
		FR	DE	IE	CH	US	CN	JP	Europe	Amérique du Nord	Asie- Pacifique
2018	Allemagne et France, Amérique du Nord	1	1						1	1	
2017		1	1						1	1	
2016		1	1						1	1	
2015	Allemagne, France, Amérique du Nord, Asie	1	1						1	1	1
2014		1	1						1	1	1
2013		1	1						1	1	1
2012		1	1						1	1	1
2011	Activité Pharmacie : USA, Europe					1			1	1	1
2010	Activité Vaccins humains :					1			1	1	1
2009	Asie-Pacifique, USA, Europe					1			1	1	1
2008	Activité Pharmacie : USA, France, Allemagne, Suisse, Irlande, Chine, Japon Activité Vaccins humains : Asie- Pacifique, USA, Europe	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2007	Activité Pharmacie : USA, France,	1	1	1		1	1	1	1	1	1
2006	Allemagne, Irlande, Chine, Japon	1	1	1		1	1	1	1	1	1
2005	Activité Vaccins humains : Asie-Pacifique,	1	1	1		1	1	1	1	1	1
2004	USA, Europe	1	1	1		1	1	1	1	1	1

Les données des rapports montrent ainsi :

- Un arrêt en 2009 de la R&D en Irlande ou tout du moins un arrêt sur la divulgation de cette activité.
- Une disparition de la France et de l'Allemagne pour 2009-2011 pour une réapparition en 2012.
- L'irruption de la Suisse en 2008, année pour laquelle le nombre de pays cités est le plus large. Une entrée-sortie pour un an est peu vraisemblable. On peut néanmoins avoir un dépassement cette année-là d'une valeur seuil pour l'activité de R&D dans le pays.
- Les zonages varient avec une zone Asie-Pacifique qui se retrouve réduite par la suite à Asie à partir de 2012. Par exemple, il est impossible de savoir si cela correspond à l'arrêt de R&D en Australie.
- La divulgation de la zone Asie est maintenue sur la période 2012-2015 alors que le Japon et la Chine ne sont plus cités. Singapour n'est jamais cité pour autant.

- Une disparition de la zone Asie en 2016-2018 suggère même une sortie de Sanofi de l'Asie pour ses activités de R&D !

L'observation basique d'entrée/sortie d'une zone (Tableau 18, page 74) est donc compliquée et la construction d'une base l'est tout autant si les réponses des groupes ne sont pas redressées à partir des données antérieures ou postérieures ou remplacées par des données issues d'autres sources d'information. Sur la période 2009-2011, Sanofi a continué certainement à faire de la R&D en Allemagne et en Irlande. Une même remarque s'applique pour la Chine et les États-Unis après 2009 et 2011 respectivement. Il est aussi possible que Sanofi maintienne de la R&D en Irlande sur les 800 employés présents dans ce pays ou que les capacités de production de pointe de Sanofi en Suisse abritent aussi des activités de R&D récurrentes. Corriger les données au-delà d'interpolation semble cependant très compliqué ici. Les données divulguées dans ses rapports à ses actionnaires et autres parties prenantes sont donc lacunaires et à utiliser et interpréter avec la plus grande prudence.

Tableau 18 : La localisation dans le temps des centres de R&D de Sanofi par pays, d'après les rapports annuels

Country	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
France	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1
Allemagne	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1
Irlande	1	1	1	1	1										
Suisse					1										
Amerique Nord									1	1	1	1	1	1	1
USA	1	1	1	1	1	1	1	1							
Asie	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
Chine	1	1	1	1	1										
Japon	1	1	1	1	1										

À travers cet exemple, nous constatons donc que les données des rapports sont trop peu systématiques et trop stratégiques pour être utilisées comme indicateurs fiables d'activité de R&D dans les pays ou même dans les zones du monde. En revanche, ces données peuvent venir confirmer ou rehausser des informations disponibles par ailleurs.

2.2 Les informations indirectes sur la production de connaissance

2.2.1 L'activité des filiales à l'étranger

2.2.1.1 Les données Orbis BvD

La base de données Orbis (Bureau Van Dijk) fournit des informations économiques et financières sur environ 300 millions d'entreprises à travers le monde. L'utilisation de la base Orbis offre de nombreux avantages par rapport aux autres sources de données notamment sur la question de la propriété, et des liaisons de détention de capital. Les données sont biaisées dans certains pays vers les grandes ou très grandes entreprises, les sociétés cotées ou les sociétés par capital. Néanmoins, ce biais ne constitue pas un problème dans notre contexte. Ces données permettent d'identifier et de caractériser les filiales de groupes et leurs marchés sur la planète. L'implantation stratégique des multinationales peut dès lors être identifiée à partir des différents systèmes de classifications des activités. Ces données permettent enfin de relier à ces entreprises des portefeuilles de brevets (eux même disponibles dans Patstat vu ci-dessus).

Au sein de la base Orbis disponible sur la période de l'étude, l'identification des filiales d'un groupe est aisée. La géolocalisation des activités internationales des entreprises est possible à travers l'existence de filiales dans les différents pays, sur les années les plus récentes ou historiquement si l'on achète les l'option données historiques. Enfin, le croisement de ces données avec d'autres sources permet de certifier, au moins sur la période récente, la présence du groupe dans un pays. Ces données peuvent

être même plus précises, donnant des indications intéressantes sur la localisation des sites de production et de R&D (le cas échéant).

Cependant les données Orbis, sans l'abonnement aux données historiques, décrivent uniquement les données les plus récentes du groupe : elles ne permettent pas d'identifier l'envergure internationale des groupes français ou étrangers au début des années 2000. Ces données ne permettent pas de systématiser des entrées-sorties dans un pays sur la période d'analyse, mais peuvent parfois suggérer des localisations de centres de R&D.

Des données comparables à celles d'Orbis sont disponibles par ailleurs. Deux bases ont été explorées pour ce rapport. Celle des données issues de l'enquête française FATS (L'enquête annuelle européenne sur l'activité des filiales étrangères des groupes français, Outward FATS ou OFATS) qui sont accessibles aux chercheurs via le CASD (Centre d'accès Sécurisé aux Données – CASD). Elles ne permettent cependant pas de remonter au début des années 2000 ou encore d'identifier des activités de R&D (Voir Annexe 5, page 140). Les données américaines Compustat Global auxquelles les auteurs de ce rapport ont accès à NEOMA BS, reportent les budgets de R&D des groupes mondiaux, mais ne permettent pas de localiser ces activités : ni au niveau des filiales sur le sol des États-Unis, ni dans le reste du monde (Voir Annexe 4, page 139).

2.2.1.2 Illustration avec le cas de Sanofi

Nous proposons d'illustrer les résultats obtenus à partir des données Orbis avec l'exemple de Sanofi.

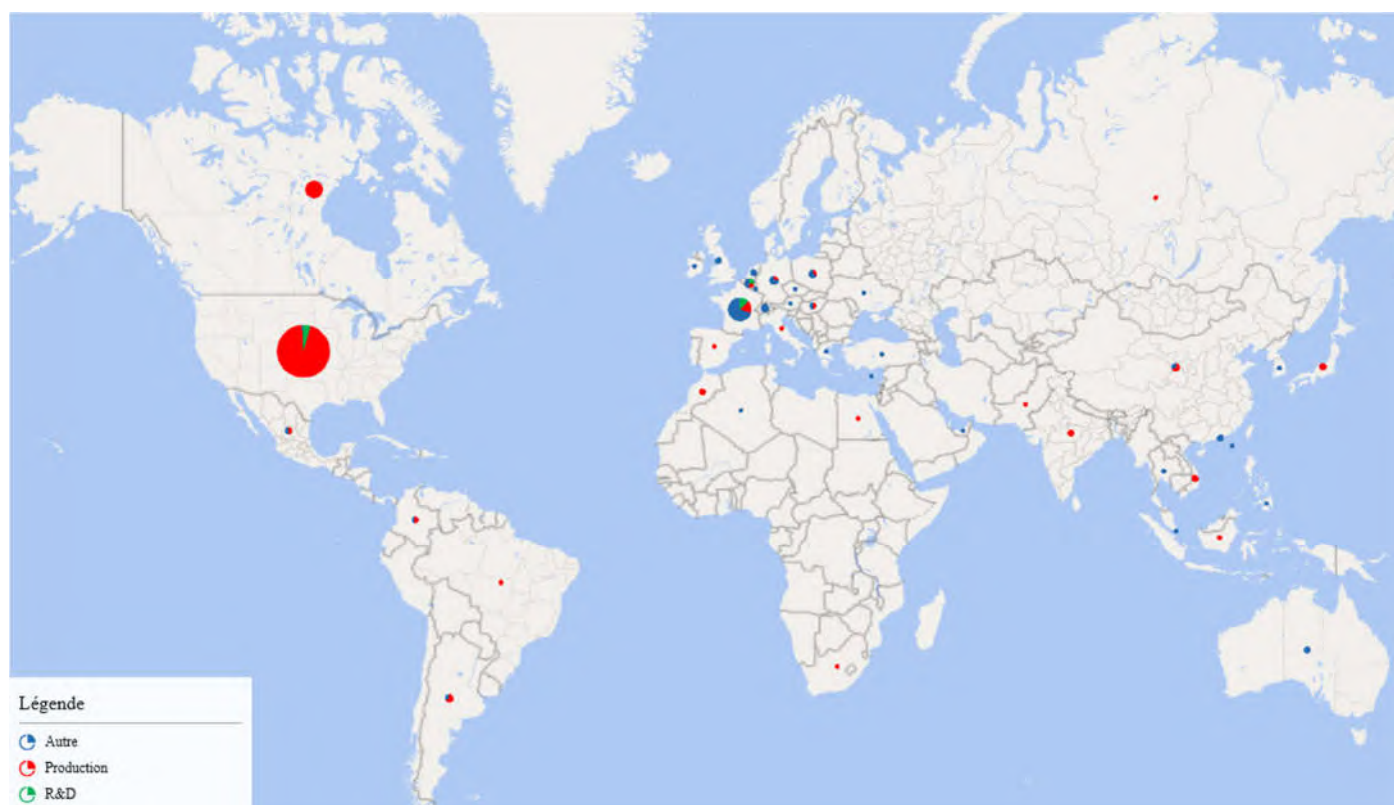
Orbis permet d'identifier la localisation des 267 filiales actuelles du groupe Sanofi dans 56 pays. On notera ainsi que les pays d'implantation privilégiés par Sanofi sont les États-Unis, la France et le Canada, avec respectivement 133, 24 et 15 filiales.

Les codes d'activité principale sont disponibles dans près de 80% des cas mais les variables économiques et financières sont très peu exploitables, car manquantes ou mal renseignées. Toutefois, on peut facilement cartographier la présence du groupe dans le monde (*Figure 5*) et caractériser l'activité principale qui y est opérée.

À partir de la nomenclature Nace Rev. 2, on peut identifier au moins 9 filiales dont l'activité principale est la R&D (*Figure 5*). Parmi ces 9 filiales de R&D, 5 filiales sont localisées aux États-Unis, 3 en France et 1 en Belgique. Étant donné l'interdépendance entre production et R&D, on peut localiser les filiales dédiées à l'activité de production dans 23 pays différents.

Ces données sont toutefois disponibles pour la période récente et la structure de Sanofi au début des années 2000 reste méconnue.

Figure 24. Cartographie mondiale de l'implantation des filiales de Sanofi



Source : Orbis BvD

Note : la taille des bulles est proportionnelle au nombre de filiales par pays.

2.2.2 Les investissements directs en R&D à l'étranger

2.2.2.1 Les données FDI

Le fDi Markets du Financial Times est une base de données sur les investissements transfrontaliers, dont ceux en R&D, couvrant tous les pays et tous les secteurs mondiaux. La base de données fDi Markets sur les investissements internationaux enregistre les projets d'investissement transfrontaliers depuis 2003. Elle fournit des informations sur l'investisseur, mais aussi sur le pays de destination du projet d'investissement identifié. Ces investissements transfrontaliers sont identifiés par une grande variété de sources recoupées entre elles. Ces investissements, quelle que soit leur taille, ne sont enregistrés dans la base de données que lorsqu'ils débouchent sur de nouveaux projets avec une présence physique là où ces investissements créent de nouveaux emplois. Les fusions et acquisitions ne sont pas présentes dans la base de données.

Les informations disponibles sont : la date du projet (mois et année), le nom de la compagnie parente, le nom de la société d'investissement, le marché source - Pays, État, ville (basé sur le siège social de la société mère), le marché de destination - Pays, État, ville (le cas échéant), le secteur d'activité, l'activité visée (*Manufacturing, Shared Services Centre, Headquarters, Manufacturing, Research & Development, Logistics, Distribution & Transportation, Sales, Marketing & Support, Business Services, Retail*), les emplois créés (les chiffres réels sont affichés lorsqu'ils sont publiés, sinon les chiffres sont estimés), l'investissement en capital (les chiffres réels sont affichés lorsqu'ils sont publiés par la société, sinon des chiffres estimatifs sont présentés) et enfin le type de projet (Nouveau, expansion, co-localisation).

Les données d'investissement direct à l'étranger sont pour l'essentiel publiées par les firmes et permettent donc de cerner de manière fiable - même si certains projets peuvent être revus à la baisse

ou abandonné -, la présence d'une multinationale dans un pays et d'obtenir des informations sur la nature des activités effectuées dans ce pays. À partir de ces données, nous pouvons ainsi connaître si une firme est au moins présente en R&D dans un pays, mais également identifier d'autres activités qui montrent que les IDE en R&D appartiennent à un regroupement d'activités complémentaires dans un pays.

Ces données sur les IDE sont souvent utilisées pour représenter les stratégies globales des entreprises (voir par exemple (Belderbos et al., 2016)). Utilisées de manière isolée, elles montrent cependant leurs limites. Trois de ces limites montrent que ces données ne peuvent être que des compléments d'information des données acquises par ailleurs :

- Les données disponibles ne permettent de cerner la sortie d'un pays puisque des désinvestissements ne sont pas considérés dans ces données,
- De même, ils ne permettent pas de cerner si l'investissement réalisé correspond à l'entrée de la multinationale dans ce type d'activité dans ce pays. Une entreprise peut faire de la R&D dans le New Jersey et faire un IDE en R&D dans l'Oregon par exemple,
- Les IDE identifiés ne sont pas forcément exhaustifs. Certains investissements sont stratégiques et peuvent être confidentiels. La divulgation de l'information sur les IDE repose donc sur la stratégie de divulgation de la multinationale et sur la capacité de recherche d'informations du Financial Times. On a donc certainement des biais de taille et de secteur : les bases de données sur les IDE semblent peiner à identifier les prises de participation dans les petites structures.

2.2.2.2 L'exemple de Sanofi

L'exemple de Sanofi est retracé à partir des données du Tableau 32 page 144 mises en annexe en raison de leur volume. Ce tableau montre les IDE de cette firme, réalisés depuis 2005.

Figure 25. Les IDE de Sanofi sur la période 2003-2020



Source : fDi Markets

L'agrégation par pays montre que les IDE de Sanofi sont cependant majoritairement faits à des fins de production et non pas de R&D ou de services ou distribution par exemple. La Figure 25, de la page 77,

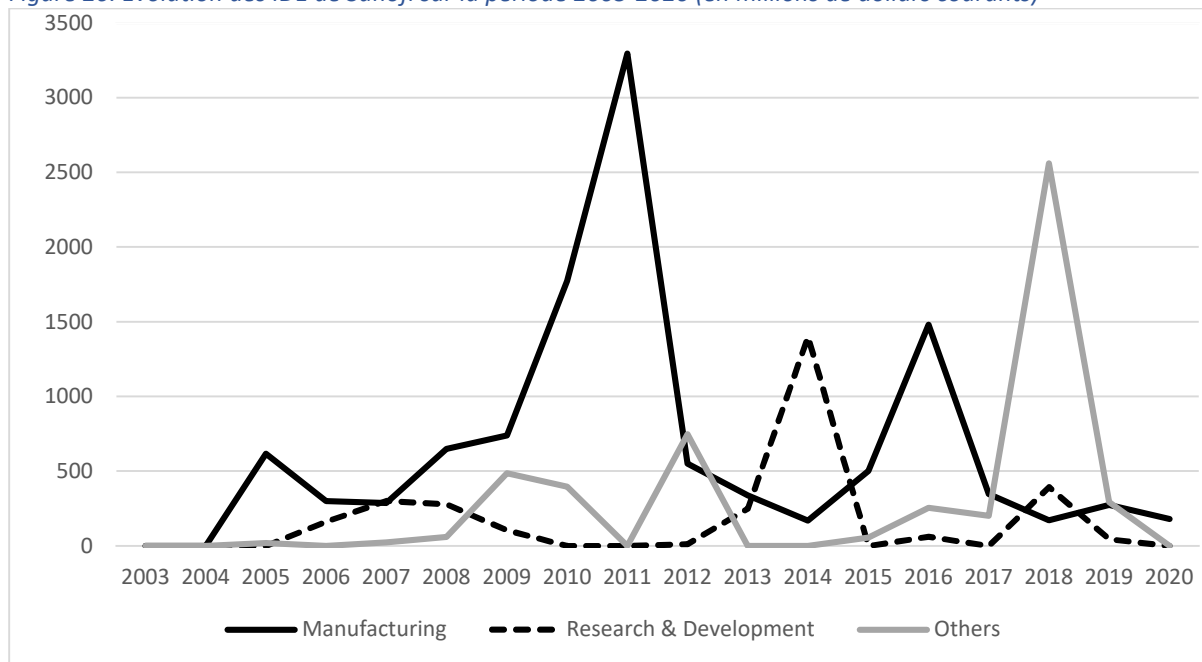
rappelle aussi l'interdépendance entre production et R&D : les activités de R&D sont toujours réalisées là où il y a des capacités de production préalables. L'évolution annuelle du volume des IDE ne permet pas d'identifier de tendances claires sur la période (Figure 26, page 78).

Ces données montrent que Sanofi a investi en R&D en Chine en 2008 avant d'investir massivement en 2014 puis 2018. Les investissements en production se sont faits de manière plus restreinte dans ce pays, au détriment du Maroc, de l'Inde ou de la Suisse ciblés en 2009, 2011 ou 2017, respectivement.

On montre ainsi que les IDE en R&D de Sanofi ont surtout été tournés vers l'Asie (+1812 postes) et non les États-Unis (+370 postes) ou même l'Europe (+282 postes) au cours des 20 dernières années, mais aussi que Sanofi a délaissé l'Europe dans ses investissements de R&D au profit de la Chine et des États-Unis à partir de 2013. Le passage du CIR en volume et son déplafonnement en 2008 n'ont pas empêché les investissements de Sanofi en R&D en Europe, en Chine, ou outre-Atlantique.

Le désengagement de Sanofi du capital de l'américain Regeneron en mai 2020 ne va pas apparaître ici, alors qu'il représente un gain réalisé approchant les 5 milliards de dollars pouvant être réinvestis par ailleurs, comme dans la firme de biotech Synthorx par exemple.

Figure 26. Évolution des IDE de Sanofi sur la période 2003-2020 (en millions de dollars courants)



Source : fDi Markets,

Les deux graphiques suivants reprennent la périodisation utilisée pour les brevets et montrent l'évolution des IDE de Sanofi que nous pourrions confronter aux autres indicateurs à la fin de ce chapitre. Ils ne retracent donc pas le pic de 2018 que montre la Figure 26.

Figure 27. Les IDE de Sanofi sur la période 2005-2009

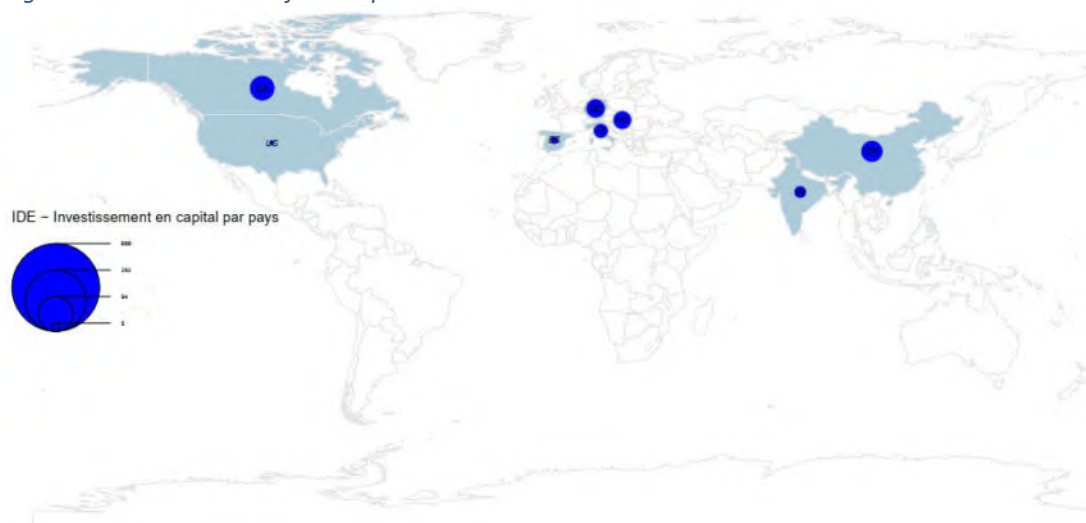
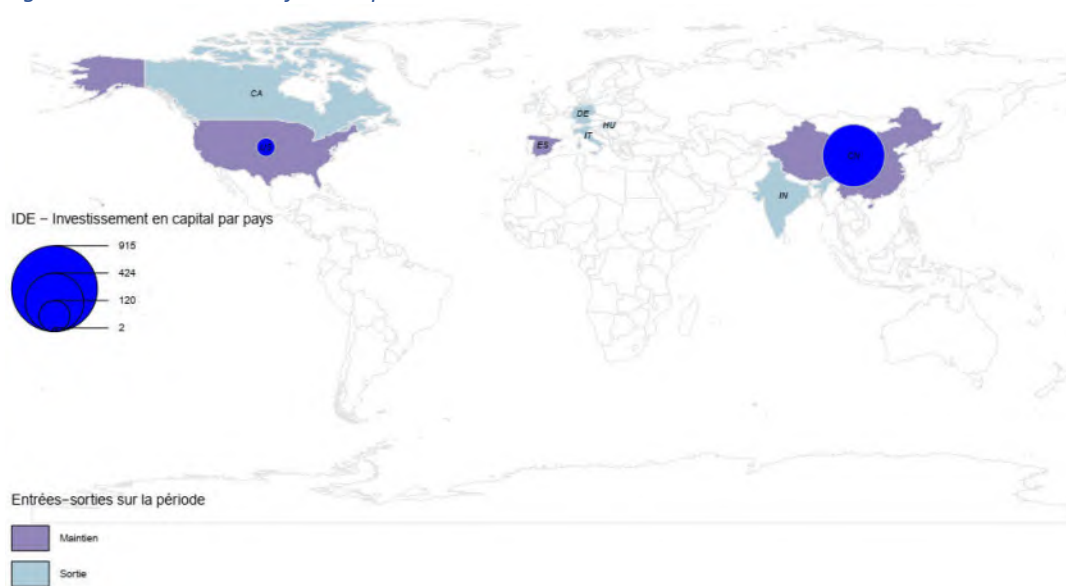


Figure 28. Les IDE de Sanofi sur la période 2010-2015



2.2.3 Les fusions et acquisitions et la R&D

2.2.3.1 Les données sur les F&A (Capital IQ, Standard & Poor's)

Les fusions et acquisitions sont le moyen pour les entreprises de rentrer sur des marchés étrangers, surtout lorsque ces derniers sont protégés par des barrières à l'entrée. Ces mouvements peuvent concerner des objectifs de distribution, des objectifs de production de produits existants, tout comme l'essor de nouveaux produits. L'acquisition d'une capacité de R&D peut à la fois être l'objectif de ces opérations, ou être simplement un effet collatéral, surtout lors de fusions horizontales. Les acquisitions de startups sont devenues un moyen courant pour les entreprises désireuses d'innover à moindre risque. Le rachat des filiales High-Tech concerne essentiellement leurs ressources et compétences pour innover, notamment leurs chercheurs ou leur portefeuille de brevets. Identifier les startups achetées

par une entreprise ouvre donc l'opportunité de saisir la variété des pays dans lesquels une multinationale opère une veille scientifique et technologique, et décide d'investir.

Sur les données F&A, la cible ne fait pas forcément des activités de R&D ; de même, l'entreprise peut décider de fermer ses centres de R&D. Lorsque le rachat concerne des entreprises de distribution, la probabilité qu'elles abritent de la R&D est faible. Toutefois, des filiales à l'étranger peuvent avoir comme activité principale la distribution de médicaments et abriter des laboratoires de R&D avec des capacités de production nulles ou faibles.

Enfin, même si un rachat de capacité de R&D est avéré, la nature de la R&D peut être altérée : une multinationale diversifiée peut vouloir disposer de capacité d'adaptation de ses produits aux marchés locaux et donc ne plus faire vraiment de Recherche pour privilégier le Développement.

L'achat d'une entreprise dans un pays ne signifie pas que l'activité de R&D soit localisée dans ce pays. Une entreprise allemande peut acheter une entreprise autrichienne dont la R&D est localisée en Hollande. Les données de F&A ne permettent pas d'identifier cette dernière localisation.

Sur les startups, l'information est toutefois parcellaire, car certaines transactions peuvent rester secrètes ou les informations sur les transactions peuvent être insuffisantes pour cerner le lieu ou la nature de l'activité ciblée.

La stratégie d'une multinationale peut aussi être difficile à cerner en raison du nombre élevé de transactions effectuées.

Enfin, il est difficile de suivre le devenir de la startup et de la R&D ciblée, une fois l'acquisition faite. La R&D peut être maintenue sur place, tout comme le personnel de R&D peut être licencié ou déplacé dans d'autres filiales du groupe.

Les cessions d'actifs se heurtent aux mêmes écueils.

2.2.3.2 *Le cas Sanofi*

Afin d'illustrer la difficulté d'une approche des activités des multinationales par les fusions-acquisitions, nous mobilisons la base de données Capital IQ de Standard & Poor's sur le cas de Sanofi. Le Tableau 30 volumineux renvoyé en Annexe 6 page 141 retrace les différentes fusions et achats opérés par le groupe Sanofi ou par l'une de ses filiales sur les 20 dernières années.

On peut ainsi identifier les mouvements majeurs avec la fusion entre Sanofi et Synthelabo en 1999, et la fusion entre Hoechst et Rhône-Poulenc-Pasteur-Mérieux pour former Aventis-Pasteur en 1999. On identifie également le rachat d'Aventis par Sanofi-Synthelabo en 2004, suivi de celui de Genzyme en 2011. Les transactions ultérieures de l'entreprise américaine Bioverativ et de l'entreprise belge Ablynx en 2018 sont plus discrètes, pour des montants respectifs de 11,5 milliards et 4,8 milliards de dollars. Les transactions les plus importantes sont celles identifiées habituellement comme des IDE, masquant le nombre croissant d'investissements plus restreints, mais stratégiques pour le futur des entreprises avec quelques 337 transactions d'achats ou de prises de participation sur les 20 dernières années.

Pour cerner les stratégies d'implantation à l'étranger de Sanofi, on peut affecter une nationalité aux entreprises acquises ou nanties par Sanofi. L'identification de la nature de la transaction, de l'activité de la cible ou sa nationalité n'est pas faisable d'une manière systématique. La correspondance sur les raisons sociales dans les données Orbis permet de recouper la nationalité des entreprises retracée dans la colonne 3 du Tableau 30, page 141 : on retrouve les principaux investissements identifiés dans la base fDi Markets sur les investissements directs à l'étranger. Les cibles identifiées sont toutefois polarisées sur quelques pays : par ordre décroissant, les États-Unis, la Belgique et les Pays-Bas. Dans cet ensemble, les cibles de Sanofi sur la période 2000-2020 se retrouvent en outre dans une quinzaine de pays, montrant ainsi la variété des pays impliqués dans les F&A.

Une comparaison avec les données issues de la localisation des filiales dans Orbis, montre une cohérence entre les données de filiales de groupes et les données de F&A. *A contrario*, les fusions et

acquisitions ne retracent pas les implantations déjà réalisées. Par exemple, la présence de filiales en Égypte ou en Afrique du Sud n'apparaît pas dans l'image fournie par les transactions et prises de participation. L'activité de R&D n'est pas identifiable ici : les acquisitions de firmes pharmaceutiques incorporent certainement souvent de la R&D. Cependant, cela ne signifie pas que cette R&D soit faite dans le pays de la cible. Sanofi rachète Ablynx en 2018 qui a son activité entièrement en Belgique et donc sa R&D. Sanofi achète aussi Genzyme en 2011 qui ne fait pas nécessairement de la R&D uniquement aux États-Unis en 2010 et avait construit une usine en Belgique à Geels en 2002. On ne sait finalement pas si Genzyme faisait ou non de la R&D dans cette filiale belge.

Lors de rachat d'actifs – une startup high-tech par exemple - dans un pays, on ne sait pas si la R&D va être maintenue en place suite au rachat ou si les activités de R&D vont être relocalisées. De même, le rachat par un groupe d'un pays x, d'une entreprise étrangère y peut être faite pour contrôler de la R&D faite dans un pays tiers z : ainsi le rachat de Kiadis en 2020 par Sanofi va compter comme une hausse de ses investissements en R&D aux Pays-Bas, alors que c'est peut-être la filiale de Kiadis à Boston (MA) qui est visée à travers ce rachat.

Sur les cessions, les difficultés sont encore plus grandes, car les nationalités sont plus floues que pour les acquisitions : les ventes peuvent être faites à des organismes financiers ou encore à des filiales de groupes dont la nationalité n'est pas celle de localisation de la filiale cédée (Takeda est par exemple japonais, mais la filiale de Sanofi est rachetée par Takeda USA). Enfin, on ignore quelle est la part de R&D dans la cession faite. Une cession d'activité de R&D dans un pays suite à un désinvestissement ou une cession est donc plus difficile à pointer qu'une confrontation des informations issues des différentes sources de données.

2.3 Le croisements des sources de données

2.3.1 Quelles complémentarités entre indicateurs ?

Les informations sur la localisation des activités de R&D des multinationales et les montants correspondants sont très difficiles à cerner. Les différentes sources de données ne sont pas nécessairement homogènes et l'information sur la localisation de la R&D peut s'avérer parcellaire. La multiplication des sources précédemment présentées et leur croisement permettent néanmoins d'identifier l'implantation des filiales des multinationales et d'approximer la localisation des activités de R&D de manière annuelle.

Les données brevets, les publications académiques, les données issues des rapports annuels ou encore les IDE permettent de localiser, mais aussi d'approximer l'évolution des volumes des travaux de R&D menés par un groupe et ses filiales de manière annuelle.

La logique des inventeurs et des auteurs est individuelle. Compter les brevets et les publications ne signifie pas compter des centres dans lesquels la R&D est formelle et systématique. Des salariés peuvent inventer ou publier sans avoir bénéficié d'un budget de R&D au sein de leur entreprise (Crisuolo et al., 2013). Une solution pour faire converger les données serait d'introduire un nombre minimal de brevets ou de publications par pays. Cependant, brevets et publications sont fortement influencés par les stratégies d'appropriation des entreprises et on pourrait ainsi manquer des équipes importantes de R&D qui ne publient pas (e.g. Apple France qui ne fait pas de publications académiques). Inventions et publications sont aussi des processus incertains. Prendre une moyenne sur 5 ans est intéressant, mais empêche l'identification des entrées-sorties dans un pays étranger ; faire des interpolations pour remplacer les valeurs nulles entre deux années positives est une solution peut-être plus pertinente pour identifier les évolutions stratégiques des entreprises.

Cependant, les données brevets et articles sont très corrélées : les pays faisant de la R&D dans un pays impliquent généralement à la fois des brevets et des publications.

Les données Orbis ne permettent pas d'identifier la présence d'un groupe de manière annuelle puisqu'elles ne présentent que les filiales actuelles d'un groupe. Elles donnent néanmoins une indication intéressante de la localisation actuelle d'un groupe, quelle que soit l'activité opérée. Dans certains cas, des filiales dédiées à la R&D peuvent être identifiées, même s'il manque la date d'implantation dans le pays. Cela est aussi faisable via des enquêtes sur les activités à l'étranger, telles que l'enquête FATS évoquée en Annexe 5, page 140.

Les données sur les flux d'IDE sur une période ne fournissent pas de perspective historique : on ne sait pas si l'entreprise est déjà présente dans le pays et si l'investissement est additionnel ou nouveau. Les données issues des rapports annuels ne présentent pas toujours la localisation des centres de R&D par pays et encore moins de manière continue sur la période (chevauchement avec un zonage géographique et parfois un changement de nomenclature de zone). De la même manière, il faut considérer les localisations sur plusieurs années : on peut effectivement identifier de manière continue une localisation de R&D, mais on peut également avoir des sauts d'une année sur l'autre, sans pour autant qu'il n'y ait eu une fermeture effective d'un centre de R&D (écarts liés aux particularités des sources de données). L'émergence dans les rapports d'un pays dans lequel l'entreprise fait de la R&D peut ne pas correspondre à une entrée en R&D dans le pays, mais un point d'attention sur la stratégie de R&D pour les actionnaires.

On a une sorte de hiérarchie implicite qui se dégage de ces différents indicateurs, avec les brevets et publications au premier plan et les rapports et IDE en second. Les seconds viennent compléter les premiers : soit ils valident une information déjà identifiée ; soit ils apportent un élément nouveau ignoré des statistiques d'output, souvent en retard dans le temps par rapport aux données sur les inputs.

Nous proposons d'illustrer ces réflexions à travers l'exemple de Sanofi.

2.3.2 Illustration avec le cas de Sanofi

Le croisement de chacune des sources de données permet d'approximer une répartition géographique plus complète des implantations des activités de R&D de Sanofi au cours du temps. En particulier, il permet de rendre compte de l'occurrence de la présence d'une activité de R&D dans chaque pays : plus un pays a été identifié au sein des différentes sources, plus il y a de chance que ce pays abrite effectivement des activités de R&D.

Une comptabilité par pays (et non pas en pays-années) de la présence en R&D de Sanofi en France et à l'étranger montre que les inventeurs Sanofi et auteurs Sanofi peuvent être très dispersés sur la planète, avec plus de 58 et 34 pays concernés respectivement sur la période 2004-2015 (Cf. Tableau 19 page 83). En ne comptant que les pays d'inventeurs produisant au moins une invention brevetée ou une publication en fractionnaire sur la période, les chiffres tombent à 34 et 17 pays concernés respectivement. Une logique axée sur les centres de R&D (dans les rapports), les filiales de R&D (données Orbis) ou les IDE en R&D permet d'identifier seulement 13 pays, suggérant un écart entre des données d'output qui peuvent être produit de manière informelle ou en collaboration, et des données d'input, centrées sur des investissements de taille critique.

Ainsi, la R&D à l'étranger de Sanofi se retrouve systématiquement dans les différentes sources pour les pays suivants : les États-Unis en premier, suivi par l'Allemagne et la Chine (score de 5 ou 4 dans le Tableau 19). Un score de 4 ou plus montre ainsi le cœur de l'activité de Sanofi dans le monde sur la période 2004-2018. Le Tableau 19 des nombres de brevets déposés rappelle toutefois la disparité entre centres de R&D : les États-Unis, l'Allemagne et la Grande-Bretagne représentent la majeure partie des inventions, alors que le Japon ou la Suisse restent relativement marginaux sur ce point.

La Chine est un cas particulier et apparaît comme stratégique pour Sanofi : les indicateurs d'inputs (IDE et créations affichées de centre de R&D) suggèrent des investissements importants dans ce pays, alors que les indicateurs d'outputs (brevets et publications) soulignent des productions encore très faibles au regard des ressources mobilisées. Cet écart peut être dû à plusieurs facteurs : premièrement, au

temps de mise en place des investissements, de production de la connaissance et à son accumulation pour produire à la frontière de l'état de l'art. Cela peut aussi suggérer une activité d'innovation réservée au marché chinois de la santé et dans laquelle la R&D réalisée n'est pas de même nature que celle faite par ailleurs par Sanofi. Enfin, il est aussi possible que les investissements de R&D soient d'un niveau académique élevé et produisant des résultats innovants, mais que la stratégie d'appropriation de Sanofi sur le marché chinois du médicament soit différente de celle déployée ailleurs.

La situation de l'Irlande est aussi originale, dans la mesure où ce pays était affiché comme un lieu de R&D dans les rapports annuels jusqu'à la crise de 2009, pour ne jamais produire finalement de production mesurée par des brevets ou des publications. En creux, la montée de la Chine dans la globalisation de la R&D des groupes français ne corrobore pas la théorie selon laquelle la globalisation de la R&D vise à mettre à niveau sa R&D nationale en s'implantant auprès d'entreprises à la frontière scientifique et technologique (Voir (Branstetter et al., 2019)). Elle montre que, d'une part, la R&D s'implante en l'espèce surtout au plus près des marchés étrangers présents, mais aussi futurs, et que les montants affichés de R&D peuvent sans doute correspondre à des développements industriels et/ou des stratégies d'obtention d'une autorisation de mise sur le marché (A.M.M.) dans le pays visé.

Tableau 19 : Présence et activité de R&D de Sanofi, par pays et par sources

Pays \ Source	Invention	Articles	IDE RD	Rapports	Orbis	Somme	Delta Inventions	Delta Publications	Delta IDE
France	1*	1**	1	1	1	5	-	+	
USA	1*	1**	1	1	1	5	+	+	+
Allemagne	1*	1**	1	1	0	4	+	-	out
Chine	1	1	1	1	0	4	+	in	+
Hongrie	1*	1	1	0	0	3	+	+	-
Canada	1*	1	1	0	0	3	-	+	out
Japon	1*	1	0	1	0	3	-	-	
Italie	1*	1	1	0	0	3	-	+	out
Inde	1	1	1	0	0	3	+	-	out
Suisse	1	1	0	1	0	3	-	-	
Espagne	1	1	1	0	0	3	-	-	-
Mexique	1	1	0	1	0	3	In	-	
Belgique	1	1	0	0	1	3	-	-	
Afrique du Sud	1	1	1	0	0	3	in	out	
Royaume-Uni	1*	1	0	0	0	2	+	+	
Tchéquie	1	1**	0	0	0	2	+	+	
Autriche	1	1	0	0	0	2	+	in	
Pays-Bas	1	1	0	0	0	2	+	+	
Australie	1	1	0	0	0	2	+	in	
Turquie	1	1	0	0	0	2	+	in	
Corée du Sud	1	1	0	0	0	2	+	-	
Irlande	1	0	0	1	0	2	+		
Singapour	1	1	0	0	0	2	in	in	
Argentine	1	1	0	0	0	2	+	+	
Brésil	1	1	0	0	0	2	out	+	
Uruguay	1	1	0	0	0	2	-	in	
Taïwan	1	1	0	0	0	2	Out		
Finlande	1	0	0	0	0	1	In		
Suède	1	0	0	0	0	1	-		
Tunisie	1	0	0	0	0	1	-		
Danemark	1	0	0	0	0	1	-		
Maroc	1	0	0	0	0	1	-		
Grèce	1	0	0	0	0	1	In		
Roumanie	1	0	0	0	0	1	In		
Philippines	0	1	0	0	0	1	-	+	
Ensemble	34	27	10	8	3				

Note : * Plus d'un brevet par an en moyenne sur 2004-2016. ** Plus d'un article par an en moyenne sur 2000-2020.

Seuls sont listés les pays avec au moins une invention en fractionnaire ou une publication en fractionnaire ou un IDE dans le pays ou une présence dans les rapports sur la période 2004-2015. Les informations contenues dans les rapports ne sont pas suffisantes pour ajouter une colonne en variation.

L'utilisation d'un seuil pour la R&D et les publications permet de pointer rapidement les principaux acteurs du groupe. Ce critère est moins restrictif pour les inventions que pour les publications. Cependant, il évacue la République Tchèque ; le filtre unitaire moyen centré sur les publications fait aussi disparaître le Royaume-Uni, pour lequel nous n'avons trouvé que peu de publications. Les données Orbis permettent d'identifier la Belgique, mais l'intérêt de cet indicateur repose peut-être aussi sur le secteur pharmaceutique qui dispose de filiales de R&D, alors que d'autres industries ne s'organisent pas de cette manière. Les données stratégiques contenues dans les rapports ou les bases IDE permettent de faire remonter des pays qui disparaîtraient avec un seuil de 1 sur les publications ou les brevets annuels : la Chine qui pèse relativement peu en output identifiable est ainsi mise en avant, lorsque l'on ajoute ces indicateurs complémentaires.

La construction d'un indice dépasse le champ de ce rapport. Toutefois, surpondérer les pays dans lesquels un seuil minimal de brevets et de publications est réalisé et y ajouter les IDE et la présence dans les rapports semble une piste pertinente pour synthétiser des analyses futures centrées autour des principaux pays. Ici, le Tableau 19 propose en première instance de sommer simplement les 5 indicateurs, sans introduire de poids entre les composantes.

En prenant de manière large l'ensemble des indicateurs temporels (donc sans les données Orbis), on montre que sur la période 2004-2015, le groupe Sanofi a des activités de R&D localisées dans de très nombreux pays. Le calcul de l'inverse de l'indice d'Herfindhal (Encadré 1, page 23) sur la répartition géographique des brevets indique cependant une stabilité, voire une augmentation, de la concentration des lieux d'inventions des brevets déposés par Sanofi entre 2004 et 2015³³. Une opération similaire sur les publications montre une concentration de l'activité académique relativement stable géographiquement, centrée sur les équipes françaises et américaines. En d'autres termes, la globalisation de Sanofi entraîne une présence dans de nombreux pays supplémentaires, y compris en R&D, sans pour autant déconcentrer réellement ses capacités scientifiques et technologiques.

L'analyse au cours du temps des différentes sources montre bien une certaine continuité de la production de connaissance aux États-Unis, en Chine, au Japon, en Suisse ou en Irlande. Néanmoins, elle souligne aussi la faiblesse d'une analyse standard axée sur les données brevets, dans laquelle la Chine, le Japon ou la Suisse ressortent peu. Cela indique aussi la faiblesse des données issues des rapports annuels ou même des données brevets, dans lesquelles le rôle de centres de second rang est occulté. La place de la Chine, du Japon, la Suisse ou même de l'Irlande reste alors à préciser.

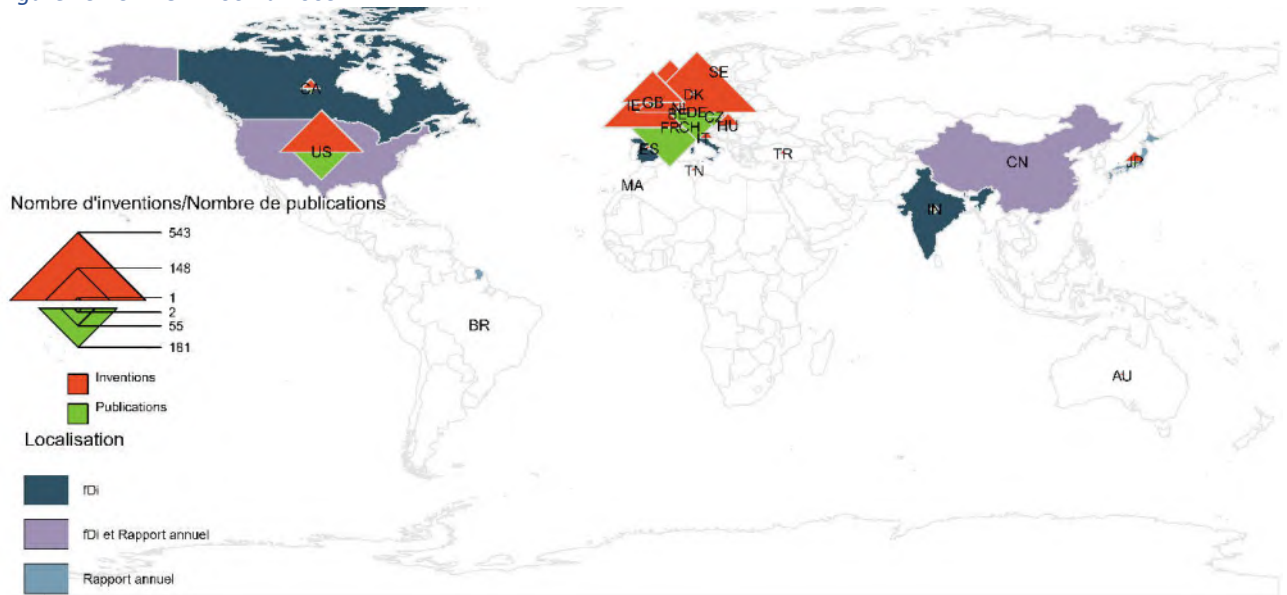
À retenir sur les indicateurs

- Les informations systématiques disponibles reposent essentiellement sur des données de brevets (e.g. PATSTAT), de publications (e.g. Scopus) et les IDE.
- Les données payantes brevets (sur Orbis) ou sur les publications (Scopus) sont toutefois très imparfaites pour identifier les entreprises car elles ne prennent pas correctement en compte les fusions, acquisitions ou cessions qui émaillent la vie des grands groupes. Un fastidieux travail de retraitement est donc nécessaire pour identifier les vrais portefeuilles annuels des groupes.
- La présence des centres de R&D stratégiques, même de petite taille peut être identifiée via les rapports d'activités.
- Les rapports d'activités ne permettent cependant pas de faire un suivi des stratégies d'implantation ou d'investissement en R&D à l'étranger.

³³ L'indice utilisé n'est peut-être pas le meilleur sur des données géographique Auvray, E., Bouayad-Agha, S., 2019. Les indices de concentration géographique à l'épreuve de l'agrégation des données. *Économie & prévision* 216, 1-20. .

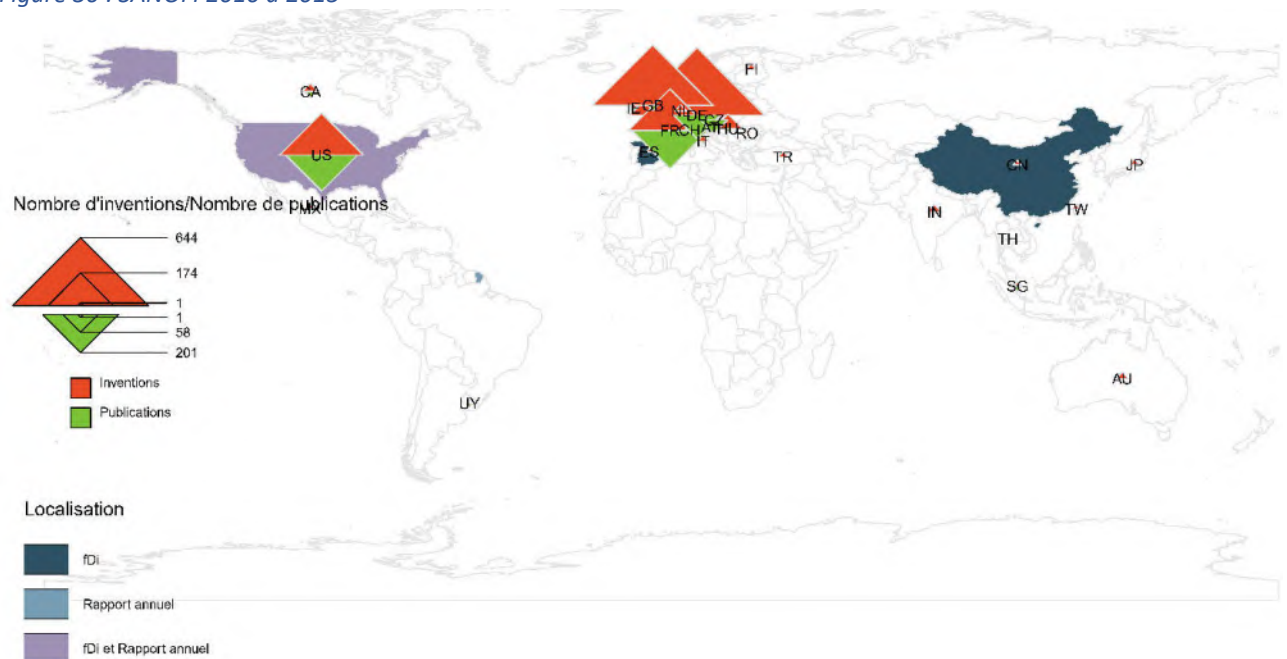
- Les données d'investissements directs à l'étranger en R&D sont ici plus intéressantes, mais ne fournissent pas d'information sur le type et la pérennité de la R&D financée.
- En l'absence de données historiques (payantes), les données sur les activités des filiales à l'étranger de la base Orbis sont relativement inutiles pour cerner les activités de R&D.
- En l'absence de données historiques et d'identification des activités de R&D, l'enquête française FATS ne permet pas non plus d'analyser la R&D des multinationales.

Figure 29 : SANOFI 2004 à 2009



Sources : données Patstat, Scopus, rapports annuels, fDi Markets

Figure 30 : SANOFI 2010 à 2015



Sources : données Patstat, Scopus, rapports annuels, fDi Markets

À retenir sur le cas Sanofi

- Sanofi a accru la production d'inventions, de publications et la localisation de centres de R&D de par le monde.
- La production de connaissance est désormais faite dans de nombreux pays, mais la concentration des inventions et publications reste largement identique au cours du temps, les principaux pays de R&D de Sanofi (Allemagne, Etats-Unis, France, Royaume-Uni) maintiennent leur poids dans la durée.
- Les efforts de R&D faits en France par Sanofi progressent moins que ceux des équipes britanniques, allemandes ou américaines, qui augmentent encore davantage leurs nombres d'inventions brevetées.
- Sanofi a investi de manière importante en Chine, qui est le second marché en santé au monde, sans pour autant que ce choix stratégique ne débouche encore guère sur des inventions ou publications.

3 LA R&D DES GROUPES ET LE CIR : APPROCHE QUANTITATIVE

La localisation des activités de R&D des groupes français à l'étranger nous permet d'explorer l'internationalisation de leurs activités de R&D. En examinant les différents indicateurs rassemblés dans le chapitre précédent, nous pouvons décrire dans quelle mesure les groupes français se sont internationalisés au cours de ces 20 dernières années. De manière plus précise, nous pouvons identifier les principaux pays ou zones bénéficiaires de cette internationalisation, entre le marché européen, américain ou encore chinois. Cette analyse descriptive est instructive, car, comme nous l'avons vu précédemment, elle permet de palier à les problèmes importants liés à la qualité et à la confidentialité des données.

Au-delà, la question qui subsiste porte sur l'identification du moment qui marque le début du déclin de la France et de l'Europe dans la R&D mondiale, constaté dans le premier chapitre. En effet, plusieurs chocs, susceptibles de modifier le comportement d'investissement des multinationales en matière de R&D, ont émaillé les vingt dernières années : l'ouverture du marché chinois, la course aux aides indirectes à la R&D, la crise des subprimes, l'essor de la digitalisation... Les groupes français ont bénéficié du passage à un dispositif de CIR en niveau ainsi que son déplafonnement en 2008. Cette date marque-t-elle vraiment un changement de comportement dans l'internationalisation des groupes français ?

La comparaison entre les périodes avant et après la réforme de 2008 est particulièrement intéressante, car elle permet de mieux cerner les différentes évolutions des activités de production de connaissances des groupes français à l'étranger.

Ce troisième chapitre décrit l'internationalisation de la R&D de notre échantillon de 81 groupes français issus du scoreboard pour lesquels nous avons eu accès aux données des rapports annuels (Annexe 3, page 132). Le cas de Sanofi pris en exemple dans le chapitre précédent n'est, *a priori*, pas représentatif de l'évolution de la recherche industrielle des groupes français. Nous préservons cependant l'approche individuelle autant que possible, dans la mesure où, comme nous le montrons, la concentration de la R&D est entre les mains de quelques groupes dominants et ne permet pas de rendre compte de la forte hétérogénéité des stratégies d'internationalisation de groupes français.

3.1 La localisation de la R&D des groupes français à l'étranger par ses outputs

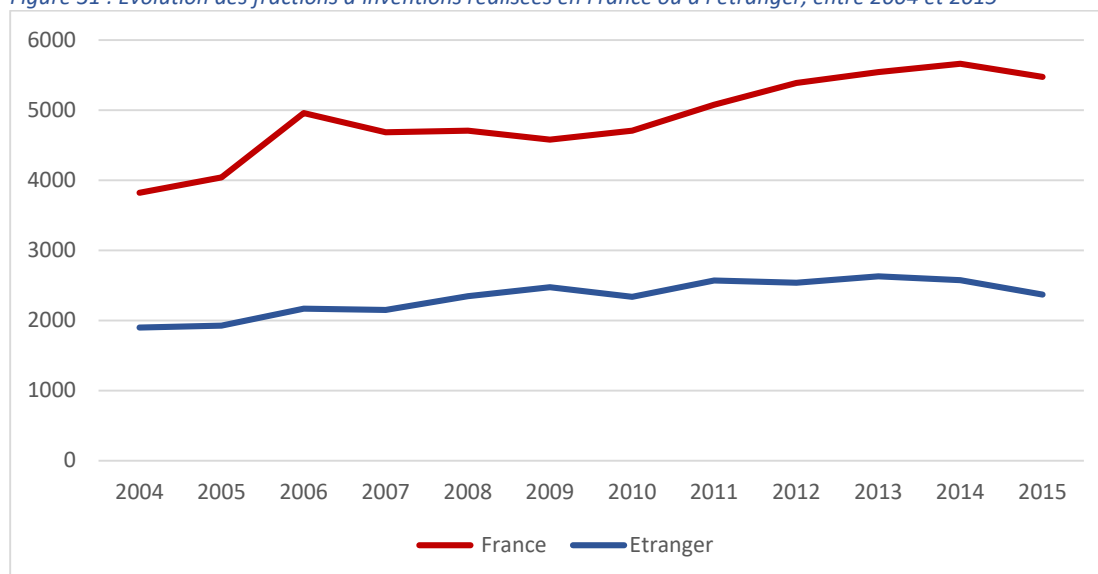
3.1.1 Les dépôts des brevets faits avec des inventeurs localisés à l'étranger

La plupart des groupes français qui investissent le plus en R&D et qui appartiennent au scoreboard 2x1000 définis dans le premier chapitre déposent des brevets. Sur les 81 groupes français examinés, 75 déposent au moins un brevet ou contribuent au moins à une invention dont la protection est recherchée sur la période 2004-2015. Sur cette période 87 434 inventions ont été déposées, entièrement ou en partie par les groupes français. Ces inventions sont identifiées à partir des familles de brevets, qui regroupent quelques 145 091 brevets déposés dans le monde par différentes voies.

En douze années, le nombre d'inventions déposées est passé de 5 726 inventions annuelles à 7 830, marquant un nombre d'inventions supérieur et/ou une plus grande propension des groupes français à protéger leurs DPI (Droits de Propriété Intellectuelle). Les courbes marquant l'évolution sur la période (Figure 31, page 88) montrent une progression rapide du nombre d'inventions déposées entre 2004 et 2006, puis une progression plus lente par la suite. La croissance rapide est due non pas à l'acquisition par Sanofi-Synthelabo de Aventis qui a eu lieu en 2004 mais bien à la rapide croissance durant cette période du nombre de dépôts effectués par l'industrie automobile (PSA, Renault et Valeo) et aéronautique (Airbus). La croissance du nombre d'inventions repose surtout sur l'augmentation du nombre d'inventions ou de la propension à breveter les inventions faites en France, comme le montre la courbe du haut de la Figure 31 : le nombre d'inventions réalisées tout ou en partie à l'étranger

progresses sur la période, mais le poids des inventions réalisées par des inventeurs situés à l'étranger progresse plus lentement que le nombre d'inventions réalisées par des inventeurs localisés en France. Cela aboutit à une légère baisse du poids relatif des inventions des groupes français faites à l'étranger totalement ou en partie seulement³⁴ à partir de 2012 (Figure 31, page 88).

Figure 31 : Évolution des fractions d'inventions réalisées en France ou à l'étranger, entre 2004 et 2015



Note : compte fractionnaire. Chaque inventeur ne compte que pour la fraction qu'il représente au sein de l'invention déposée. Si l'invention a été réalisée par trois inventeurs, dont deux ont une adresse française, on comptera dès lors 0.66 inventions pour la France et 0.33 pour le pays étranger de domiciliation du troisième inventeur. Les co-inventeurs sont aussi pris en compte : si une co-invention invention est faite par 4 inventeurs, dont deux localisés en France pour le déposant français et dont 2 inventeurs sont domiciliés aux Pays Bas dans une filiale américaine, on comptera alors 0.5 invention pour la France et 0.5 invention faite aux Pays-Bas.

La Figure 32, page 89 retrace l'évolution du nombre d'inventions réalisées en partie ou entièrement par des chercheurs localisés dans des pays étrangers. Les inventions des groupes français reposent donc surtout sur des centres de R&D localisés en Europe avec un rôle prépondérant de l'Allemagne qui devance la Grande-Bretagne, l'Espagne et le Benelux. Les États-Unis ne sont cependant pas loin de l'Allemagne comme lieu de production de connaissance. Une analyse en évolution marque la croissance des inventions faites en partie ou totalement à l'étranger. La croissance s'est faite surtout à travers les différents pays européens, mais aussi d'autres pays du monde. On trouve un rôle croissant pour les BRICS, principalement pour la Chine. Les nombreuses co-inventions réalisées avec les entités situées aux États-Unis restent plutôt stables. L'internationalisation croissante des inventions des groupes français ne passe donc pas par une « américanisation » des centres de recherche, selon cet indicateur.

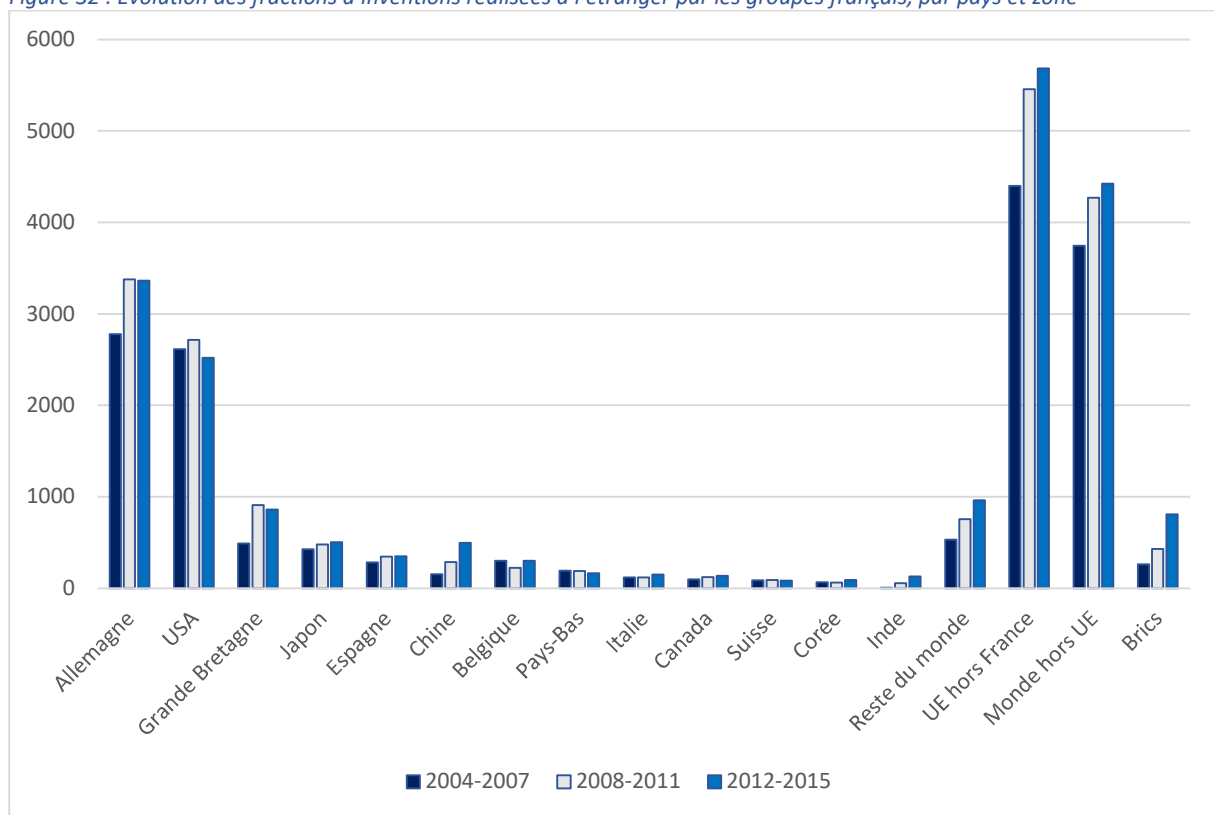
Rappelons ici que nous n'avons pas les moyens de distinguer les affiliations des inventeurs lorsque le brevet est co-déposé, et donc potentiellement co-inventé par des groupes différents. L'analyse des co-dépôts montre qu'environ 19 650 inventions ont été co-déposées sur la période, soit un peu moins du quart des inventions qui donnent lieu *a priori* à des co-inventions de la part des groupes français. Cette

³⁴ 995 familles sur les 87 101 familles de brevet sont sans le moindre inventeur localisé. Ces inventions représentaient 4% en 2015. La localisation s'améliore à partir de 2008 à 1%, puis 0.1% en 2015. Cela biaise vers le haut la progression du nombre d'inventions comptabilisées. En fin de période, l'identification de la localisation des inventeurs habitant en France pourrait aussi être plus facile que celle des inventeurs habitant à l'étranger, la remontée de l'information sur les dépôts faits dans les offices étrangers prenant plus de temps. Ce dernier biais semble, lui aussi, négligeable.

proportion reste relativement stable sur la période 2004-2015. Sur cette période, on assiste à une baisse des co-dépôts entre entités étrangères, qui passent de 25% à 15% des inventions co-déposées.

Le repli sur la France est partiel, on assiste également sur la période à la montée du nombre de co-dépôts internationaux, entre au moins une entité française et, au moins une entité étrangère (du groupe ou non). Une analyse des co-dépôts par pays montre une baisse des co-dépôts avec les entités de tous les pays sauf avec celles de Suisse ou de Chine. La chute est particulièrement marquée pour l'Allemagne, qui divise les co-dépôts par 3 entre 2004-2007 et 2012-2015. La chute est essentiellement due à la baisse des co-dépôts d'Airbus, aussi bien entre la France et l'Allemagne que des co-dépôts entre la filiale allemande de Airbus et d'autres entités. Nous n'insistons pas sur ces stratégies de co-dépôts, dans la mesure où ces derniers ne permettent pas de distinguer clairement parmi les co-déposants étrangers ceux qui appartiennent ou non à des groupes français et donc de savoir si l'innovation réalisée à l'étranger a été produite par un groupe français ou non.

Figure 32 : Évolution des fractions d'inventions réalisées à l'étranger par les groupes français, par pays et zone



Note : compte fractionnaire, chaque inventeur ne compte que pour la fraction qu'il représente au sein de la famille de brevet. Si le brevet a été co-inventé par 3 inventeurs dont deux sont localisés en France, dès lors, on comptera 0.66 invention pour la France et 0.33 pour la filiale étrangère en Espagne où est localisé le troisième inventeur. Ici, ces 0.33 sont comptés pour l'Espagne.

Seuls les co-inventeurs des groupes français sont comptabilisés. Cependant, il est difficile d'identifier la présence de co-inventeurs qui n'appartiennent pas au groupe. Ainsi un co-inventeur du CNRS ou du MIT sera comptabilisé pour la firme dans sa partie d'invention française ou américaine. « Reste du Monde » est le nombre total d'inventions publiées moins les parts faites dans les pays listés à gauche (De l'Allemagne à l'Inde) ; Le « Monde hors UE » retranche le nombre d'inventions faites en Europe aux inventions faites en dehors de France.

Tableau 20 : Évolution de la répartition des inventions des groupes français, par lieux de production et par période

	2004-2007			2008-2011			2012-2015		
	(1) Étranger	(2) International	(3)= (1)+(2)	(4) Étranger	(5) International	(6)= (4)+(5)	(7) Étranger	(8) International	(9)= (7)+(8)
PSA	0	2	2	1	1	2	2	3	5
Airbus	60	2	62	59	3	62	58	4	61
Valeo	35	4	39	33	4	38	25	4	29
L'Oreal	9	8	17	12	4	17	20	6	26
Renault	4	2	6	20	5	25	7	1	9
Technicolor	59	13	72	63	8	71	47	6	53
Thales	10	2	12	11	2	13	7	2	10
Orange	10	6	16	16	7	22	14	4	18
Sanofi	46	29	74	66	16	81	84	9	94
Saint Gobain	42	16	58	45	17	62	51	15	66
Michelin	24	13	37	26	8	34	23	6	29
Air Liquide	30	16	46	28	16	43	27	12	39
Schneider	65	2	67	60	3	64	54	3	58
Total	50	15	65	52	15	68	45	11	56
Safran	8	5	13	11	2	14	12	2	14
Arkema	22	15	38	16	19	35	17	13	31
Seb	5	1	6	4	1	5	2	3	5
Essilor	24	11	34	21	6	28	27	10	37
Nexans	54	15	69	68	8	76	55	13	68
Burelle	22	17	39	25	17	41	29	14	42
Legrand	30	2	32	17	5	21	12	2	13
CGG	23	6	30	23	11	34	18	19	36
Danone	55	11	66	63	18	81	59	18	77
Areva	56	7	63	61	4	65	64	1	65
Alstom	26	6	31	25	8	33	30	7	36
EDF	4	11	15	1	11	13	1	7	8
Vinci	36	6	43	14	3	17	29	6	36
Servier	3	22	25	9	24	32	3	57	60
BioMérieux	16	13	28	29	16	45	18	11	28
Ingenico	12	5	17	5	1	6	41	1	42
Neopost	51	4	55	53	1	54	42	4	45
Veolia	32	14	46	28	13	41	37	12	49
Bouygues	11	7	17	11	9	20	28	6	34
Vallourec	55	17	72	53	15	67	40	25	65
Dassault Systemes	7	3	10	26	6	32	37	8	44
Bic	52	17	69	64	9	73	60	1	61
Gemalto	16	8	24	42	14	56	84	5	89
Technip	44	9	53	33	20	53	40	12	51
Fives	24	3	27	43	2	45	41	2	43
Suez	18	7	24	6	7	13	8	0	8
Dassault Aviation	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Ipsen	59	16	75	81	12	92	76	18	94
Tarkett	77	12	88	95	2	98	98	0	98
Parrot	13	9	22	3	0	3	9	5	14
Mgi Coutier	37	2	39	41	2	44	43	5	48
Vilmorin	50	17	67	48	9	58	50	15	65
Autres groupes*	32	10	42	18	11	29	17	10	27
Ensemble	28	8	36	31	6	37	29	6	34

Note : Les groupes sont classés par nombre décroissant d'invention. * : les autres groupes sont ceux avec moins de 100 brevets entre 2004 et 2015 : par ordre décroissant : Guerbet, Engie, Faiveley, Radiall, Eramet, Manitou, Ab Science, Latécoère, Dior, DBV, Actia, Akka Technologies, Saft, Ubisoft, Sncf, Zodiac, Gfi, ADP, Axway, Bollere, Capgemini, Vivendi, Auchan, Edenred, Accor, Cegedim, Criteo, Esigroup. Les inventeurs des co-déposants sont inclus dans le comptage de fraction d'inventeurs : ces inventeurs peuvent être localisés en France ou à l'étranger.

Une analyse des familles de brevets va nous permettre de distinguer de manière plus précise les inventions qui ont été réalisées uniquement par des chercheurs français, celles faites uniquement par des chercheurs étrangers ou celles faites en collaboration internationale entre au moins un chercheur français et au moins un chercheur étranger (y compris avec des chercheurs qui appartiennent à des co-déposants). La répartition des inventions selon leur nature nationale, internationale ou étrangère est faite par groupe et en évolution dans Tableau 20, page 90. On retrouve ainsi en troisième période la baisse des inventions avec participation étrangère. Cette diminution est surtout due à la baisse des inventions entièrement réalisées à l'étranger, dans la mesure où les coopérations internationales avec un centre de R&D restent stables à 6% entre la seconde et la troisième période.

Une analyse en ligne montre une hétérogénéité importante : de grands groupes qui déposent beaucoup, se retrouvent organisés essentiellement autour de centres de R&D français. Des groupes comme PSA, Renault, Thales, Orange, Safran, SEB, Legrand, ou des groupes qui brevètent moins tels que EDF, Suez ou Dassault Aviation reposent essentiellement sur des compétences de R&D localisées en France. Dans une moindre mesure, cette dominance nationale se retrouve dans des groupes tels que Valeo, L'Oréal, Michelin ou Arkema. Dans ces entreprises, on a une dépendance au lieu de production (dans l'automobile ou la chimie) et aux marchés nationaux (pour les groupes défense ou les services). On retrouve l'ancrage national de ces secteurs identifiés en Allemagne dans le Chapitre 1. *A contrario*, d'autres groupes français sont caractérisés par une recherche faite à l'étranger : sans surprise, on retrouve Airbus ou Sanofi dans cette catégorie, mais aussi Saint-Gobain, Schneider, Total, Nexans, Danone ou encore Areva.

Cette internationalisation peut correspondre à une « expatriation » des capacités d'invention des groupes français. C'est ici que Sanofi et Gemalto se démarquent par rapport aux autres groupes français. Ces deux firmes devancent nettement les autres groupes y compris Airbus, Schneider, Nexans, Danone, Ipsen ou Areva sur la période 2012-2015 (Colonne 9 in Tableau 20). L'évolution du nombre d'inventions réalisées entièrement à l'étranger a d'ailleurs très fortement augmenté pour Sanofi sous l'effet de l'acquisition de Genzyme en 2011. L'évolution du poids des centres de R&D à l'étranger dans les inventions des groupes français est contrastée et plus modérée avec : des croissances pour les groupes L'Oréal, Saint-Gobain, Safran, Essilor, Ingenico, Bouygues ou Dassault Systèmes ; des décroissances de la R&D à l'étranger pour Valeo, Technicolor, Arkema ou Legrand.

L'internationalisation peut toucher des centres de R&D situés en France qui opèrent des collaborations avec des centres de R&D à l'étranger. Ce mode de production de connaissances est faible et stable, voire plutôt en baisse sur la période. Ces collaborations internationales se trouvent cependant plus fréquemment utilisées chez Saint-Gobain, Arkema, Nexans, Burelle, la CGG ou Danone. Servier étant un exemple unique où l'internationalisation croissante passe essentiellement par des collaborations internationales. Ces dernières ont un rôle plus important pour des groupes comme la CGG ou Danone.

Enfin, une segmentation par zone géographique des inventeurs permet de cerner les évolutions des implantations des groupes français dans le monde, en dépassant une analyse centrée très souvent sur la R&D des groupes français aux États-Unis ou en Chine. En prenant deux périodes uniquement (2004-2009 et 2010-2015), nous pouvons cerner les zones dans lesquelles les inventions des groupes français augmentent ou diminuent, celles qui émergent ou disparaissent, celles qui restent stables ou dans lesquelles les groupes français ne sont pas présents. Le Tableau 21, page 92 retrace ces évolutions pour les principaux déposants français.

De nombreux groupes augmentent leurs inventions en France, mais aussi dans d'autres zones, suggérant que la croissance des budgets de R&D a permis de favoriser la croissance dans différentes zones en même temps. De grands groupes français restent et progressent en France, mais, en même temps, progressent aussi à l'étranger en diversifiant leurs sources de compétences en R&D : PSA, Thales, Airbus, Valeo, Michelin, Safran, Arkema ou SEB en sont les meilleurs exemples. *A contrario*, certains groupes qui faisaient déjà beaucoup de R&D à l'étranger, accroissent leur nombre d'inventions produites en France, à l'instar de groupes tels que Saint-Gobain, Schneider, Total ou Nexans.

Certains groupes présentent une décreue de leur nombre d'inventions réalisées en France et une augmentation dans d'autres zones de la planète, suggérant une substitution des localisations des capacités de R&D, et cela malgré la transformation du CIR en 2008. Des groupes comme L'Oréal, Renault, Orange, Sanofi, Burelle, Danone, Areva, Gemalto, Ipsen ou Tarkett appartiennent à cette catégorie.

Tableau 21 : Évolution du nombre d'inventions dont les inventeurs sont localisés à l'étranger, entre 2004-2009 et 2010-2015, par zone géographique, entre 2004-2009 et 2010-2015.

RS	France	Europe de l' Ouest	Amérique du Nord	Europe du Nord	Asie de l' Est	Europe du Sud	Europe de l' Est	Amérique latine	Asie de l' Ouest	Asie du Sud	Asie du Sud Est	Australie et NZ
PSA	+	+	+	-	in	+	+	+				
Airbus	+	-	-	+	+	+	+	in		+	+	out
Valéo	+	+	-	+	+	+	+	-	in	in		
L'Oréal	-	-	+	-	+	+		in	+	in	in	
Renault	-	-	-	out	-	-	+	+	+	+		
Technicolor	+	-	-	-	-	-	-		-	+	-	in
Thales	+	+	-	-	out	+		in	-		in	-
Orange	-	-	-	-	+	-	+		-			
Sanofi	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	in	+
Saint-Gobain	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	in	
Michelin	+	+	+	out	+	+	out				out	
Air liquide	+	+	+	+	+	+	-	in	out	in	-	out
Schneider	+	+	+	-	+	+	-	+		+	+	-
Total	+	+	+	+	+		-	in	+	out	+	
Safran	+	+	+	+	in					in		
Arkema	+	+	-	-	+	-	in	-	in			
SEB	+	+	-		in	in		-				
Essilor	+	+	+	-	+	-					+	
Nexans	+	+	+	+	+	-	out					-
Burelle	-	-	-	in	+		-					
Legrand	-	-	-	-	-	out	+	out				in
CGG	+	+	+	+							in	
Danone	-	+	+	+	in	+	+	in			in	
Areva	-	-	-				out					
Alstom	+	+	+	in	in	+				in		
Edf	+	+	-	in	in	in						
Vinci	+	+	-	-	+	+	+	in	in			
Servier	-	-	+	+	+	-	in					
BioMérieux	+	+	-	-	in	+						
Ingenico	+	+	-	+	+				in			
Neopost	-	-	-	-		in	in					
Veolia	+	+	+	+	-	in					out	in
Bouygues	+	+	+	out	+	out				in	+	
Vallourec	+	-	+	in	-			+				
DassaultSystèmes	+	+	+	in						in		in
Gemalto	-	-	-	-	-	in					out	
BIC	-	-	-	+	in	+						
Technip	+	+	-	-				+				in
Fives	+	+	+	+		in						
Suez	+	+	-	out								
DassaultAviation	+	+										
Ipsen	-	-	-	-	out	out						
Tarkett	-	+	+	-		in	out	in				
Parrot	+	+	out		in						out	
MgiCoutier	-	-		in		-						
Vilmorin	+	+	-	in		-			in			out

Note : 86 928.8 inventions localisées par l'adresse de l'inventeur. Compte fractionnaire incluant les co-inventeurs des co-déposants pour les groupes ayant plus de 100 brevets sur la période. Les brevets sont comptés avec un seuil de 1 brevet par zone et par période ; en dessous, le groupe est considéré comme absent de la zone. Les lignes et les colonnes sont classées de haut en bas par le nombre total d'inventions et de gauche à droite selon le volume d'inventions dans la zone pour les groupes français. Les colonnes concernant l'Afrique du Nord, l'Afrique Sub-saharienne, la Mélanésie, la Polynésie, l'Asie Centrale ont contribué à des inventions, mais les colonnes ne sont pas reproduites. Les Caraïbes sont incluses dans l'Amérique Latine. Out : sortie du pays entre les deux périodes ; In : entrée de la zone entre les deux périodes ; + : augmentation du nombre d'inventions, - diminution du nombre d'inventions ; = : stabilité du nombre d'inventions. Les zones pays utilisées sont définies en Annexe 9, page 147.

Ce tableau synoptique confirme que la globalisation de l'innovation des groupes français passe par une arrivée ou une localisation accrue en Asie, notamment en Asie de l'Est avec la Chine. Les stratégies des groupes français sont beaucoup plus mitigées vis-à-vis de l'Europe occidentale et du Nord. Plusieurs

de ces groupes n'investissent d'ailleurs pas en Europe de l'Ouest. Le manque d'attrait de l'Europe pour les groupes français semble renforcé par une baisse de leur présence dans les pays d'Europe du Sud. D'un poids encore limité, l'Europe de l'Est est finalement la seule zone européenne qui gagne du terrain comme lieu de réalisation de R&D pour ces groupes français.

L'évolution du poids des inventions réalisées aux États-Unis varie beaucoup entre les groupes. La variation des poids pour les groupes délaissant l'activité inventive en France montre cependant que l'attrait de l'Amérique du Nord reste limité à très peu de groupes : cela concerne seulement Sanofi, L'Oréal, Danone, Servier et Tarkett.

Dans la globalisation, l'attrait de l'Asie du Sud-Est est fréquent, avec une augmentation de la présence de la plupart des groupes français sur la période. Cependant, on assiste plus à un renforcement de la présence en R&D qu'à des « entrées » de groupes français. Peu de groupes diminuent leurs activités inventives en France et renforcent en même temps leur présence en Asie de l'Est : L'Oréal, Orange, Burelle, Danone, Servier ou BIC sont cependant dans ce cas. Le Tableau 20 montre aussi une présence croissante, même si elle est modeste, des groupes français dans le reste de l'Asie, avec un renforcement des positions ou des entrées des groupes français en Asie Occidentale et en Asie du Sud notamment. Le renforcement en Asie se fait d'ailleurs pour beaucoup de la part de groupes qui renforcent leurs positions en France, mais se désengagent aussi de l'Europe de l'Ouest. On citera ici Michelin, SEB, Essilor, Alstom ou BioMérieux.

Enfin, certains groupent diminuent leur activité aussi bien en France qu'à l'étranger : des replis sont identifiés pour des groupes tels que Renault, Orange, Legrand, Areva ou Neopost (Quadiant désormais).

À retenir

- Le nombre d'inventions faites en France déposées au milieu des années 2000 progresse rapidement, sous l'influence de l'automobile et l'aéronautique. La croissance est ensuite beaucoup plus faible,
- On assiste cependant à une baisse relative du poids des inventions faites à l'étranger,
- Les co-inventions internationales restent stables et rarement utilisées,
- Des grands groupes aux inventions essentiellement faites en France (dans l'automobile, les TICs et les services) côtoient des multinationales hétérogènes aux inventions plus faites à l'étranger (Sanofi mais aussi Saint-Gobain, Schneider, Total, Nexans, Danone ou Areva),
- Les inventions réalisées par les groupes français à l'étranger reposent surtout sur les pays de l'Europe de l'Ouest et notamment sur l'Allemagne, qui devance les États-Unis,
- Les inventions par les groupes français croissent en Chine mais restent limitées en nombre,
- S'il y a un basculement de la R&D vers les États-Unis, les données de dépôts de brevets suggèrent que celui-ci est un processus lent et qu'il ne concerne que très peu de groupes français en 2004 et 2015 (Sanofi, L'Oréal, Danone Servier ou Tarkett),
- La même remarque est valable en ce qui concerne la Chine, mais avec des volumes plus faibles d'inventions, notamment réalisées par des groupes tels que L'Oréal, Danone et Servier, Orange, Burelle ou BIC.

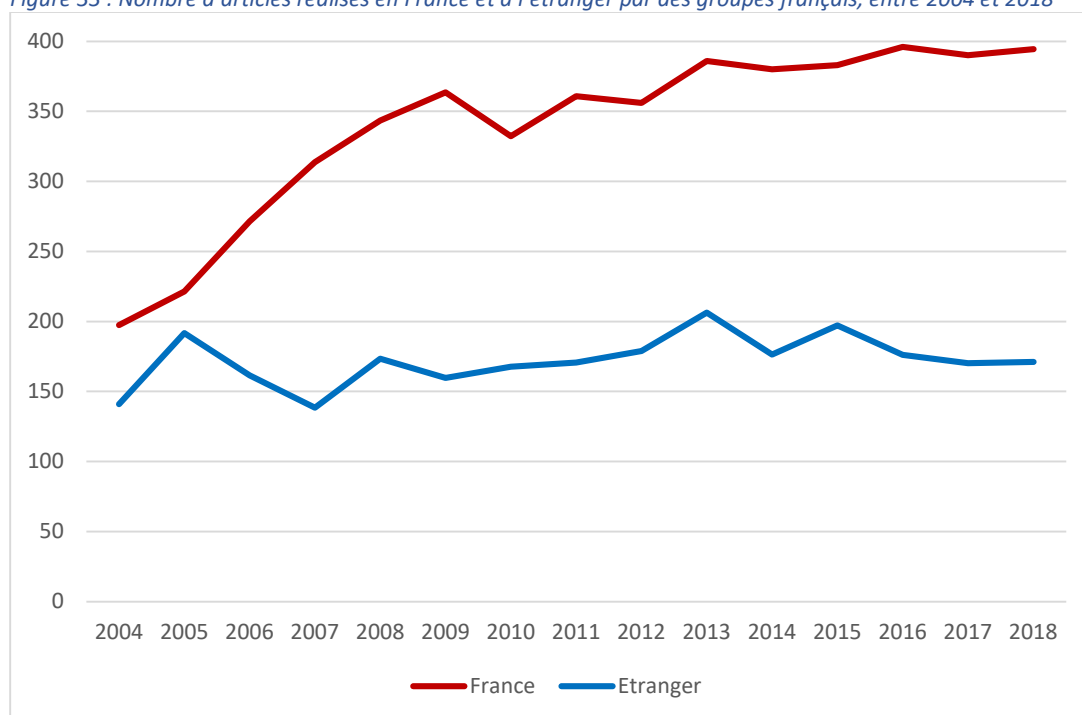
3.1.2 Les publications à l'étranger

Sur les 81 groupes français de notre échantillon du scoreboard, 44 ont fait au moins une publication académique entre 2004 et 2018. Les auteurs affiliés à des groupes français ont participé à 27 119 articles. Le comptage des fractions d'auteurs montre que ces articles équivalent environ 7 670 articles entiers (compte tenu du compte fractionnaire des co-publications). On assiste sur la période à une

croissance de ces publications avec 344 articles en 2004 pour atteindre 567 en 2018³⁵. La croissance du nombre de publications par des chercheurs localisés en France a été plus vive en France que pour les chercheurs des groupes localisés à l'étranger. Le nombre d'articles publiés par les filiales françaises à l'étranger baisse, après une remontée entre 2007 et 2013, pour rester en dessous de 200 articles par an.

Le groupe qui publie les plus d'articles est comme prévu Sanofi, qui totalise plus de 1 115 publications (en compte fractionnaire). Toutefois, EDF et Airbus ne sont pas loin, avec des participations aux publications académiques qui atteignent respectivement 1 003 et 770 articles. Si EDF ne fait pas partie des plus grands budgets de R&D, nous retrouvons quand même la plupart des leaders français du Tableau 20, page 90, comme publiant. Areva ou Air Liquide appartiennent avec EDF aux entreprises qui publient relativement plus que les autres. *A contrario*, des groupes tels que Michelin, Valeo, Schneider ou même L'Oréal publient relativement moins que ne le laisseraient supposer leurs investissements en R&D.

Figure 33 : Nombre d'articles réalisés en France et à l'étranger par des groupes français, entre 2004 et 2018



Note : compte fractionnaire, chaque auteur ne compte que pour la fraction qu'il représente au sein de l'article publié. Si l'article a été publié avec 3 auteurs dont deux ont une affiliation française, on comptera dès lors 0.66 article pour la France et 0.33 pour la filiale étrangère. Seuls les auteurs des groupes sont comptabilisés : un quatrième auteur affilié au CNRS ou au MIT ne changera pas la statistique.

L'évolution du nombre de publications par groupe est plus volatile que les efforts de dépenses de R&D : de nombreux groupes ont accru leur nombre de publications entre 2004 et 2013 pour cependant réduire ce nombre ensuite (e.g. Airbus, Thales, Orange, Alstom, Servier, Renault ou PSA). Très peu de groupes ont maintenu l'effort sur toute la période (comme EDF, Total, Areva, Safran, Danone, Valeo,

³⁵ Pour 385 articles, certains auteurs n'ont pas pu être affectés à une affiliation clairement définie du point de vue géographique. Sur ces 385 articles, 113 n'ont aucune affiliation géographique identifiée pour leur(s) auteur(s). Les statistiques sont faites sur les auteurs relocalisés : une partie ou la totalité des auteurs des 385 articles sont donc ignorés sur les 27 119 articles.

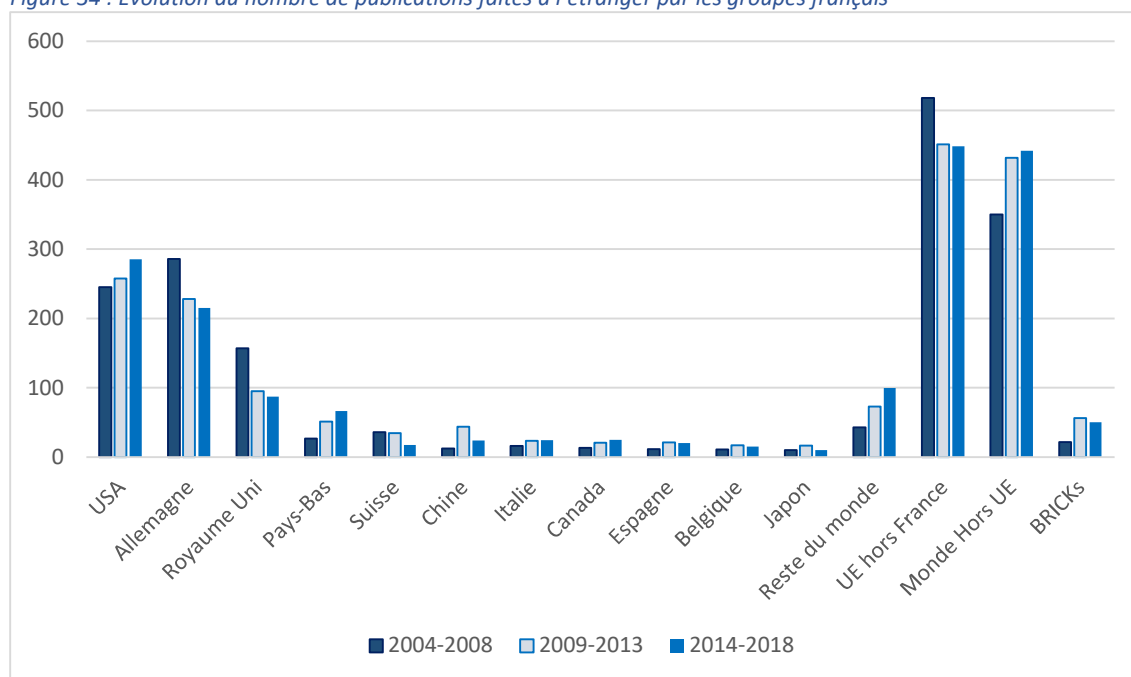
Suez ou la CGG). Sanofi, tout comme Air Liquide, BioMérieux, Ipsen ou Schneider, a diminué son nombre de publications avant de les augmenter à partir de 2013.

Comme pour les investissements de R&D, les publications par les groupes français sont très concentrées. Les cinq premiers groupes français publiants totalisent 52% des publications, les 12 premiers 75% des publications faites par les groupes français recensés. Comme pour les brevets, quelques groupes influencent fortement les évolutions nationales. Une analyse des moyennes ou des agrégats ne va donc pas être suffisante pour rendre compte de l'hétérogénéité des situations des groupes publiants.

Si le nombre de publications a continué de croître, comme le suggère la Figure 33, page 94, leur degré d'internationalisation est à l'inverse décroissant. Ce qui contraste avec le constat d'internationalisation de la R&D des groupes français. Alors que les auteurs menant leurs recherches dans les groupes français situés à l'étranger contribuaient pour 38,7% des publications des groupes dans les années 2004-2008, le taux chute à 32,9 % puis à 31,4% pour les périodes 2009-2013 et 2014-2018 respectivement.

Les publications d'auteurs localisés aux États-Unis représentent 30% des 2 642 publications faites à l'étranger, soit 2% de plus que celles d'auteurs localisés en Allemagne (Figure 34). Ces deux pays devançant le Royaume-Uni ou les Pays-Bas qui représentent respectivement 13% et 5% des auteurs localisés à l'étranger. La Suisse et la Chine arrivent ensuite avec 3%, devançant d'autres pays de l'UE tels que l'Italie, l'Espagne ou la Belgique.

Figure 34 : Évolution du nombre de publications faites à l'étranger par les groupes français



Note : compte fractionnaire, chaque auteur ne compte que pour la fraction qu'il représente au sein de l'article publié. Si l'article a été publié avec 3 auteurs dont deux ont une affiliation française, on comptera dès lors 0.66 article pour la France et 0.33 pour la filiale étrangère.

Seuls les auteurs des groupes sont comptabilisés : un quatrième auteur affilié au CNRS ou au MIT ne changera pas la statistique. « Reste du Monde » est le nombre total d'articles publiés moins les parts faites dans les pays listés à gauche (Des USA au Japon) ; Le Monde hors UE retranche le nombre de papiers faits en Europe aux articles faits en dehors de France.

Au niveau agrégé, une analyse de l'évolution par pays souligne une croissance des publications aux États-Unis ou aux Pays-Bas, deux pays qui se caractérisent par leur excellence académique. En revanche, on enregistre sur la même période une baisse nette des articles publiés par des auteurs

localisés en Allemagne, au Royaume-Uni ou même en Suisse (Figure 34). Les données agrégées montrent donc que les groupes français développent moins leurs recherches académiques en Europe (dans l'UE, mais aussi en Suisse) au profit du reste du monde. Ce mouvement a débuté dans les années 2000, s'est ensuite ralenti, y compris pour les publications localisées dans les BRICS, qui restent à 6% des publications étrangères à la fin des années 2010. La Chine occupe un poids prépondérant dans ces BRICS, mais la baisse sur la dernière période reflète moins de travaux des groupes français dans ce pays. Le poids croissant des États-Unis émerge surtout après la crise de 2009-2010. Une fois encore, ces mouvements reposent sur des stratégies industrielles dans lesquelles des stratégies de divulgation et des stratégies académiques se croisent.

L'analyse des collaborations intragroupes entre co-auteurs nous permet de mieux cerner la baisse de l'internationalisation des publications faites par les groupes français. On s'intéresse ici non plus le poids des différentes localisations des auteurs d'un groupe mais, plutôt dans quelle mesure les différents auteurs d'un article vont appartenir à des laboratoires français, des laboratoires étrangers ou encore à une association entre laboratoires français et étrangers du groupe.

Sur l'ensemble des groupes publiants, 41% des publications des groupes impliquent au moins un co-auteur étranger. Toutefois, une analyse en évolution confirme bien que la part des articles intégrant au moins un auteur localisé à l'étranger baisse, passant de 45% au milieu des années 2000 pour atteindre seulement 38% dans la seconde moitié des années 2010 (voir Tableau 22, page 97).

Afin de mieux caractériser ce repli relatif, nous distinguons dans les articles écrits en collaborations, ceux qui donnent lieu à des collaborations internationales ou ceux qui restent nationaux. La présence à l'étranger est l'occasion pour les groupes français de publier des articles dont les chercheurs localisés à l'étranger sont les auteurs (26% des cas) ou encore de publier en collaboration entre les chercheurs français du groupe et les chercheurs à l'étranger du même groupe. Ces articles, en collaboration internationale, représentent seulement 16% des publications, ce qui pourrait traduire le rôle dissuasif de la distance dans les échanges entre chercheurs, problème qui sera évoqué dans le chapitre suivant. En d'autres termes, l'internationalisation croissante des activités de la R&D entraîne sa localisation à l'étranger mais n'implique pas, en moyenne, une intensification des liens intra-groupes en termes de R&D.

L'analyse en évolution de ces articles publiés en collaboration intra-groupe montre que la baisse des publications étrangères vient du nombre de publications purement étrangères qui passe de 27% à 24% entre les périodes 2004-2008 et 2014-2018. De même, comme le montre le Tableau 22, les collaborations internationales intra-groupes baissent aussi, entre ces mêmes périodes (de 18% à 14%). Le repli sur la France pour des travaux académiques, mesurés par des publications, a été particulièrement élevé entre les années 2004-2008 et 2009-2013. Ce mouvement semble se ralentir par la suite.

De grandes différences existent entre les groupes français. Certains groupes s'appuient sur des ressources essentiellement internationales pour publier (e.g. Sanofi, Airbus, Alstom, Air Liquide, la CGG, Dassault Systèmes ou encore Ipsen). D'autres sont ancrés essentiellement au niveau local, en France, à l'instar d'Orange, Safran, Renault, PSA, Servier, Arkema, ou la SNCF. Certains groupes comme Airbus, la CGG ou encore Danone publient essentiellement grâce à leurs chercheurs localisés à l'étranger. D'autres encore, se reposent davantage sur des collaborations entre des chercheurs situés en France et leurs chercheurs situés à l'étranger : Sanofi, Total, Alstom, Air Liquide, Ipsen ou Dassault Systèmes font partis de ces entreprises au sein desquelles les liens internationaux entre chercheurs sont les plus denses.

Les évolutions structurelles, l'évolution des opportunités de publications et de changements de stratégies de divulgation déterminent des replis sur la France au cours du temps : EDF, Airbus, Total, Orange, Renault, Saint-Gobain, Areva, ou Arkema en sont les exemples. Seules quelques firmes ne suivent pas la tendance générale au repli sur la France et accroissent plutôt leur présence internationale à travers les publications : on citera ici Sanofi, BioMérieux, Danone ou Veolia.

Tableau 22 : Types de publications avec au moins un auteur du groupe localisés à l'étranger, par période

Groupes	2004-2008			2009-2013			2014-2018		
	(1) Étranger	(2) International	(3)= (1)+(2)	(4) Étranger	(5) International	(6)= (4)+(5)	(7) Étranger	(8) International	(9)= (7)+(8)
Sanofi	41	22	63	47	19	66	43	31	74
EDF	38	11	48	0	8	8	0	4	5
Airbus	52	20	72	54	10	64	54	7	62
Thales	20	8	28	24	7	31	21	7	29
Total	22	32	54	24	21	44	14	13	27
Orange	9	9	19	14	9	23	2	5	7
Alstom	51	41	92	50	38	88	65	25	90
Areva	28	17	45	26	18	44	26	15	41
Servier	0	8	8	2	10	12	0	10	10
Safran	1	5	6	2	7	9	3	4	7
Air Liquide	28	33	61	28	23	52	33	21	54
Renault	2	7	8	1	10	10	0	4	4
Saint-Gobain	2	28	30	0	14	14	0	8	8
BioMérieux	8	9	18	20	25	45	25	12	37
Danone	30	4	34	60	9	68	77	7	84
CGG	69	21	91	66	13	80	70	19	89
PSA	0	6	6	0	6	6	0	4	4
L'Oréal	1	9	10	3	28	31	3	32	35
Arkema	9	24	33	3	26	29	4	10	14
Ipsen	48	21	69	44	22	66	34	27	60
Veolia	0	13	13	0	18	18	0	28	28
Suez	0	30	30	0	17	17	0	20	20
Dassault Systèmes	22	26	48	39	35	74	61	24	85
SNCF	0	12	12	0	10	10	0	9	9
Schneider	5	41	45	0	27	27	22	21	43
Valeo	28	10	38	24	14	37	27	6	33
ESI	37	27	64	60	22	83	25	43	68
Michelin	0	43	43	0	19	19	0	10	10
Engie				0	18	18	0	18	18
Capgemini	50	51	101	82	12	94	21	50	70
Saft	18	19	38	5	37	41	14	19	34
Dassault Aviation	0	14	14	0	0	0	0	24	24
Bouygues	0	10	10	0	3	3	0	0	0
Guerbet	0	0	0	0	4	4	0	15	15
Eramet	8	3	10	34	17	52	2	4	6
Gemalto	34	0	34	52	0	52	36	20	56
SopraSteria	56	0	56	50	0	50	56	12	68
Vinci	0	23	23	0	20	20	0	0	0
Zodiac				62	0	62	18	5	23
DBV				0	59	59	0	21	21
Dior	0	40	40	100	0	100	0	0	0
CNP	0	0	0						
Accor							63	0	63
Total	27	18	45	25	15	40	24	14	38

Note : les pourcentages sont calculés avec le nombre total d'auteurs, en compte fractionnaire. Les groupes sont classés par nombre de publications décroissant sur la période 2004-2018. 63% des articles de Sanofi publiés sur la période 2004-2008 intègrent au moins un auteur basé à l'étranger (3) avec 41% réalisés entièrement à l'étranger, y compris les collaborations entre auteurs de filiales étrangères situés dans différents pays, et 22% en collaboration internationale entre au moins un chercheur en France et au moins un chercheur du groupe localisé à l'étranger.

Le repli sur la France s'exprime surtout à travers la baisse du nombre relatif de publications faites à l'étranger. Les interactions internationales intragroupes ont aussi mécaniquement chuté, suite à des modifications de périmètre des groupes (e.g. EDF), mais elles semblent mieux résister sur la période. Certains groupes accroissent même la part relative des interactions internationales au sein de leur groupe : Sanofi, BioMérieux ou Danone en sont les exemples (voir Tableau 22).

Tableau 23 : Évolution du nombre de publications avec les chercheurs du groupe localisé à l'étranger, par zone géographique entre 2004-2009 et 2010-2015.

RS \ Zone	France	Europe de l' Ouest	Amérique du Nord	Europe du Nord	Asie de l' Est	Europe du Sud	Asie du Sud Est	Asie du Sud	Australie & NZ	Europe de l' Est	Amérique latine
Sanofi	+	+	+	+	-	+	+	-		+	+
EDF	+	+		out							
Airbus	+	+	+	+		+	+	in		-	
Thales	+	+	+	+		+	+		-	-	
Total	+	+	-	-	+			+	+		+
Orange	-	-	-	-	+						
Alstom	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+
Areva	+	+	+	+	+	-			+		
Servier	-	-							+		
Renault	-	-			-						
Air Liquide	+	-	-		+	-		in			
Saint-Gobain	+	+	-								
BioMérieux	-	-	+		+						
Safran	+	+	in			in					
CGG	+	+	-	+			+		in		+
L'Oréal	-	-	+		in						
Danone	-	+		+			in				
PSA	+	+									
Veolia	+	+	+								
Arkema	+	-	-		+			-			
Ipsen	+	-	+	-	-	-					
Suez	-	-									
SNCF	+	+									
Dassault Systèmes	+	+	+	in				in			
Schneider	+	+	-								
Valeo	+	+		+	-						
Michelin	+	+									
ESI	-	-	-	-	+	+				in	
CapGemini	+	-	-								
Engie	+	+									
Dassault Aviation	-	-									
Saft	-	=	-								
Bouygues	-	-									
Guerbet	-	-									
Eramet	-	-		+							
Gemalto	-	-	-								
SopraSteria	-	-				=					
Vinci	+	+									
DBV	+	+									
Zodiac	-	in	in								
CNP	-	out									

Note : 5971.8 publications avec au moins un article du groupe localisé dans la zone à l'étranger. Si le nombre d'articles dans la zone est inférieur à 1, alors le groupe est considéré comme absent de la zone. Compte fractionnaire. Les lignes et les colonnes sont classées de haut en bas par le nombre de publications équivalent auteur étranger et de gauche à droite selon le volume de publications dans la zone pour les groupes français. Les colonnes à droite, pour les publications les moins nombreuses, des zones Afrique subsahariennes et du Nord et, Asie de l'Ouest et Centrale ne sont pas fournies. Out : sortie de la zone entre les deux périodes ; In : entrée de la zone entre les deux périodes ; + : augmentation du nombre de publications, - diminution du nombre de publications ; = : stabilité du nombre de publications.

Les zones pays utilisées sont définies en Annexe 9, page 147.

Il est donc intéressant de noter que les investissements en R&D croissants à l'étranger n'ont pas entraîné une « délocalisation » de la production académique à l'étranger. La France reste pour ses groupes le cœur de la production de connaissances de nature académique. Les filiales à l'étranger jouent de moins en moins ce rôle et interagissent aussi de moins en moins avec les autres entités du groupe basées en France.

Pour autant, le rôle du CIR ne semble pas incongru, mais limité dans cette évolution des publications. Comme le soulignera le chapitre suivant, le rôle du CIR apparaît surtout ici en complément d'un dispositif de bourses CIFRE (Conventions Industrielles de Formation par la Recherche) qui permet aux entreprises d'accueillir des thésards au sein de leurs départements de R&D et qui soutiennent les publications des laboratoires industriels situés en France, alors que les laboratoires étrangers du groupe ne bénéficient pas de ce mécanisme particulier de CIFRE. La stagnation relative de la réalisation de R&D académique à l'étranger par les groupes semble donc reposer sur l'évolution du nombre de bourses CIFRE sur la période, celles-ci croissant de 1000 à 1400 bourses environ entre 2004 et 2016. Cependant, le fait que les publications académiques supplémentaires ne soient pas faites en relation avec les laboratoires étrangers du groupe suggère, en creux, que les boursiers CIFRE sont intégrés uniquement par le niveau national du groupe. Des approfondissements seraient toutefois nécessaires à pour approfondir l'analyse.

Afin de mieux cerner l'évolution du nombre de publications avec au moins un chercheur du groupe situé à l'étranger, nous comparons le nombre de publications entre les périodes 2004-2009 et 2010-2015. Cette réduction du nombre de périodes nous permet de synthétiser l'information et d'assurer la comparabilité avec les données brevets, vues ci-dessus. Le Tableau 27, page 131, montre de manière simple les entrées et hausses, baisses et sorties, ainsi que les augmentations ou diminutions du nombre de publications par zones géographiques.

Les entreprises qui opèrent un élargissement géographique de leurs publications sont les groupes Sanofi, Airbus, Safran, la CGG, Veolia, Dassault Systèmes ou même Schneider ; un tel mouvement se produit aussi, mais dans une moindre mesure, pour des groupes tels qu'Alstom ou Areva. *A contrario*, d'autres groupes comme EDF, Orange, Renault, Gemalto ou même Air Liquide opèrent plutôt une réduction de leur couverture internationale.

Une lecture verticale des données individuelles du Tableau 23, page 98, souligne que le repli relatif des publications sur la France s'est accompagné d'une croissance des travaux de R&D en vue de publications faites dans l'Europe de l'Ouest et, sans surprise, en Asie avec l'Asie de l'Est, mais aussi l'Asie du Sud-Est (e.g. Singapour). Les entrées sont nombreuses en Europe de l'Est³⁶, en Australie et en Nouvelle-Zélande qui sont des lieux nouveaux de production pour les chercheurs de nombreux groupes français, mais dont le poids en termes de production scientifique reste modeste. Aucun groupe ne cesse de faire de la R&D en Europe de l'Ouest, qui reste centrale dans la présence à l'étranger des groupes français.

Le cas de l'Amérique du Nord est intéressant, car cette zone est un lieu privilégié de production avec plus de la moitié des groupes français publiants implantés outre-Atlantique. Mais cette zone ne donne pas lieu à des entrées comme on pouvait le penser : seuls Safran, Suez ou même Zodiac concrétisent une production académique nouvelle outre-Atlantique. De même, aucun groupe ne se désengage de la production académique faite tout ou partie aux États-Unis, pas même les groupes qui diminuent le nombre d'articles réalisés là-bas : Total, Orange, Air Liquide, Saint-Gobain, CGG, Arkema ou Schneider. On ne remarque aussi aucune sortie de la part des groupes présents aux États-Unis et au Canada.

Globalement, les évolutions du nombre de publications en France et à l'étranger sont positivement corrélées. Quelques entreprises augmentent leurs publications en France et les diminuent à l'étranger (Air Liquide, Arkema, Ipsen, Schneider). Rares sont celles qui augmentent leurs publications à l'étranger en diminuant celles en France (Danone, Eramet, Zodiac). Les données de publications montrent donc très peu de substitution nette entre une R&D faite en France et une R&D faite à

³⁶ Cela pourrait aussi refléter les effets d'une participation des filiales localisées dans les nouveaux pays membres à des Contrats Européens de recherche (e.g. les programmes européens FP6 ou FP7).

l'étranger. Les groupes français ont cependant diversifié leurs lieux de réalisation des travaux de R&D avec un nombre bien plus important d'entrées que de sorties des zones considérées. De même, on constate plus de croissance que de diminution de publications dans les pays où ils étaient déjà présents.

À retenir

- La croissance des publications académiques par les groupes français a été plus vive en France qu'à l'étranger,
- L'essor des bourses CIFRE sur la période peut biaiser les résultats et expliquer ce poids croissant des publications menées en France,
- Les collaborations internationales baissent néanmoins particulièrement,
- Seules quelques firmes telles que Sanofi, BioMérieux, Danone ou Veolia augmentent le poids relatif de leurs articles produits à l'étranger,
- De nombreuses firmes publient avec des auteurs localisés en Europe de l'Ouest et en Amérique du Nord, avec des efforts restreints vers l'Asie,
- Les données de publications suggèrent très peu de substitution par les groupes entre leur R&D française et une R&D faite à l'étranger.

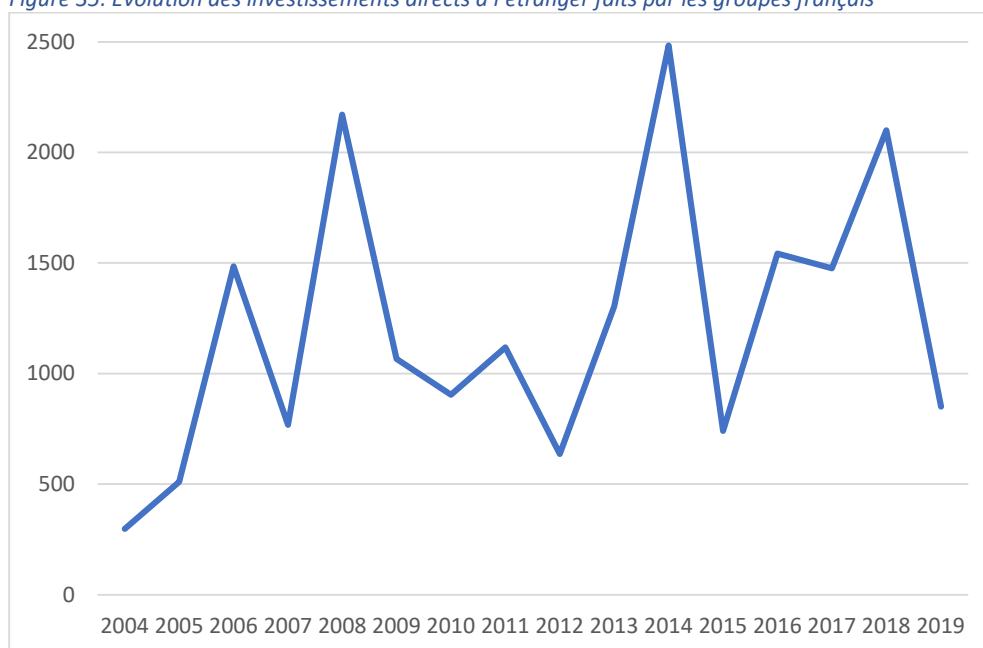
3.2 La localisation de la R&D des groupes français à l'étranger par les inputs

3.2.1 Les investissements de R&D à l'étranger

L'analyse est ici menée en utilisant les données sur les investissements directs à l'étranger (IDE) consacrés à la R&D. Ces investissements sont bien entendu plus rares et plus volatils que les autres indicateurs utilisés jusqu'à présent dans ce chapitre. Entre 2003 et 2019, 51 groupes français parmi les 81 de notre échantillon réalisent des IDE en R&D dans le monde. La Figure 35, page 101 montre une tendance croissante au cours des 20 dernières années, avec plusieurs pointes estimées à 2 milliards qui ne sont pas investis en France. Les investissements à l'étranger sont de montants variables. Alors que le secteur pharmaceutique et Sanofi monopolisent souvent le débat sur les départs à l'étranger des capacités de R&D, ce sont l'automobile et l'informatique qui sont les deux secteurs les plus concernés avec, respectivement, des entreprises comme PSA, Renault, Valeo, Alstom et Ubisoft, Gameloft, Technicolor, Orange, ou CapGemini ; le pic de 2006 étant dû à Airbus.

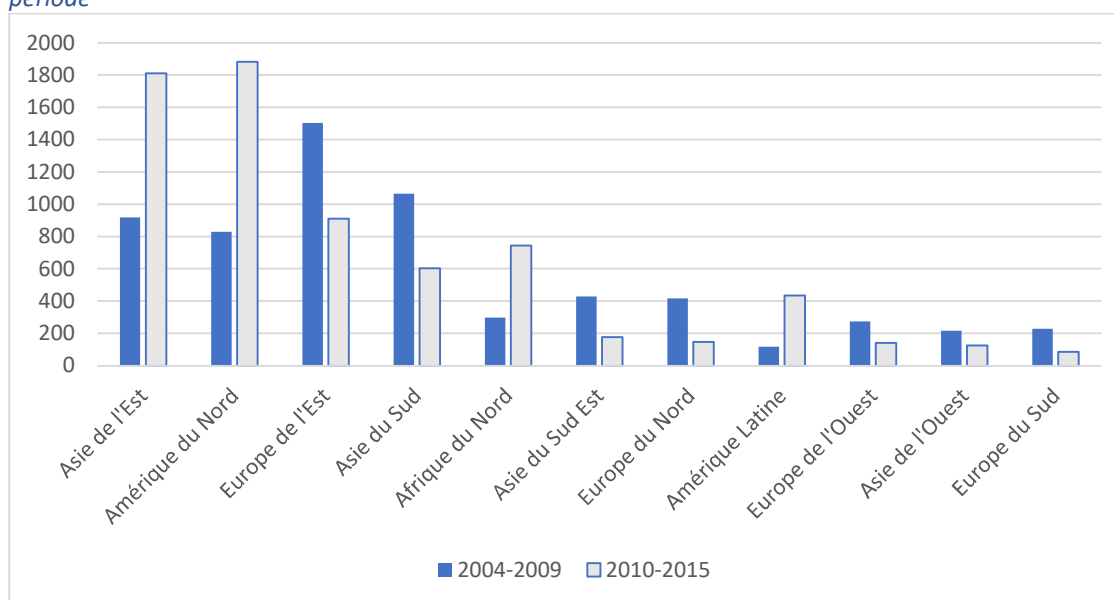
Une analyse plus précise des zones ciblées sur la période 2010-2015 de référence concerne 41 groupes français. Elle montre la primauté de l'Asie de l'Est (Figure 36, page 101) et des États-Unis. Les IDE en Asie du Sud, du Sud-Est et de l'Ouest soulignent encore que les ressources se dirigent plus vers l'Orient qu'outre-Atlantique. Le graphique montre aussi des investissements importants en Europe de l'Est et dans une moindre mesure, en Afrique du Nord. La comparaison entre les deux périodes observées montre que la sortie de crise a surtout bénéficié à l'Asie de l'Est et au premier chef à la Chine, ainsi qu'aux États-Unis, à l'Afrique du Nord ou encore à l'Amérique Latine. L'Europe de l'Est se trouve en déclin relatif, ainsi que les autres zones asiatiques qui n'ont pas su attirer autant d'IDE en seconde période. Les IDE sont donc plus discriminants que les autres indicateurs : ils soulignent ici le manque d'attractivité de l'Europe, que ce soit de l'Est, du Nord, ou du Sud. On note cependant un biais possible vers le bas : les IDE sont identifiés grâce à des documents publics et la communication de la part des groupes français est peut-être moins importante pour des investissements réalisés dans la zone Europe considérée comme la zone d'implantation de base.

Figure 35: Évolution des investissements directs à l'étranger faits par les groupes français



Note : investissements en millions de dollars courants.

Figure 36 : Évolution du montant des investissements directs à l'étranger pour R&D par les groupes français, par période



Note : investissements en millions de dollars courants. Les zones de moins de 100 millions sur l'ensemble des périodes ne sont pas représentées (Europe du Nord, Australie et Nouvelle-Zélande, Afrique subsaharienne).

Tableau 24 : Évolution des IDE en R&D par les groupes français, entre les périodes 2004-2009 et 2010-2015

RS	Asie de l' Est	Amérique du Nord	Europe de l' Est	Asie du Sud	Afrique du Nord	Asie du Sud-Est	Europe du Nord	Amérique Latine	Europe de l' Ouest	Asie de l' Ouest	Europe du Sud	Australie et NZ	Afrique sub sahar.
Renault		in	-	-			out	+					
Airbus	out	+	+	-		-	-	in	-				
PSA	+		in	+	in			-	in		in		
Ubisoft	out	-	out	out	out	out	in	out		in			
Sanofi	+	-	out	out					out		-		
Technicolor	+	+		out		out	in						
Alstom	in	in	in	-			in	in	-	in	out		
Orange	-	+			out		out	in	out	out			in
Schneider	out		in	out		+		in	in	in	-		
Gameloft		-	in				in						
Capgemini		+	+	-			-	+	out		-	in	
Thales		in	in	out		+	out	in		-		+	
Essilor	out	in				out							
Servier		in	+				out	in			+		
L'Oréal	out	in		in		in	in	-					
Valeo	+	in	in		-		in						
Areva	out	out											
Total	out			in		in			out	out			
Burelle	in		in	-									
CGG							out	in		+		in	
Safran		in	out		out			-					
Engie							out						
Air Liquide	+	out											
Saint-Gobain	-	out	in						out		in		
Vallourec		in						in	out				
Danone	out	in				in			out				
ESI	out			out	=								
Vilmorin		in							in				
EDF			in						out				
Dassault Systèmes	in				out								
Biomeéieux	out				out								
Ipsen		in											
Nexans	out								in				
Arkema	in							in					
Michelin				in									
Legrand										in			
Veolia									out				
GFI					out						out		
Somfy			in										
Vivendi							in						
Axway							in						
Faiveley							out						
Latécoère											in		
Cegedim							out						

Note : Classé de haut en bas et de gauche à droite en fonction de l'importance des IDE en R&D sur les deux périodes confondues. Aucun seuil pour le montant des IDE n'est introduit. 'Out' : sortie de la zone entre les deux périodes ; 'In' : entrée de la zone entre les deux périodes ; '+' : augmentation des IDE en R&D, '-' diminution des IDE en R&D ; '=' : stabilité des investissements en R&D. Une valeur manquante signifie qu'aucun IDE en R&D dans la zone n'a été identifié sur les deux périodes (e.g. pour Actia, Akka Technologies, etc.). Les zones pays utilisées sont définies en Annexe 9, page 147.

Si les montants des IDE R&D se dirigent essentiellement vers l'Asie de l'Est et au premier chef, en Chine, les acteurs n'opèrent que rarement des investissements réitérés dans cette zone. PSA, Sanofi, Technicolor ou Valeo sont parmi les groupes français ceux qui y maintiennent leurs efforts après 2009, alors qu'ils y avaient déjà investi dans les années 2000. Beaucoup ne font plus de R&D dans le pays (ils « sortent ») lors de la seconde période, contrastant avec le diagnostic mené sur les données agrégées. La plupart des groupes français présents en Chine via des IDE en R&D, qui ont investi dans le pays dans les années 2000 (appelé ici « entrées »), ne réalisent plus en effet de tels investissements dans les années 2010 : Airbus, Ubisoft, Schneider, Essilor, L'Oréal, Total, Areva ou encore Danone, ESI, BioMérieux, Nexans font partie de ces investisseurs précoces. Certains groupes attendent cependant les années 2010 pour faire leurs IDE de R&D en Chine avec, Alstom, Burelle, Air Liquide, ou Arkema. Enfin, le maintien au cours du temps des IDE en R&D peuvent aussi masquer une stagnation des investissements faits en Chine, notamment pour Orange ou Saint-Gobain.

La dynamique américaine des groupes français est aussi manifeste sur les IDE, plus encore que sur les autres indicateurs avec une permanence des investissements outre-Atlantique, et parfois des diminutions observées sur les montants investis entre les deux périodes (Ubisoft, Sanofi, Gameloft) (Voir Tableau 24, page 102). On a surtout de nombreuses arrivées affichées après la crise, dans les industries de transport et de santé/bien-être notamment, et finalement peu de renoncements des investisseurs (avec Areva, Air Liquide et Saint-Gobain). Les investissements importants sont en outre l'apanage d'Airbus, Ubisoft, Technicolor ou Gameloft, dépassant les montants investis par les autres groupes français, y compris Sanofi.

La localisation de capacité de R&D de Renault en Roumanie constitue, avec Dacia, l'essentiel des investissements dans la zone sur les différentes périodes, avec un poids écrasant dans les données agrégées pour l'Europe de l'Est. Le Tableau 24, page 102, propose une vision plus nuancée : on assiste certes à une baisse des montants d'investissements de Renault mais aussi, au non-renouvellement des investissements d'Ubisoft, Sanofi, ou Safran. *A contrario*, comme pour les États-Unis, de nombreux groupes français font de premiers investissements en R&D en Europe de l'Est en seconde période, avec le secteur des transports (PSA, Valeo, Alstom), ainsi que Schneider, Gameloft, Thales, Burelle ou Saint-Gobain.

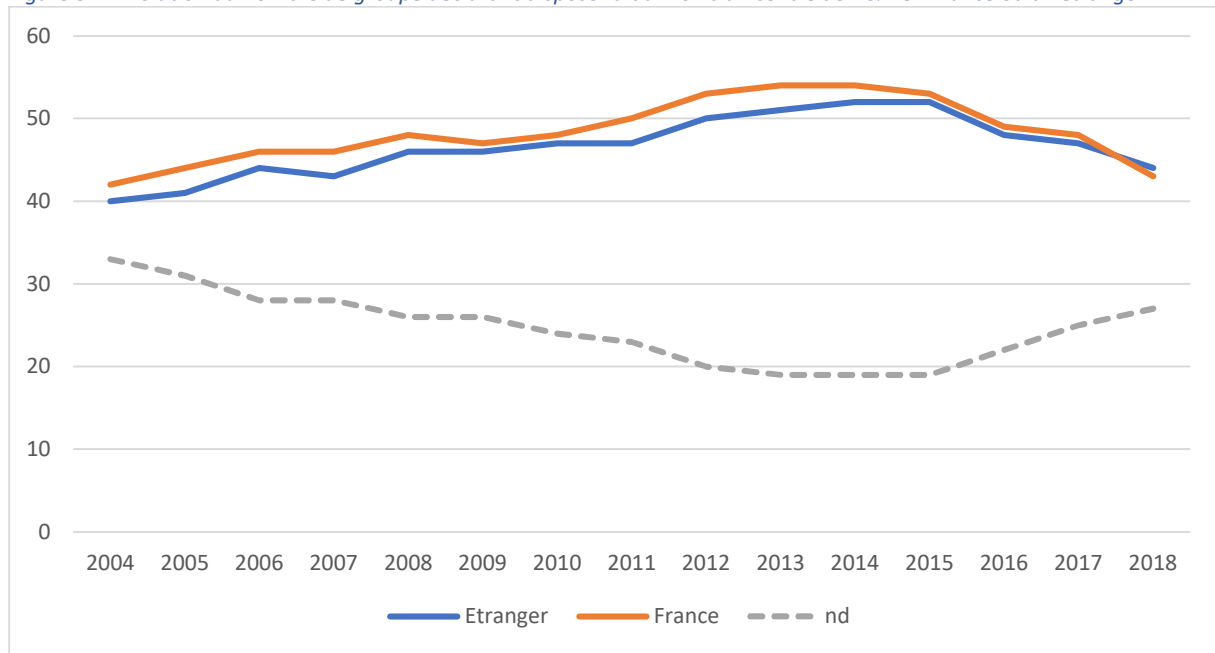
On remarque enfin que la vague tardive d'investissements en R&D en Amérique Latine, succède à celle constatée en Chine dans les années 2000.

3.1.4 Les centres de R&D à l'étranger dans les rapports d'activités

L'utilisation des données issues des rapports d'activités ne nous permet pas de brosser un portrait très précis des groupes et de l'évolution de leurs implantations. Dans 22% des cas, les rapports ne permettent pas de définir les pays où la R&D est effectuée par les groupes. L'exploration des documents de 81 groupes montre que 50 groupes déclarent au moins un centre dans un pays étranger sur la période 2004-2018. En comptant les zones géographiques, hors Europe, 55 groupes déclarent au moins une fois, sur la période 2004-2018, mener de la R&D à l'étranger.

La Figure 37 montre la croissance du nombre de groupes de notre échantillon déclarant de la R&D à l'étranger sur la période 2004-2018. Le nombre de groupes augmente de 2004 à 2015, pour baisser ensuite. Cette croissance irrégulière marque l'internationalisation croissante de la R&D affichée par les groupes sur la période 2004-2015, avec une augmentation lente de 2004 à 2011 puis une croissance plus soutenue de 2012 à 2015.

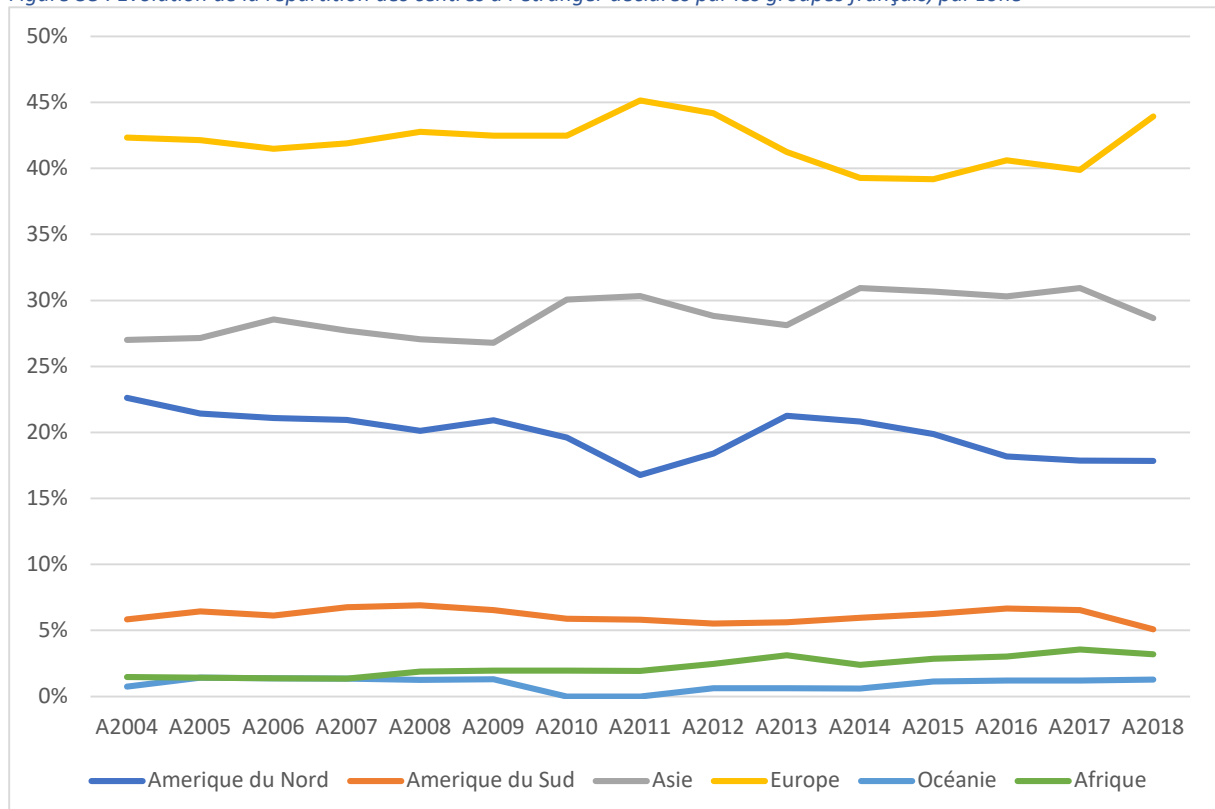
Figure 37 : Évolution du nombre de groupe déclarant disposer d'au moins un centre de R&D en France ou à l'étranger



Note : Nous avons forcé le cas Faiveley qui déclare 6 centres en Europe de l'Ouest sans préciser les pays, en considérant qu'au moins un centre européen est en dehors de France. « nd »: nombre de groupe de donnant aucune information sur la localisation de sa R&D en France ou à l'étranger.

Source : les rapports d'activités

Figure 38 : Évolution de la répartition des centres à l'étranger déclarés par les groupes français, par zone



Note : le pourcentage est la part des groupes déclarant faire de la R&D dans la zone, par le nombre total de zones faisant de la R&D dans le monde, déclarées par les groupes.

Source : les rapports d'activités

Dans la Figure 37, la montée de la R&D des groupes français dans les pays étrangers est surtout due à l'augmentation de la communication faite dans les rapports sur les lieux de réalisation de la R&D. Ainsi, le recul à partir de 2016 du nombre de groupe déclarant des centres étrangers de R&D repose aussi sur des entreprises qui ne divulguent plus d'information sur la localisation de leur R&D, essentiellement en raison de fusion ou acquisition³⁷. En réalité, sur le nombre de groupes divulguant de l'information, la part des entreprises déclarant au moins un centre de R&D à l'étranger reste relativement stable sur la période, entre 86 et 89%.

La Figure 38 montre que les rapports annuels, qui sont des documents stratégiques, reflètent l'attrait de l'Asie sur la période, surtout à partir de 2010. L'Europe devient moins centrale à partir de 2013. Le nombre de groupes déclarant faire de la R&D aux États-Unis et au Canada offre plutôt une tendance décroissante, malgré un rebond après 2011.

Tableau 25: Évolution de la répartition des centres de R&D à l'étranger déclarés par les groupes français, par pays et par période

country	2004-2007	2008-2011	2012-2015	country	2004-2007	2008-2011	2012-2015
USA	18,8	17,1	15,2	Indonésie	0,6	0,6	1,0
Chine	9,7	9,9	9,3	Maroc	0,6	0,6	1,0
Allemagne	9,7	9,4	7,8	Suisse	0,6	1,1	0,5
UK	5,8	5,5	5,4	Vietnam	0,6	0,6	1,0
Japon	6,5	5,5	4,4	Afrique du Sud	0,6	0,6	0,5
Inde	3,9	5,5	5,9	Autriche	0,6	0,6	0,5
Brésil	3,9	4,4	4,4	Colombie	0,6	0,6	0,5
Italie	3,2	3,9	4,4	Croatie	0,6	0,6	0,5
Espagne	3,9	3,3	3,4	Dubaï	0,6	0,6	0,5
Canada	3,2	2,2	2,9	Hongrie	0,6	0,6	0,5
Pays-Bas	3,2	2,8	2,5	Oman	0,6	0,6	0,5
Pologne	1,3	2,2	3,4	Qatar	0,6	0,6	0,5
Russie	2,6	2,2	2,5	Tunisie		0,6	1,0
Singapour	1,3	1,7	3,9	Bulgarie		0,6	0,5
Roumanie	1,3	2,2	2,5	Chili			0,5
Suède	1,3	2,8	2,0	Corée du Sud		0,6	
Irlande	1,9	2,2	1,0	Côte d'Ivoire			0,5
Belgique	1,9	1,1	1,5	Israël	0,6		
Mexique	1,9	1,7	0,5	Jordanie			0,5
Australie	1,3	1,1	1,0	Luxembourg			0,5
Bahreïn	1,3	1,1	1,0	Philippines	0,6		
Malaisie	0,6	1,1	1,5	Sénégal			0,5
Norvège	1,3	1,1	1,0				
République Tchèque	0,6	1,1	1,5	Total	154	181	204

Note : le pourcentage est la part des groupes français déclarant faire de la R&D dans le pays divisé par le nombre total de pays faisant de la R&D dans le monde, déclarées par les groupes.

Source : rapports d'activités

Les informations sur les implantations des laboratoires de R&D à l'étranger analysées par pays montrent que la croissance de l'Asie repose relativement plus sur des implantations en Inde, à Singapour, en Malaisie, en Indonésie, au Vietnam ou en Corée du Sud que sur l'augmentation de la présence des groupes français en Chine, sur la période 2004-2015. Le Japon ne réussit pas à bénéficier de cet engouement. Au sein des BRICS, l'engouement constaté dans les montants d'IDE se retrouve en termes d'implantations au Brésil, mais pas en Russie. Contrairement aux indicateurs précédents, les

³⁷ Sur ADP, dans le rapport 2018, il n'y a plus le paragraphe qui parlait d'ADP Ingénierie et de ses implantations. La filiale existe encore cependant. Alcatel a été absorbé par Nokia et pas de rapport disponible depuis ; CEGID a été racheté par Claudius France en 2016 et pas de rapport disponible depuis. RADIALL opère une sortie de Euronext en 2016 et n'est plus obligé de publier un rapport annuel. SAFT a été racheté par Total en 2017 et n'a pas produit de rapport depuis. TECHNIP a fusionné avec FMC en 2017 et n'a pas publié de rapport depuis. D'autres motifs peuvent expliquer la baisse de divulgation sur la localisation de la R&D dans les groupes. La montée de la RSE et notamment des thèmes environnementaux peuvent avoir évincé récemment un discours en termes de R&D dans les rapports.

IDE du Tableau 25, page 105, montrent aussi la délocalisation affichée de R&D des groupes français vers les pays de l'Est, avec la croissance de centres en Pologne, Roumanie et République Tchèque, alors que la Croatie ou la Hongrie ne semblent pas attirer de nouvelles implantations. Dans le reste de l'Europe enfin, seule l'Italie semble tirer son épingle du jeu sur la période.

Le Tableau 26 retrace l'évolution des déclarations faites par les groupes français quant à la localisation de leur R&D par grandes zones géographiques. Globalement, les rapports se succèdent sans grands changements, suggérant que les rapports annuels reflètent bien la permanence des structures installées. Les sorties et les entrées constatées sont plus rares et peuvent retracer une réelle entrée-sortie de la zone de la part de la firme, mais parfois aussi plutôt une modification de la divulgation de l'information sur leur R&D par les groupes. Ainsi, le groupe Valeo ne communique pas sur sa présence aux États-Unis en seconde période ou en Asie en première période, entraînant alors une « sortie » et une « entrée » apparente du groupe dans ces deux zones pour sa R&D.

La fréquence des sites affichés aux États-Unis ou au Canada est plus surprenante. Cela contraste avec les autres indicateurs et nous amène à nous interroger sur la nature des activités considérées comme de la R&D dans les rapports d'activité. Ainsi, alors que l'Europe et l'Asie ressortent pour les autres indicateurs comme les principaux lieux d'internationalisation de la R&D des groupes français, les rapports suggèrent la permanence, voire l'expansion d'une telle activité outre-Atlantique. La dynamique d'installation entre les périodes 2004-2009 et 2010-2015 étant même supérieure à celle constatée pour l'Asie ou pour l'Europe.

L'information contenue dans les rapports n'obéit à aucune contrainte légale. Comme signalé dans la sous-section 2.1.3.1 page 71, il n'y a pas de définition de la R&D imposée et chaque groupe communique de la façon dont il le désire pour présenter une meilleure image. Les sections sur la R&D dans les rapports examinés sont souvent un fourre-tout dans lequel sont mélangés les centres de R&D, mais aussi des partenariats R&D avec des laboratoires publics, des universités, des partenariats pour de la R&D avec des clients-fournisseurs, des projets nationaux et internationaux (e.g. H2020), ou encore des activités de développements industriels, d'adaptation de leurs produits et services à la demande locale. Dans ce cadre, il est délicat d'identifier ce qui est de la R&D ou non. Nous avons essayé de restreindre l'analyse aux déclarations des centres de R&D : des collaborations seules ou des projets, même financés par des fonds publics, ne sont pas des preuves de présence à l'étranger, car tel projet peut être fait en France, y être subventionné et être en collaboration avec un laboratoire allemand, sans que le groupe français fasse de la R&D en Allemagne. Cependant, nous n'avons toujours pas la possibilité de juger du contenu d'activité de la R&D déclarée et de séparer cette activité des activités qui ne sont pas de la R&D au sens du manuel de Frascati (OECD, 2015), telles que les développements industriels. Dans les données issues des rapports, les groupes français peuvent ainsi afficher des activités de « R&D » d'autant plus facilement que le groupe possède des filiales de production ou de distribution dans le pays en question.

Dès lors, la prédominance des États-Unis pourrait s'interpréter comme un effet de demande de la part des actionnaires qui surestimeraient ce type de destination pour les activités de R&D.

3.3 Recoupement des indicateurs et changement structurel

La synthèse de ces indicateurs très hétérogènes n'est pas facile, dans la mesure où ils ne sont pas annuels. La construction d'un indice est aussi compliquée par les indicateurs d'IDE et de R&D dans les rapports, dont la volatilité et la précision semblent discutables. La même remarque est valable pour des traitements statistiques de type classification, qui pourraient fournir des typologies des groupes français.

Tableau 26 : Évolution des divulgations par les groupes français des zones d'implantation des centres de R&D dans leurs rapports, entre les périodes 2004-2009 et 2010-2015

RS \ Zone	Amérique du Nord	Asie	Europe	Amérique du Sud	Afrique	Océanie
Alstom	=	=	=	=	=	
BioMérieux	=	=	=	=		out
Dassault Systèmes	=	=	=			in
Engie	=	=	=	=		
SEB	=	=	=	=		
Ingenico	out	out	out	out		
Neopost	=	in	=			in
Orange	=	=	=		in	
Saint-Gobain	=	=	=	in		
Technip	=	=	=	=		
Valeo	=	=	=	=		
Vallourec	=	=	=	=		
ADP		=		=	=	
Airbus	=	=	=			
Air Liquide	=	=	=			
Alcatel	=	=	=			
Axway	in	in	in			
Burelle	=	=		=		
CGG	=	=	in			out
EDF	=	in	=			
Eramet	in		=		in	
L'Oréal	=	=		=		
Legrand	=	=	=			
Michelin	=	=		=		
PSA		=		=	in	
Sanofi	=	=	=			
Schneider	out	out		out		
Scor	in	=	=			
Suez	=	=	=			
Technicolor	=	=	=			
Thales	in	=	=			
Total	=	=	=			
Veolia	out	in	=			out
Vilmorin	=	=		=		
Actia			=		=	
Areva	in		in			
Arkema	=	=				
Danone		=	=			
ESI	=	=				
Essilor	=	=				
Faiveley	=		=			
Fives	in	in				
GFI			=		=	
Ipsen	=		=			
Manitou	=		=			
Nexans	out		=			
Renault		=	=			
Somfy		in	in			
Tarkett	in		in			
Bic	=					
Criteo	in					
DBV Technologies	in					
Gameloft	=					
Saft	=					
Ubisoft	=					
AB Science	in					

Note : Classé en colonne et en ligne par la somme décroissante des occurrences par zone. Alstom est présent dans les 5 zones sur les deux périodes et AB Science sur une seule zone sur les deux périodes. « in » : les rapports annuels citent la zone en 2010-2015 alors qu'ils ne le faisaient pas sur la période 2004-2009 ; « out » : les rapports annuels ne citent pas la zone en 2010-2015 alors qu'ils le faisaient sur la période 2004-2009 ; « = » les rapports citent la zone sur les deux périodes ; ' ' les rapports ne citent pas la zone.

Le rachat de Gemalto par Thales a modifié la communication de Gemalto, pour lequel les rapports historiques ne sont pas disponibles.

** Le cas de Airbus est compliqué, dans la mesure où la distinction entre R&D et développement n'est jamais faite, ni en France, ni dans le monde. Airbus parle souvent de « R&T » dans ses rapports et de développement proche du client. Le fait d'avoir les militaires américains comme clients nous fait supposer qu'il s'agit de R&D. Nous avons donc décidé de considérer toute cette R&T comme de la R&D. Les rapports les plus récents sont un peu plus clairs et localisent les compétences « ingénieurs » en Amérique du Nord, Asie, Europe. Nous considérons ces trois zones uniquement sur l'ensemble de la période.

Face à cette difficulté, nous avons choisi comme dans le cas initial de Sanofi de préserver le maximum d'information pour présenter des représentations cartographiques des lieux de production de connaissance par les groupes français et ce, sur deux périodes 2004-2009 et 2010-2015 qui représentent le passage d'un CIR en accroissement (ou hybride) à un CIR en volume et déplafonné. Ces cartes, volumineuses, sont fournies en Annexe 10, page 149.

Nous touchons la limite de l'exercice d'analyse descriptive.

L'absence d'une R&D persistante à l'étranger, l'absence de basculement généralisé de la R&D vers l'étranger est peut-être due à l'évolution du CIR introduite en 2008, qui introduit un surcoût à l'expatriation des activités de R&D. Cependant, les séquences observées au niveau individuel ne s'accordent guère avec la rupture de 2008 : les croissances de la R&D se font parfois avant 2008 ou à la sortie de la crise. Certains groupes accroissent leur internationalisation, alors que d'autres opèrent des replis stratégiques en augmentant leur présence relative en France.

Afin de mieux cerner ce point, nous proposons d'explorer si le passage du CIR en volume a modifié les modes de production de connaissance au niveau des groupes. En prenant un panel cylindré de 55 groupes français du scoreboard, nous cherchons à savoir si les groupes se sont mis à moins inventer à l'étranger ou moins publier à l'étranger à partir de 2008.

Les résultats obtenus en Annexe 11, page 229, montrent que le changement du CIR n'a ni modifié la part moyenne d'expatriation de la recherche des groupes présents sur toute la période considérée, et que l'impact sur l'expatriation des dépenses de R&D n'a pas été modifiée non plus.

Ce genre de résultats est indicatif car il pose toujours des problèmes d'endogénéité. En outre, le modèle ne prend pas en compte les changements d'incitations opérés dans les pays étrangers accueillants les filiales françaises.

Ce résultat confirme plutôt l'hétérogénéité des comportements stratégiques des groupes français où la R&D et l'innovation sont composées d'offensives et de renoncements, d'efforts et de replis pour lequel le CIR n'est qu'un déterminant parmi d'autres.

Cela ne signifie pas pour autant que le CIR soit inefficace. Ainsi, on peut malgré tout garder à l'esprit certains constats ou conjectures :

- Le CIR en volume a peut-être un rôle général contra cyclique,
- Le CIR n'a pas le même effet selon les secteurs et/ou les niveaux scientifiques et technologiques des groupes,
- Le CIR est une condition peut être nécessaire mais non suffisante au maintien de la R&D en France.

Pour avancer et identifier les effets du CIR sur les allocations des ressources de R&D au sein des groupes, il faudrait disposer de l'historique précis de la présence de ces groupes français dans le monde et regarder en quoi les incitations à la R&D et à l'innovation disponibles dans ces pays influencent les décisions d'allocation des ressources de R&D entre les différents pays³⁸.

De même, la construction d'un échantillon comparatif de groupes étrangers similaires aux groupes français serait une solution intéressante pour cerner les différences d'implantation des activités de R&D, et contrôler les effets des politiques d'incitation à la R&D et à l'innovation.

Ces deux démarches ont été explorées mais n'ont pas pu être menées à bien car nous ne disposons pas des données suffisantes pour pouvoir caractériser les groupes étrangers à l'international sur la période. En l'absence de données FATS assez anciennes et en l'absence d'un abonnement aux données

³⁸ L'OCDE compile les aides directes et indirectes à l'international (OECD, 2021).

historiques de la base Orbis³⁹, très coûteuses, nous ne pouvons faire cela que pour la période la plus récente (2018-2020). La méthode de matching nécessiterait notamment de pouvoir caractériser les structures des groupes français et étrangers de part et d'autre de l'année 2008, date du premier recours au CIR en volume déplafonné. À notre connaissance, le seul article disponible incorporant des données historiques de groupes français mettant en œuvre cette approche fonde ses travaux sur une base différente et de taille restreinte. Cet article ne distingue malheureusement pas le cas de la France des autres pays analysés (Voir Cerulli et al. (2018)).

À retenir

- Le trend croissant des IDE repose notamment sur les efforts de l'automobile et du numérique.
- Les IDE sont tournés vers la Chine, l'Europe de l'Est et les États-Unis,
- Les IDE en R&D vers Chine ne sont pas renouvelés après la crise de 2009. Les groupes se tournent alors plus vers l'Europe de l'Est, puis l'Amérique Latine,
- Dans les rapports annuels, la R&D en Amérique du Nord est le plus souvent mise en avant dans les rapports annuels,
- Les groupes français déclarent dans leurs rapports plus de R&D en Asie à partir de l'après-crise, avec une place moindre pour l'Europe à partir de 2013,
- La part relative des États-Unis ou la Chine stagne, laissant la place à des localisations en Inde, en Asie du Sud-Est ou, dans des pays de l'Est de l'Europe,
- Les données des rapports annuels suggèrent une surexposition de la R&D aux États-Unis par rapport à ce que laisse penser les autres indicateurs (brevets, publications notamment),
- Si la croissance du nombre d'inventions et publications faites en France s'accompagne d'une diminution du nombre d'inventions et de publications faites à l'étranger, le rôle du CIR dans ce repli semble non significatif.
- Des données historiques complémentaires seraient nécessaires pour aller plus loin dans l'analyse de l'impact du CIR sur les choix de localisation des grands groupes.

³⁹ Pour un article présentant et utilisant les données Orbis historiques : Kalemli-Ozcan, S., Sorensen, B., Villegas-Sanchez, C., Volosovych, V., Yesiltas, S., 2015. How to construct nationally representative firm level data from the Orbis global database: New facts and aggregate implications. National Bureau of Economic Research.

Page laissée blanche

4 GLOBALISATION DE LA R&D ET CIR : APPROCHE QUALITATIVE

4.1 L'approche qualitative

4.1.1 Une approche complémentaire

Le choix d'un lieu d'implantation en matière de R&D constitue un exercice particulièrement difficile et incertain. Quelle est la manière dont les entreprises ont construit et construisent leurs choix de nouvelles localisations ?

Une première approche, largement éprouvée, met en évidence les choix de la localisation des activités de R&D *via* des analyses statistiques et économétriques issues de différentes sources de données (enquêtes, bases de données publiques ou privées). Nous avons vu dans les chapitres précédents les limites de ces indicateurs et des travaux qui peuvent être tirés de ces données. Nous avons également utilisé les informations qualitatives présentées dans les documents de référence des entreprises, en nous centrant sur celles qui concernent la localisation des centres de R&D. En complément des chiffres-clé, cette section décrit souvent avec plus de détails les activités de R&D et les principaux produits ou services qui en résultent, l'existence de comités spécifiques aux activités de R&D ou comités scientifiques ainsi que les partenariats avec d'autres entreprises et le monde académique. Néanmoins, l'une des limites des rapports annuels réside dans la discrétion donnée aux entreprises quant à la divulgation des informations liées à la R&D. Ainsi, la présentation d'informations liées à la localisation des activités de R&D ne fait l'objet d'aucune contrainte réglementaire et force est de constater que les critères et déterminants menant aux décisions de localisation nationale et internationale des activités de R&D y demeurent opaques.

Même si la localisation de la R&D est déterminée, les chercheurs n'ont finalement ni données d'enquêtes statistiques sur les déterminants de l'implantation de leurs activités de R&D de par le monde, ni divulgations des raisons qui mènent à de tels choix. Or, mieux cerner les critères de décisions en matière de localisation des activités de R&D reste donc une des questions majeures des politiques d'innovation en France.

Afin de répondre à cette question, nous complétons ici l'analyse par des entretiens permettant de collecter directement les perceptions des décideurs quant à la nature des déterminants ayant une influence sur le choix de la localisation de leurs activités de R&D. Ce type d'approche vise à faire émerger les déterminants de la localisation de la R&D en fonction de leur importance aux yeux des décideurs. Ces entretiens constituent un mécanisme de collecte de données qui permet de croiser ces données complémentaires avec notre premier matériel d'observation constitué à la fois des données quantitatives issues des bases de données et leur traitement statistique ainsi que des données recueillies dans les rapports annuels (Yin, 2017).

4.1.2 Un échantillon de groupes français

La demande d'entretien a été faite auprès d'une sélection des 78 groupes français leaders en matière de R&D dans le Scoreboard des plus grands investisseurs mondiaux en R&D réalisé par la Commission européenne⁴⁰. Sur les 78 groupes français contactés, 17 groupes de divers secteurs d'activités ont accepté de participer à cette étude *via* des entretiens d'une durée moyenne d'une heure (entre 45 minutes et 90 minutes). Les fonctions des répondants ainsi que le secteur d'activité de leur groupe sont présentés en Annexe 8, page 146. 18 entretiens ont été réalisés avec des Directeurs administratifs

⁴⁰ Des entretiens avec quelques groupes étrangers faisant de la R&D en France et des groupes étrangers ne faisant pas de la R&D en France étaient prévus, mais n'ont pas eu lieu, notamment en raison de la crise sanitaire liée au COVID 19.

et financiers et Directeurs R&D⁴¹. Ces 18 entretiens ont été réalisés auprès de 17 groupes, 2 répondants d'un même groupe ont accepté de participer à l'étude.

Le taux de retour a été élevé par rapport à ce qui était prévu initialement, aidé par une lettre d'introduction de France Stratégie. Ce bon taux de retour nous aurait permis d'élargir le nombre d'entretiens. Toutefois, nous avons décidé d'interrompre le cycle d'entretiens, face à des rendements décroissants: les tendances dégagées lors des dernières retranscriptions n'apportaient plus d'idées nouvelles alors que les premières retraçaient des histoires qui pouvaient être perçues comme parfois très différentes (Malsch and Salterio, 2016). La répétition de certains propos entre différents participants nous a permis de catégoriser les principales tendances et de les synthétiser en apports économiques et comportementaux. La redondance des informations aurait finalement seulement servi à corroborer les résultats obtenus précédemment.

Encadré 4 : Quelle convergence entre informations recueillies par interviews et informations disponibles dans les comptes et rapports annuels ?

Les témoignages recueillis de la part des décideurs d'entreprises leader en matière de R&D viennent renforcer l'hypothèse du manque d'information sur la localisation des activités de R&D dans les rapports annuels disponibles pour le public. Ainsi, les verbatim révèlent le caractère parcellaire des informations sur les lieux de localisation des centres de R&D, puisque la comparaison entre les localisations évoquées lors des entretiens et celles identifiées dans les rapports révèle des différences en termes d'exhaustivité et d'exactitude des données fournies au public.

Par exemple, les entretiens qualitatifs ont permis d'obtenir des précisions sur le nom des villes (e.g. Shanghai) dans lesquelles sont implantés les centres de R&D, tandis que certains rapports d'activité ne mentionnent que des zones géographiques dans lesquelles se trouvent ces centres (e.g. Asie). Les entretiens permettent également de mettre en évidence la faible exhaustivité des informations publiées sur les centres de R&D, car certains décideurs évoquent l'existence de centres dont la mention était inexistante dans leur rapport annuel.

Sur ce point, certains décideurs ont concédé la présence d'activités de R&D dans des pays considérés comme à bas coût et dont l'explicitation dans le rapport annuel pourrait entraîner un risque de réputation et d'image pour l'entreprise. Ce constat montre bien que l'absence de contrainte réglementaire sur la présentation des informations liées à la R&D permet aux dirigeants une certaine discrétion quant aux données mises en exergue dans leur rapport d'activité.

En revanche, une adéquation a pu être constatée entre les données comptables mesurant les efforts de R&D (dépenses de R&D et capitalisation des frais de développement) et les informations recueillies de la part des Directeurs administratifs participants à l'étude, suggérant une transparence plus élevée de l'information lorsqu'il s'agit de divulgation de données comptables encadrées par les normes et soumises à l'examen des commissaires aux comptes.

L'analyse des entretiens réalisés avec les décideurs interrogés dans le cadre de cette étude qualitative permet, d'une part, de compléter et d'approfondir les informations présentées dans les documents de référence des entreprises sur les aires géographiques où leurs centres de R&D sont implantés. D'autre part, les entretiens font émerger les grandes tendances des déterminants susceptibles d'influencer les décisions de localisation des activités de R&D. Ainsi, lors de la prise de décision d'un nouveau site, les décideurs indiquent choisir la localisation en adéquation avec les besoins du centre de R&D à implanter. Ce choix va être déterminé par les traits des lieux d'implantation envisagés, mais, aussi, par les caractéristiques du centre à implanter : sa taille, la nature des activités qui y seront conduites, les

⁴¹ Cette dénomination est adoptée à des fins de simplification dans le cadre de l'étude. Les titres des personnes interrogées se sont révélés hétérogènes (Directeur de l'Innovation, Directeur des Opérations, Directeur de l'Innovation et du Développement, ...), mais leur fonction englobait dans tous les cas la supervision des activités de R&D.

techniques et équipements utilisés, la nature des opérations immobilières à réaliser sur le nouveau site (construction, achat ou location).

Les critères de localisation des grands groupes sont identifiés comme multiples et renvoient à des écosystèmes locaux au sein desquels les entreprises vont évoluer. Si l'histoire ou encore le secteur jouent un rôle dans les choix faits, le processus de décision privilégie toujours en apparence l'accès à des compétences spécifiques. Autant d'éléments que nous présentons successivement.

4.2 Les critères de localisation de la R&D des groupes français

L'un des premiers constats issus des entretiens avec les Directeurs administratifs et financiers et les Directeurs R&D concerne l'importance d'un écosystème complexe au sein duquel le groupe accède aux compétences qui lui sont nécessaires *via* sa localisation, ses stratégies de collaboration, tout en bénéficiant de politiques incitatives des pouvoirs publics et du respect des droits de propriété.

4.2.1 L'existence préalable d'un écosystème local

Une offre de ressources et de synergies pour les groupes

Les décideurs reconnaissent l'existence d'une motivation particulièrement importante guidant le choix de localisation des activités de R&D : la recherche de compétences stratégiques, notamment les compétences scientifiques et techniques, le savoir-faire et les compétences managériales. Ainsi, les entreprises déclarent s'implanter dans les localisations où elles seront à même de trouver et d'acquérir les compétences et potentiels dont elles ont besoin pour leur R&D.

Les groupes insistent sur les bénéfices tirés d'une localisation de leurs capacités de R&D à proximité de facteurs favorables, à travers l'existence de complémentarités et de synergies localisées. La présence d'économies d'agglomération incite les entreprises, les universités et les laboratoires de recherche d'un secteur d'activité similaire ou complémentaire à se concentrer dans des aires géographiques précises et de dimension infranationale (région, agglomération urbaine) (Belderbos et al., 2020). La concentration d'entreprises en une localisation semble accroître l'attractivité de la localisation concernée. Les nouvelles implantations d'entreprises d'un même secteur tendent à augmenter l'offre du ou des facteurs qui ont rendu la localisation attractive au départ. On a donc des synergies vues comme intrasectorielles avec la constitution de clusters industriels et l'émergence d'un réservoir local de compétences spécifiques présentant les qualifications recherchées par les entreprises du secteur d'activité principal du site.

Cependant, les répondants ne formulent pas leurs réponses uniquement en termes de cluster industriel spécialisé et de masse critique d'entreprises autour d'une même technologie, mais évoquent la nécessaire existence d'un « écosystème »⁴². Les « écosystèmes » mentionnés sont vus comme étant des zones géographiques restreintes à l'origine de mécanismes cumulatifs d'attraction de nouvelles entreprises dans cette localisation, sans pour autant que cette dernière ne soit spécifiquement attractive dans le secteur ou domaine technologique concerné. L'un des répondants cite à ce propos l'exemple de l'écosystème localisé au niveau du plateau de Saclay.

Les répondants insistent sur le fait que ces écosystèmes se caractérisent par un réservoir local de chercheurs qualifiés et très spécialisés (Colovic, 2010) et par l'existence d'un réseau dense de relations entre entreprises déjà implantées localement. Être intégrés à ce réseau, cet écosystème local, est intéressant, car les entreprises dans les secteurs de haute technologie économisent sur les coûts de coordination et de transaction liés à la distance qui sont élevés. De plus, au sein de ces écosystèmes, les effets de réseau et d'apprentissage donnent à l'entreprise un avantage absolu sur la concurrence.

⁴² Voir sur ce concept, Jacobides, M.G., Cennamo, C., Gawer, A., 2018. Towards a theory of ecosystems. *Strategic Management Journal* 39, 2255-2276.

Nos entretiens ont permis de préciser les risques et coûts de transaction associés à une implantation nouvelle à l'étranger. Les décideurs signalent que, suite à la création d'un nouveau centre de R&D, l'entreprise se trouve confrontée à un environnement local différent, nouveau pour elle en tant qu'organisation. Le degré de nouveauté de l'environnement local du nouveau site est cependant très variable. Une entreprise qui transfère une activité sur un nouveau site situé pour la première fois à l'étranger sera confrontée à un environnement plus novateur que pour un transfert à quelques « mètres » de l'ancien centre de R&D. Elle aura des coûts supérieurs à couvrir.

C'est assez dilutif, c'est-à-dire que ça crée pour nous de la perturbation organisationnelle qui détruit plus de valeur qu'elle n'en crée. Vous passez votre temps entre les décalages horaires, les incompréhensions culturelles, les voyages... à essayer de faire fonctionner des choses qui sont dans des endroits différents et ce n'est pas très efficace.

Une offre de qualité de vie pour les chercheurs

Les entretiens montrent aussi que ces écosystèmes doivent aussi respecter des critères satisfaisant les exigences de salariés très qualifiés et très mobiles. Les choix de localisation des activités de R&D sont guidés par un bon niveau de qualité de vie, de services et d'accessibilité, qui doit permettre d'attirer et de retenir ces chercheurs (Belderbos et al., 2020; Florida and Kenney, 1994). Les caractéristiques des localisations conduisent les entreprises concernées à accorder, dans les sélections d'écosystèmes et les décisions de localisation de leurs activités de R&D, une place importante aux aspirations et souhaits des chercheurs dont elles ont besoin. Les critères de choix qu'elles prennent en compte sont notamment ceux ayant trait à la qualité du cadre de vie de leurs salariés ou futurs salariés. Or ces chercheurs ont des préférences très marquées en matière de localisation : la recherche d'opportunités d'emplois multiples, tant pour eux que pour leur conjoint(e) et d'un environnement culturel et de loisir de qualité qui les conduit à s'installer en priorité dans les plus grandes agglomérations urbaines et, en France, une certaine polarisation sur les grandes agglomérations comme la région parisienne.

Il a fallu qu'on soit ultra vigilants sur le fait que ce déménagement n'entraîne pas des départs parce que les gens seraient mécontents d'allongements de trajets, environnement, etc. (...) Il y a d'ailleurs eu deux déménagements de centre de recherche au même moment et les autres sont allés à X. Ils ont choisi X parce qu'ils trouvaient que l'environnement était mieux, mais c'était plus loin de la gare et les chercheurs ont 20 minutes à faire à pied...

Ce constat conduit les entreprises à implanter leurs centres de R&D dans certaines localisations en dépit du niveau relativement élevé des coûts immobiliers ou de main-d'œuvre qui les caractérisent. Ce dernier point donne une idée du rendement de ces phénomènes d'agglomération et relativise donc l'importance de la seule diminution des coûts pour les entreprises prêtes à aller là où elles accèderont aux ressources nécessaires. Pour illustrer cela, certains répondants mentionnent par exemple des choix de localisations coûteuses telles que la Silicon Valley ou encore Paris.

4.2.2 Accès et intégration à l'écosystème local

Certains Directeurs de la R&D précisent que ces phénomènes d'agglomérations rassemblent les universités, des laboratoires de recherche, des startups, des entreprises d'un secteur d'activité similaire ou complémentaire, verticalement reliées. Les choix d'implantation visent à faciliter la mise en place de modes de coordination, de coopération et de collaboration (voir (Castañer and Oliveira, 2020) sur ces concepts souvent confondus en économie de l'innovation) avec d'autres acteurs présents localement (entreprises, laboratoires de recherche, universités, startups) pour développer et/ou accéder à de nouvelles connaissances. De nos entretiens, il ressort que ces lieux d'innovation privilégiés par les groupes recouvrent des externalités technologiques, mais aussi des pratiques locales d'innovation ouverte, des coopérations avec des leaders académiques, des acquisitions de start-ups de pointe et d'opportunités d'intégration verticale dans la chaîne de valeur.

Ouverture des processus d'innovation

Les activités de R&D semblent nécessiter l'articulation d'un ensemble de compétences spécifiques présentes dans diverses organisations. Des facilités en termes de capacités informationnelles entre les entreprises et laboratoires de recherche implantés localement sont citées. Cela implique aussi de multiples interactions et coopérations formelles et informelles qui sont favorisées, dans de nombreux cas, par la proximité des organisations concernées.

Une stratégie d'open innovation c'est ouvert et collaboratif. Ouvert aux écosystèmes et collaboratif avec nos partenaires et nos clients. Et pourquoi ? Ce n'est pas juste parce que c'est 'fancy' et puis c'est au goût du jour, c'est qu'aujourd'hui les sujets qu'on adresse, on ne peut pas se permettre de tout développer en interne comme on le faisait dans les années 80. Il faut qu'on aille plus vite et donc là on va chercher la compétence que nous n'avons pas, sur des sujets qu'on ne connaît pas toujours, ou pas au même niveau, sur des sujets qui sont nouveaux pour nous aussi.

Ainsi, pour les décideurs, les relations informelles denses existant entre acteurs locaux sont propices à l'imitation et à la transmission de l'innovation. Elles facilitent de surcroît l'établissement de relations de coopération plus formelles entre ces acteurs pour la mise en commun des ressources et des compétences spécifiques complémentaires dont ils disposent. L'établissement de ces relations plus formelles est au cœur de la création de connaissances technologiques au sein de l'écosystème. La présence locale est présentée comme une condition nécessaire pour bénéficier de ces avantages et la recherche de la proximité géographique avec de tels écosystèmes tend à être un facteur déterminant dans les choix de localisation des entreprises.

Des coopérations académiques

Les entreprises indiquent privilégier les partenariats avec des universités, des écoles d'ingénieurs et des laboratoires de recherche, que ce soit en France ou à l'international. À l'international, les entreprises se positionnent dans un certain nombre de pays dans lesquels elles considèrent avoir accès à des ressources externes de la part des universités afin d'établir des partenariats au plus haut niveau technologique. Pour les partenariats élaborés en France, davantage de précisions sont apportées avec la mention d'universités spécifiques et d'écoles de grande renommée ou de projets engagés avec le CNRS. Certains répondants indiquent également le co-financement de laboratoires de recherche en partenariat avec d'autres entreprises sur des domaines particuliers en France, mais aussi à l'étranger.

On a quelques structures de ce type, on partage également une autre avec l'entreprise X dans le domaine de l'électronique. Tout ceci pour dire que dans la partie amont, on recherche à la fois des partenariats avec des entités académiques, mais également avec d'autres sociétés. Et ces partenariats académiques, c'est le cas en France, mais c'est le cas aussi en Angleterre, c'est le cas aussi aux Pays-Bas, c'est le cas aussi au Canada.

Ces résultats sont en phase avec les résultats accumulés depuis longtemps sur les choix de localisation et l'importance de la proximité des centres de recherche académiques (Abramovsky et al., 2007; Belderbos et al., 2017; Sivitanidou and Sivitanides, 1995). Le discours élitiste entendu de la part des décideurs recoupe bien l'idée que les firmes se rapprochent des meilleurs centres académiques ou des chercheurs « stars » (Zucker et al., 1998). Ces résultats sont d'ailleurs aussi ceux trouvés depuis longtemps pour les multinationales qui vont là où les laboratoires académiques sont les meilleurs (Håkanson and Nobel, 1993) et soulignent l'importance du maintien de l'excellence académique mondiale d'un territoire pour assurer la stabilité de la R&D des multinationales présentes et l'opportunité d'en attirer d'autres.

Des acquisitions de startups

La place de start-ups ou d'incubateurs dans cet écosystème est plus rarement évoquée par nos interlocuteurs. Celles-ci sont évoquées comme un vecteur central d'appropriation de nouvelles compétences complémentaires. L'acquisition de start-ups et d'entreprises de taille modeste vise des entreprises aux compétences très précises, s'intégrant dans la lignée des ambitions stratégiques des groupes. Plus original est le rôle déclaré de la localisation de ces start-ups qui est l'un des déterminants de leur rachat et du maintien sur place de leur activité de R&D. Nos interlocuteurs évoquent l'intérêt du groupe pour des start-ups localisées là où le niveau de maturité des compétences est déjà élevé, avec des infrastructures de recherche en cours d'établissement ou déjà établies, et où les chercheurs vont désirer rester.

Je vais prendre un exemple : on a racheté en 2018 une société qui s'appelle X qui est une startup française. Une très belle société de 250 personnes. Dans les 250 personnes, il y a 130 personnes en R&D avec principalement des compétences de software. (...) Pourquoi X était dans l'Ouest parisien ? C'est parce que c'est là qu'on attire les talents. Donc le premier enjeu fort, c'est la rétention des compétences.

Une intégration dans la chaîne de valeur amont et aval

L'un des déterminants également mentionnés par les décideurs quant au choix de la localisation des activités des R&D réside dans la proximité avec les sites de production. De manière intéressante, l'accent est mis sur la production faite par les clients plus que par la production faite par l'entreprise. En effet, les entreprises produisant des biens intermédiaires pour d'autres entreprises industrielles situées en aval ou exerçant des fonctions de sous-traitance dans des industries d'assemblage se trouvent fréquemment dans une situation de dépendance face à des entreprises clientes peu nombreuses avec lesquelles elles réalisent une part importante de leur chiffre d'affaires. Ces entreprises clientes sont de ce fait en mesure de faire pression sur les fournisseurs et les sous-traitants qui dépendent d'elles afin qu'ils puissent implanter leurs centres de R&D à proximité de leurs usines pour éventuellement bénéficier d'un support technique lors de l'installation des produits finaux ou à plus long terme.

Et quand on a un axe fort sur la compétitivité, réduire les coûts de production, réduire les coûts des matériaux, les optimiser, il est important d'être proche des usines et des opérations. Aujourd'hui, on a une orientation où on veut beaucoup plus développer des services pour les clients, des innovations de produits, donc c'est moins important, c'est moins une priorité d'être immédiatement proche d'une usine. Ça peut même être plutôt un avantage de ne pas avoir des sujets du quotidien de l'usine d'à côté pour régler des machines... Donc là je le vois plutôt comme un avantage d'être plutôt isolés et par contre de se rapprocher d'un écosystème client.

Le témoignage du décideur ci-dessus insiste sur le rôle prégnant des clients et, plus globalement, du marché lié aux produits que les activités de R&D permettent de développer. Les répondants considèrent que leurs entreprises utilisent le pouvoir que leur confère la distance géographique comme une arme concurrentielle et stratégique à part entière. Le fait de se trouver à proximité des marchés permet de saisir les spécificités des prospects et des clients dans l'objectif de déterminer dès la phase amont du cycle de vie du produit quelles seront les innovations auxquelles les futurs marchés seront sensibles, dans le but final de maximiser les ventes.

Donc l'observation des usages et la connaissance des clients pour pouvoir concevoir des produits réellement adaptés à ces usages, ou pour pouvoir anticiper quand ce sont des marchés qui sont en avance sur les autres, pour anticiper les usages qui vont se développer sur le marché historique, ça peut être une raison d'aller faire de la R&D.

Ces entretiens suggèrent une évolution des choix de la localisation qui s'émanciperait des lieux de production pour se rapprocher des écosystèmes clients.

4.2.3 Des garanties institutionnelles

Les politiques publiques d'aide à la R&D

Les répondants insistent sur le rôle des aides qui facilitent les intégrations de l'entreprise au sein de l'écosystème. Ils prennent aussi en compte la dimension des aides indirectes aussi bien au niveau national qu'international.

Pour la France, les mécanismes d'aides de type CIFRE sont mis en avant : ce dispositif des thèses CIFRE semble être plébiscité, car il permet l'acquisition de compétences très spécifiques sur un sujet donné et la facilitation du recrutement du jeune chercheur suite à l'achèvement de son doctorat. Le CIFRE est donc un facteur qui aide à intégrer les acteurs au sein d'un écosystème.

Les aides fiscales sont évoquées comme aide à l'embauche de jeunes docteurs : certains décideurs évoquent bien l'existence d'un allègement des charges pour les entreprises recrutant les chercheurs à l'issue de leur thèse, venant ainsi renforcer leur intérêt pour ce dispositif et les échanges entre le monde académique et leur entreprise.

C'est un dispositif qui permet notamment d'avoir cette communauté très active de thèses et de maintenir un niveau d'activité élevé là-dedans, que l'on ne pourrait pas se permettre sinon. Il faut appeler « un chat un chat ». C'est vraiment un facilitateur pour qu'on puisse garder cette activité à ce niveau-là. Je pense que c'est bien pour l'entreprise, pour le milieu académique et pour les étudiants à qui ça donne une opportunité.

Les aspects financiers et d'investissement dans la R&D constituent aussi l'un des déterminants conduisant à l'ancrage d'activités de R&D dans certaines localisations. Ainsi, il semble que certaines décisions d'implantation des activités de R&D reposent plus généralement sur des mesures incitatives auxquelles les entreprises sont sensibles. Le fait qu'une entreprise choisisse de s'implanter dans certaines aires géographiques jugées par les pouvoirs publics comme prioritaires lui permet de bénéficier d'aides diverses (subventions, exonérations d'impôts ou de charges sociales, prêts à faible taux d'intérêt). Par le biais de ces aides, les États sont en mesure d'influer sur les choix de localisation des entreprises dans une aire géographique particulière.

Les aides fiscales proposées par les pouvoirs publics constituent des ressources financières supplémentaires pour les entreprises désireuses de créer un nouveau site, comme le soulignent les répondants qui citent le Crédit Impôt Recherche (CIR) dans le cas de la France. Pour la majorité des entreprises, l'exonération fiscale permise par ce dispositif représente une partie non négligeable du budget consacré à la R&D.

C'est un élément que j'essaie de défendre parce que pour l'entreprise Y, le CIR c'est à peu près 25 millions de profit, de produit que l'on reçoit. Ce n'est pas non significatif.

Les aires géographiques et les conditions d'attribution des principales aides à l'implantation, telles que le CIR ou encore les aides européennes, sont cependant aisément identifiables par les grands groupes qui peuvent mettre les sites en concurrence.

Pour certaines entreprises, l'accès à ces aides est présenté comme une condition *sine qua non* à la réalisation effective de leur projet de nouveau site. Ces entreprises déclarent mettre en œuvre les mesures nécessaires afin de satisfaire aux critères prédéfinis pour leur attribution et, en particulier, à s'implanter dans les aires géographiques désignées, pour mener à bien leurs projets. Les incitations représentent plutôt un « fléchage » des choix de localisation des centres de R&D vers les sites situés en France, afin de compenser le coût lié à l'emploi de main-d'œuvre qualifiée en France où la qualité des compétences des chercheurs est considérée comme élevée par rapport à d'autres régions du monde.

Aujourd'hui le CIR, c'est ça qui est vraiment un 'game changer' et qui nous a conduit donc à ne pas du tout chercher à délocaliser notre R&D par rapport à ce qu'on peut faire en France. Et donc maintenir la compétitivité de la France en termes d'innovation grâce au CIR est absolument crucial, parce que c'est ça qui permet de donner de la compétitivité au centre de R&D qu'on a en France.

Un autre décideur soutient également ce point de vue et explicite le pouvoir de rétention que semble procurer cette mesure incitative.

La question s'est réellement posée donc on l'a réellement instruite. Par rapport à ça, il s'avère que grâce au mécanisme du CIR, le coût du chercheur français n'est finalement pas si éloigné du coût du chercheur chinois ou indien et donc l'économie potentielle générée ne compensait pas les inconvénients : les inconvénients sociaux, les inconvénients de défaire les équipes qui sont déjà constituées autour de projets, les inconvénients qui sont les risques de fuite de propriété intellectuelle et sécurité de la recherche, les inconvénients d'éloignement des chercheurs par rapport aux entités opérationnelles du Groupe et donc des applications concrètes.

Il est toutefois à noter que l'influence de l'aide constituée par le CIR est relative. Elle varie en fonction de la présence ou non de mécanismes d'aides directes ou indirectes dans d'autres pays, mais également du niveau de la fiscalité dans ce pays.

Tous les pays du monde ont des incitations. Cela ne s'appelle pas CIR, mais en Chine, vous avez l'impôt sur les sociétés qui baisse si vous êtes une société innovante. Donc il faut prendre un ensemble complet : avoir un CIR et payer 34% de taux d'impôt sur les sociétés, ou ne pas avoir de CIR en Chine, mais avoir un taux d'impôt sur les sociétés qui tombe de 25% à 15% lorsque vous investissez dans la R&D. Je ne connais pas un pays, je ne les connais pas tous par cœur, je suis Directeur Financier, je ne connais pas les fiscalités de tout le monde, mais quand je regarde les grands équilibres, il n'y a pas un pays du monde qui n'aide pas d'une façon ou d'une autre à localiser de la R&D.

Au-delà des considérations strictement monétaires, les incitations de certains pays étrangers pour attirer des entreprises se caractérisent par la mise à disposition de ressources et moyens techniques, dont les entreprises se saisissent de manière opportuniste alors que le choix initial n'aurait pas été porté dans le pays en question.

On avait besoin de pistes d'essais pour les véhicules autonomes ou des fonctions d'aide à la conduite. Et la Pologne nous a offert quasiment gratuitement un aérodrome désaffecté de l'ex-pays de l'Est pour les pistes. (...) Il y a eu une politique d'État qui a favorisé cette implantation à un moment où ce n'était pas évident. (...) j'ai aussi été voir le ministre des télécoms en Égypte et j'ai expliqué mon cas. Il m'a dit : pendant 2 ans, on vous offre le gîte et le couvert et ça ne vous coûte rien.

Le respect de la propriété intellectuelle

La question de la propriété intellectuelle semble également être un déterminant à considérer au regard du secteur d'activité de l'entreprise considérée. Certaines entreprises de secteurs d'activités hautement stratégiques tels que l'aérospatial évoquent l'aspect de la propriété intellectuelle comme une barrière à la localisation de certaines activités de R&D dans des pays tels que la Chine, où des craintes vis-à-vis de la perte de supériorité technologique sont soulevées.

La base de ceci, c'est quand même la supériorité technologique, donc il est tout à fait normal que les entreprises qui financent ces développements veuillent s'assurer qu'il n'y a pas de risque de dissémination de cette technologie. C'est assez évident. Il y a effectivement un

certain nombre de modes opératoires, de précautions sur ce type de choses. D'ailleurs, on le ressent peut-être même de plus en plus : il y a cette inquiétude qui est paradoxale, car il y a cette globalisation, et en même temps, on voit bien que sur des activités de souveraineté, les entreprises, veulent de plus en plus s'assurer de leur souveraineté, sous-entendu leur supériorité technologique et souhaitent la garder uniquement pour elles-mêmes.

Néanmoins, pour d'autres secteurs d'activités pour lesquels les produits finaux sont davantage standardisés ou doivent répondre à des standards internationaux (par exemple dans le cas de médicaments faisant l'objet d'une homologation par les autorités de santé locales ou des équipements aéronautiques qui doivent être en adéquation avec les exigences de l'ensemble des aéroports internationaux), la question de la souveraineté semble être un déterminant de second ordre. Enfin, les entreprises indiquent être davantage protégées sur ces problématiques depuis quelques années grâce aux dépôts de brevets et à la mise en place de départements responsables de la propriété intellectuelle.

On a un département de propriété intellectuelle qui fait partie de l'équipe de R&D. Au Japon, les droits de propriété intellectuelle sont respectés, en Corée aussi. En Chine, ils le sont un peu moins (...). Pour l'instant, on dépose des brevets dans tous les pays, en Chine aussi.

4.3 Les facteurs de contingence

Des facteurs de contingence viennent émailler le processus de décision. Le niveau technologique du secteur ainsi que l'histoire du groupe y sont au cœur.

4.3.1 Le niveau technologique sectoriel

Certains verbatim tendent à suggérer que les motifs sous-jacents aux décisions de localisation des centres de R&D sont influencés par le type de secteur d'activité auquel appartient l'entreprise. La présence d'activités de R&D au sein d'écosystèmes représente une source d'avantages concurrentiels fondamentale pour des entreprises confrontées à des marchés où les évolutions technologiques sont rapides. Les entreprises appartenant à un secteur à haute intensité technologique semblent porter ainsi plus d'attention à l'intensité de l'activité de recherche dans les différentes localisations envisagées.

Les entreprises appartenant à un secteur considéré comme à faible intensité technologique semblent moins s'intéresser aux caractéristiques locales et indiquent chercher plutôt des capacités à bas coût ou une proximité avec des marchés de taille importante.

Le driver, c'est là aussi (note : pour la recherche sur un produit à faible intensité technologique) la compétitivité coûts, sachant que là, on est plutôt par rapport à de grands pays comme la France, l'Allemagne, UK sur des écarts, je citais la Roumanie entre 1 et 3, là l'Inde, on est plutôt sur du 1 à 6 ou du 1 à 8.

Ainsi, le coût de la R&D apparaît bien comme un critère de choix significatif, mais ne constitue pourtant pas le premier critère de décision pour la majorité des répondants.

La première chose, ça va être les compétences, indiscutablement les compétences. On ne viendra jamais menacer un centre de R&D qui est très compétent, prendre un risque sur un centre de R&D qui est très compétent en le bougeant parce que des autorités nous feraient les yeux doux, ou parce qu'on pourrait gagner 3 francs 6 sous.

Nous avons ici l'un des rares cas dans lequel les décideurs ont hiérarchisé les critères de choix de localisation de la R&D : les décideurs déclarent identifier tout d'abord les lieux de compétences spécifiques nécessaires à leurs activités, puis, dans un second temps considérer le coût des capacités

de R&D, puis, troisième étape dans le choix de la localisation, établir une stratégie pour obtenir les financements nécessaires pour être en mesure d'acquérir ces compétences.

Encadré 5: Implantation de R&D et croissance

Les opérations de création de nouveaux sites de R&D sont souvent considérées comme une forme particulière de croissance pour les entreprises. Cette croissance interne correspond à l'augmentation de la taille d'une entreprise par l'ajout de nouvelles capacités. Le rapprochement ainsi établi par les répondants entre croissance et décisions de création de nouveaux sites de R&D permet de souligner le caractère stratégique de ces dernières.

Néanmoins, la création d'un nouveau site peut avoir deux origines distinctes. Il peut s'agir de la création *ex-nihilo* d'une nouvelle capacité qui vient alors s'ajouter aux capacités existantes de l'entreprise considérée. Il peut également s'agir d'un phénomène de relocalisation, c'est-à-dire du transfert d'activités existantes de l'entreprise préalablement implantée sur un ou plusieurs de ses autres sites. La création d'un nouveau site ne se traduit donc pas nécessairement, pour une entreprise, par l'ajout d'une capacité supplémentaire et peut parfois se traduire par la fermeture de centres de R&D dans d'autres localisations.

« On a assuré l'année dernière un transfert assez significatif de ressources qui étaient auparavant positionnées en Allemagne, qu'on a positionnées en Roumanie ».

Pour certaines entreprises qui ne sont pas high-tech, le critère premier des compétences est plus facile à satisfaire avec des compétences disponibles à beaucoup d'endroits sur la planète. Pour les entreprises à faible intensité de R&D, on aura donc une dispersion géographique des activités de R&D à la recherche d'une main-d'œuvre peu coûteuse en direction à la fois des périphéries des pays développés (en Europe de l'Est ou au Maghreb) et des pays en voie de développement. Ce faisant, les critères de respect des droits de propriété semblent aussi être dominés par la logique de coût, ce qui explique pourquoi on assiste à de tels volumes de délocalisation de R&D dans les pays en développement (Voir les destinations des IDE des groupes américains dans le chapitre 1 par exemple ou encore (Belderbos et al., 2021)).

La taille du site à localiser semble aussi intervenir dans le choix d'une implantation. En effet, un site de plus grande taille aura des exigences en termes de chercheurs à embaucher et de surface occupée beaucoup plus importante. L'importance de ces exigences constitue une contrainte significative qui peut, par exemple, conduire les entreprises à éviter les localisations périphériques afin de limiter les coûts liés au transport d'équipements de recherche ou, pire, de se trouver confrontées à une pénurie de compétences locales.

4.3.2. Histoire et irréversibilités

Les tendances identifiées dans cette étude voient également apparaître l'émergence de déterminants plus éloignés des théories économiques centrées sur le coût du travail, la proximité des clients ou la taille du marché pour évoquer l'importance de l'histoire et de la culture de l'entreprise.

Il s'agit en fait des facteurs de localisation reflétant les préférences historiques des entreprises, voire de ses fondateurs, telles que les commodités individuelles ou l'origine familiale des actionnaires majoritaires.

Quand on regarde la localisation de nos centres de R&D actuellement, on va dire que pour beaucoup, c'est un héritage. En anglais, on dirait « legacy ». La famille est installée à X où est aussi localisé un centre et une de nos usines principales qui fabrique beaucoup de produits de cette division.

Cet aspect historique est également reflété par la présence de sites de production historiquement implantés au sein d'une localisation et qui ont été, en fonction de l'évolution des activités de l'entreprise, réaménagés en centres de R&D.

En fait c'est historique, puisque le centre de recherche dont je m'occupe, c'est l'ancien centre de recherche de l'entreprise Z traditionnellement. Si on remonte au 19^e, c'est une ancienne usine qui appartenait à ... je ne sais plus comment s'appelait la société avant entreprise Z. Mais voilà, ça remonte au 19^e siècle, il y avait une implantation sur ce site-là et quand les usines ont été supprimées et transformées dans les années 60, il restait la surface disponible et l'entreprise Z à l'époque a installé des locaux là-bas où s'est installé son centre de recherche qui était à l'époque constitué d'un millier de personnes. Il était beaucoup plus grand que ce qu'il est aujourd'hui, mais donc c'est juste historique et il n'y a pas de raison particulière.

En conséquence, attribuer un rôle à ce type de facteurs dans les choix de localisation de centres de R&D semble conduire à atténuer la volonté d'une localisation optimale et un comportement de maximisation du profit au point même de pouvoir parler de logiques de choix prenant en considération des éléments historiques et de friction qui réduisent la pertinence des mécanismes habituels d'équilibre de marché.

Dans cette perspective, l'approche comportementale des décisions de localisation des activités de R&D, apparaît particulièrement pertinente dans l'interprétation des propos des répondants. Elle conduit à souligner la préférence des décideurs pour les aires géographiques sur lesquelles ils peuvent disposer au préalable de connaissances approfondies et spécifiques à l'activité de leur entreprise. Les réseaux de relations personnelles dont ils disposent peuvent sûrement être mobilisés à cette fin. Ces considérations invitent à concevoir les décisions de localisation des activités de R&D comme des choix encastrés dans une réalité sociale qui dépasse les frontières de l'entreprise. Il semble donc y avoir des irréversibilités dans les choix avec des phénomènes d'apprentissage locaux qui augmentent les coûts de changement de localisation de la R&D, sans pour autant exclure l'existence de points de rupture, de basculements qui conduisent à des relocalisations plus ou moins importantes.

Enfin, les analyses des verbatim suggèrent que certaines créations de nouveaux centres de R&D constituent un engagement localisé de ressources qui est considéré sur une période de temps longue. Or, les conditions locales, notamment économiques, qui justifient le choix de localisation au moment où celui-ci est effectué, sont susceptibles d'évoluer sensiblement au cours de la vie du site. À ce titre, le décideur peut éprouver des difficultés, au moment où il prend sa décision, à anticiper et à probabiliser ces évolutions.

Entre le moment où on fait une étude de R&D, en tout cas dans les domaines qui sont les nôtres, et le moment où le produit est vendu en série, il peut se passer 10 ans. Donc c'est important d'avoir ça en tête parce que l'horizon temps est assez fondamental. Alors le corollaire, c'est qu'il ne faut pas trop se tromper lorsqu'on fait des choix technologiques et des choix de localisation parce qu'on ne peut pas trop se rattraper. Donc il y a besoin de viser du long terme et essayer de ne pas trop se tromper sur le long terme pour rester vivants.

En outre, les effets de certaines caractéristiques locales telles que la présence d'écosystèmes ne sont pas même appréciables *ex ante* pour les entreprises cherchant à implanter un nouveau centre de R&D, puisque l'existence même de ces écosystèmes dépend du comportement de localisation d'autres entreprises et laboratoires de recherche. À cet égard, les décideurs semblent donc effectuer leur recherche d'un lieu d'implantation pour un nouveau site de manière à limiter l'incertitude associée à la prise de la décision de localisation en vue d'éviter les erreurs majeures et coûteuses pour leur entreprise dans ce domaine et à limiter le montant des ressources, à la fois en temps et en argent, engagées dans ce processus de recherche d'une localisation satisfaisante. Ainsi, les décideurs vont rechercher des indices leur permettant d'apprécier *a priori* la viabilité, dans certains lieux géographiques particuliers, du nouveau centre de R&D qu'ils souhaitent implanter.

4.4 Le processus d'élaboration de la décision de localisation

4.4.1 Des décisions de localisation des activités de R&D prises au plus haut niveau de l'entreprise

La notion de décision de localisation d'activités de R&D ne semble poser en elle-même guère de difficultés. Néanmoins, le choix d'une localisation pour un nouveau site est, pour beaucoup d'entreprises, en particulier industrielles, un événement rare, voire exceptionnel. Le caractère ponctuel de cette situation de décision requiert que celle-ci soit prise au plus haut niveau de l'entreprise. Ainsi, pour l'ensemble des répondants, les décisions en matière d'implantation des activités de R&D sont prises au niveau du Comité Exécutif⁴³ voire du Conseil d'Administration⁴⁴ pour les implantations considérées comme les plus stratégiques. Certaines entreprises sont également en mesure de mobiliser des moyens importants pour mener à bien le processus de choix d'une nouvelle localisation. Leurs dirigeants peuvent ainsi déléguer, en interne, une partie de la recherche et de l'évaluation des localisations envisagées à des comités spécialisés (Comité de R&D ou Conseil Scientifique) chargés de prendre en compte les différents aspects de la décision de localisation et de spécifier des recommandations au Comité Exécutif ou au Conseil d'Administration. Si certaines entreprises évoquent une relative indépendance de leurs filiales dans la décision de localisation des centres de R&D, il existe dans la majorité des cas un processus de reporting formalisé des activités de R&D des filiales vers le Groupe, notamment lorsque celui-ci apporte des financements et dans le but de s'assurer de la cohérence de la stratégie globale de R&D.

L'entité X du Groupe qui donne les budgets, elle donne des budgets aux grands centres de recherche Groupe, mais si un petit centre de recherche local peut avoir un intérêt collectif Groupe, l'entité X peut considérer de leur donner aussi un bout de budget. S'ils leur donnent un bout de budget, alors il y a un reporting sur ce qu'ils font et l'entité X est autorisée, en contrepartie de ce financement à utiliser pour toutes les business units du Groupe les résultats des travaux de recherche. Mais une business unit peut tout à fait dire « je n'ai pas besoin de l'entité X, je fais tout ça dans mon coin » et auquel cas il n'y aura pas de reporting.

Dans ces conditions, le choix d'une nouvelle localisation pour un centre de R&D s'appuie, dans les entreprises, sur une analyse plus systématique et approfondie des différents lieux d'implantation potentiels envisagés. En conséquence, le processus de décision de localisation y suit généralement des règles et procédures internes préétablies qui permettent aux différents intervenants de coordonner leurs actions de manière plus efficace. La décision de localisation est donc, dans ces entreprises, une procédure plus collégiale dont le résultat reflète la structure organisationnelle du processus de prise de décision.

4.4.2 Quels processus de choix de la localisation des activités de R&D

Lorsqu'une entreprise crée un nouveau centre de R&D, elle procède au choix conscient et délibéré d'un lieu géographique bien défini pour l'implanter. La prise d'une telle décision de localisation semble impliquer que les décideurs aient été en mesure, au préalable, de différencier l'espace géographique afin d'établir un ordre de préférence dans l'ensemble des lieux géographiques à leur disposition. Malgré la formalisation des procédures de décision évoquée ci-dessus, et l'insistance des questions à ce sujet, aucun décideur ne semble être en mesure de formuler une hiérarchisation des critères déterminant l'implantation des centres de R&D ; notamment, la place du CIR dans cette hiérarchie.

⁴³ Ou Comité de Direction, selon la dénomination adoptée par l'entreprise.

⁴⁴ Ou Conseil de Surveillance, selon les statuts de l'entreprise.

Face à une telle question, tous évoquent dans les échanges, la recherche d'un objectif supérieur « *d'équilibre* » et « *d'harmonie* » entre les différents facteurs déterminant leurs choix.

Une première interprétation est celle du compromis entre les critères de choix : les connaissances spécifiques recherchées peuvent provenir de la présence locale préalable de leur entreprise, de la présence locale préalable d'entreprises comparables ou, encore, de l'utilisation de leur réseau local de relations personnelles, renforcée par un mécanisme d'aide publique, fiscale ou non. Cette vision donne la primauté à l'accès des connaissances, mais ne donne pas de primauté à tel ou tel type de partenaires au sein de l'écosystème. Il fait une moyenne pondérée, en pesant le pour et le contre de chaque critère.

Une deuxième interprétation reprenant les approches en termes d'écosystème et de synergie, suggère que les décideurs ne hiérarchisent pas, car ils considèrent tous les facteurs cités comme primordiaux, car complémentaires : l'harmonie viendrait alors du fait que les décideurs ne font pas de compromis ou de moyenne entre les sources de compétences et les modes de financement, mais déclassent simplement les villes pour lesquels il manque seulement une ou deux exigences (l'absence d'école en anglais pour les enfants des chercheurs, des laboratoires de niveau mondial, la présence de startups, la présence de clients produisant sur place, une aide fiscale, des subventions, etc.).

Une troisième interprétation est de dire que la décision suit un processus séquentiel : en premier lieu est l'accès aux connaissances, puis le coût avec le financement public potentiel. Les flux de connaissances priment donc ici sur la minimisation des coûts, sachant que d'autres déterminants semblent alors être de moindre importance (droit de propriété par exemple). Cette approche séquentielle va plutôt à l'encontre d'une vision « équilibrée » et « harmonieuse » des décisions avancées par les décideurs.

À l'heure du choix, il n'est pas évident d'arbitrer entre les différentes interprétations possibles alors qu'elles ont des implications différentes sur les choix de politiques d'aides à la R&D, d'autant plus qu'une procédure de choix hybride entre ces différentes interprétations pourrait être aussi envisagée. La première interprétation est celle qui ressort le plus des entretiens. Cependant, il se pourrait aussi que la narration proposée par les décideurs interrogés faite en termes d'harmonie et d'équilibre corresponde en fait à une pratique (inconsciente ?) reposant plutôt sur de la complémentarité ou de la séquentialité des critères ou d'une combinaison de ces interprétations pour un cas donné.

Ces interprétations sont aussi guidées par l'idée qu'un processus de choix de nouvelles localisations par les décideurs résulte d'un calcul d'optimisation rationnelle. Les témoignages recueillis montrent la prise en compte de facteurs multiples, imbriqués, dont certains restent assez flous pour les décideurs, suggérant que ceux-ci s'écartent de l'hypothétique optimisation menant à une localisation optimale.

Les interviewés peuvent toujours proposer une reconstruction *ex post* du processus de décision : ils peuvent légitimer leurs décisions passées en mettant en avant des aspects positifs (l'existence de synergies par exemple) non anticipés avant la localisation sur le nouveau site, et en camouflant ou minimisant les écueils rencontrés⁴⁵.

Enfin, en ligne avec une rationalité limitée des agents ou leur ancienneté dans le poste, à aucun moment le changement de 2008 n'a été évoqué dans les entretiens : sans surprise, la générosité du CIR est actée et le mécanisme antérieur est oublié ou occulté suggérant l'idée d'un effet de cliquet ou une accoutumance aux aides publiques.

⁴⁵ La multiplication des interviews au sein d'un même groupe, mais aussi en dehors de celui-ci pourrait certainement conforter ou non les présentations faites lors de nos interviews.

À retenir

- Les décideurs des grands groupes mondiaux ne raisonnent jamais au niveau national,
- 5 déterminants de la localisation de la R&D des grands groupes sont identifiés :
L'existence d'un écosystème local avec :
 - La qualité de vie locale pour les chercheurs,
 - L'accès à des compétences locales spécifiques, soit par des coopérations privé-public, soit via des fusions-acquisitions,
 - La proximité avec les sites de production et les clients,
 - Les aides directes et indirectes à la R&D et à l'innovation,
 - Les droits de propriété et les risques de fuite technologique,
- Les décideurs hiérarchisent difficilement les différents déterminants et affirment plutôt décider en pondérant les critères,
- La présence d'un écosystème local facilitant l'accès aux compétences semble cependant primer sur le rôle des financements publics directs et indirects, surtout pour les entreprises des secteurs high-tech moins focalisés sur les coûts de la R&D,
- Le CIR rétablit la compétitivité de la R&D française (notamment pour la partie développement) grevée par des salaires et un IS jugés trop élevés, surtout dans les secteurs « traditionnels » à faible intensité technologique,
- L'effet du CIR sur les multinationales existe, est jugé positif et complémentaire aux autres aides reçues, notamment celles permettant l'intégration à un écosystème local,
- Dans le cadre des analyses de sites, et en tenant compte de différents critères, les grands groupes comparent aussi les aides publiques directes et indirectes proposées pour s'installer à l'étranger,
- Pour les répondants, si le CIR est jugé nécessaire, il ne semble pas être un outil suffisant pour les inciter à pérenniser la R&D de leur entreprise en France, compte tenu des autres critères de localisation,
- À aucun moment le changement de 2008 n'a été évoqué dans les entretiens : la générosité du CIR est actée, une stabilité souhaitée, et le mécanisme antérieur est oublié ou occulté.

5 Conclusion

La globalisation de la R&D est un phénomène paradoxal : alors que des efforts de R&D sont réalisés par quelques groupes présents dans de plus en plus de pays, la globalisation de la R&D française reste un phénomène limité sur les 20 dernières années. Les données disponibles montrent bien la permanence de l'Europe de l'Ouest - même si son déclin est observé également -, la croissance des centres aux États-Unis et en Chine, l'attrait des pays de l'Est ou encore celui de l'Amérique Latine en fonction des marchés locaux ou du niveau des compétences recherchées. Cependant, la R&D reste fortement ancrée en France. Le CIR de 2008 a peut-être joué un rôle dans cette expatriation limitée, que nous n'avons pas encore identifié. Notre analyse descriptive montre que seuls quelques groupes se sont réellement internationalisés au niveau de leur R&D et de leurs marchés. Ils peuvent d'ailleurs facilement basculer, aussi bien au niveau de leur R&D que dans leurs activités à l'étranger. Sanofi cristallise malheureusement l'attention, mais des groupes comme Danone, Servier ou Saint-Gobain par exemple sont de ce type, et peuvent aiguïser d'autant plus les appétits que des compétences de R&D sont déjà situées à l'étranger. Notre approche pourrait facilement être systématisée pour dresser des tableaux de bord annuels pour les plus grands groupes français et opérer une veille stratégique.

Un second paradoxe moins évoqué dans cette étude est la forme d'internationalisation constatée. Des indices sur le degré d'ouverture de l'innovation et des liens intragroupes apparaissent. Les collaborations internationales intragroupes mesurées par les publications ou les conventions semblent très limitées, montrant une R&D internationalisée potentiellement peu intégrée à la R&D menée en France. Plusieurs explications ont été esquissées : la R&D à l'international correspond plus à des développements industriels ; les publications sont surtout issues des CIFRE qui publient avec des co-auteurs qui sont autour d'eux. Cependant, les chiffres observés sur les flux financiers pour les travaux de R&D gérés par les filiales étrangères faisant de la R&D en France ou encore, les données allemandes sur les volumes de sous-traitance intragroupe interrogent sur une possible faiblesse française.

Un troisième paradoxe identifié est le peu de données fiables disponibles sur l'internationalisation de la R&D des entreprises auprès d'organismes publics français. Une priorité serait donc d'agréments les enquêtes R&D en suivant les exemples américains ou suisses pour connaître de manière régulière les volumes de R&D réalisés dans tels ou tels pays ; à défaut, d'ajouter un volet à l'enquête FATS pour disposer bientôt de séries historiques permettant des analyses pertinentes ou, enfin, d'inclure un volet adapté de questions sur les déterminants de l'innovation, ajouté aux questionnaires innovation et adressés tous les trois ans aux entreprises du scoreboard faisant de la R&D en France. En attendant ces évolutions souhaitables de la statistique publique, notre étude montre que les études sur les groupes dépendent de la disponibilité de base de données historiques de type Orbis dont le coût annuel est trop élevé pour un laboratoire de recherche français (plus de 90 000 euros annuels) et d'autant plus prohibitif que les données fournies ne sont pas fiables et doivent être retraitées.

Les limites de notre étude ne reposent pas toutes sur le manque de données qui empêche surtout une approche économétrique basée sur la construction d'échantillons comparatifs. Trois compléments sont nécessaires à notre analyse descriptive : le croisement entre le scoreboard et sa R&D mondiale et les données de l'enquête R&D pour vérifier les trajectoires respectives des dépenses de R&D, même si celles-ci ne sont pas directement comparables ; pondérer les brevets et publications (par les citations, par exemple) pour prendre en compte leur valeur ; étendre l'analyse quantitative et qualitative aux groupes étrangers, à la fois ceux déjà présents en France qu'à ceux qui le seront peut-être un jour.

References

- Abramovsky, L., Harrison, R., Simpson, H., 2007. University research and the location of business R&D. *The Economic Journal* 117, C114-C141.
- Auvray, E., Bouayad-Agha, S., 2019. Les indices de concentration géographique à l'épreuve de l'agrégation des données. *Économie & prévision* 216, 1-20.
- BEA, 2020. Foreign Direct Investment in the United States (FDIUS), in: <https://www.bea.gov/international/di1fdiop> (Ed.).
- Belderbos, R., Du, H.S., Slangen, A., 2020. When do firms choose global cities as foreign investment locations within countries? The roles of contextual distance, knowledge intensity, and target-country experience. *Journal of World Business* 55, 101022.
- Belderbos, R., Leten, B., Suzuki, S., 2017. Scientific research, firm heterogeneity, and foreign R&D locations of multinational firms. *Journal of Economics & Management Strategy* 26, 691-711.
- Belderbos, R., Park, J., Carree, M., 2021. Do R&D Investments in Weak IPR Countries Destroy Market Value? The Role of Internal Linkages. *Strategic Management Journal* n/a.
- Belderbos, R., Sleuwaegen, L., Somers, D., De Backer, K., 2016. Where to locate innovative activities in global value chains: does co-location matter?
- Branstetter, L.G., Glennon, B., Jensen, J.B., 2019. The IT Revolution and the Globalization of R&D. *Innovation Policy and the Economy* 19, 1-37.
- Bresnahan, T., 2010. General purpose technologies, *Handbook of the Economics of Innovation*. Elsevier, pp. 761-791.
- Brynjolfsson, E., Rock, D., Syverson, C., 2021. The productivity J-curve: How intangibles complement general purpose technologies. *American Economic Journal: Macroeconomics* 13, 333-372.
- Cassiman, B., Veugelers, R., 2006. In search of complementarity in innovation strategy: Internal R&D and external knowledge acquisition. *Management Science* 52, 68-82.
- Castañer, X., Oliveira, N., 2020. Collaboration, coordination, and cooperation among organizations: Establishing the distinctive meanings of these terms through a systematic literature review. *Journal of Management* 46, 965-1001.
- Castellani, D., Lavoratori, K., 2019. Location of R&D abroad—An analysis on global cities, *Relocation of Economic Activity*. Springer, pp. 145-162.
- Castellani, D., Montresor, S., Schubert, T., Vezzani, A., 2017. Multinationality, R&D and productivity: Evidence from the top R&D investors worldwide. *International Business Review* 26, 405-416.
- Cerulli, G., Poti, B., Spallone, R., 2018. The impact of fiscal relief on multinationals business R&D investments: a cross-country analysis. *Economia Politica* 35, 649-675.
- Chen, E., Gavious, I., Lev, B., 2017. The positive externalities of IFRS R&D capitalization: enhanced voluntary disclosure. *Review of Accounting Studies* 22, 677-714.
- Chiarini, T., Caliarì, T., Bittencourt, P.F., Siqueira Rapini, M., 2020. US R&D internationalization in less-developed countries: Determinants and insights from Brazil, China, and India. *Review of Development Economics* 24, 288-315.
- Colovic, A., 2010. Towards a better understanding of multinational enterprises' R&D location choices, in: Contractor, F.J., Kundu, S.K., Pedersen, T., Kumar, V. (Eds.), *Global Outsourcing and Offshoring: An Integrated Approach to Theory and Corporate Strategy*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 168-190.
- Cuxac, P., Lamirel, J.-C., Bonvallot, V., 2013. Efficient supervised and semi-supervised approaches for affiliations disambiguation. *Scientometrics* 97, 47-58.
- Dachs, B., Kampik, F., Scherngell, T., Zahradnik, G., Hanzl-Weiss, D., Hunya, G., Foster, N., Leitner, S., Stehrer, R., Urban, W., 2012. Internationalisation of business investments in R&D and analysis of their economic impact. Luxembourg: European Commission.
- Dechezleprêtre, A., Ménière, Y., Mohnen, M., 2017. International patent families: from application strategies to statistical indicators. *Scientometrics* 111, 793-828.
- Florida, R., Kenney, M., 1994. The globalization of Japanese R&D: the economic geography of Japanese R&D investment in the United States. *Economic Geography* 70, 344-369.
- Foray, D., Lhuillery, S., 2010. Structural changes in industrial R&D in Europe and the US: towards a new model? *Science and Public Policy* 37, 401-412.
- Gehrke, B., Schasse, U., Belitz, H., Eckl, V., Stenke, G., 2020. *Forschung und Entwicklung in Staat und Wirtschaft: Deutschland im internationalen Vergleich*. Studien zum deutschen Innovationssystem.

- Gesing, J., Antons, D., Piening, E.P., Rese, M., Salge, T.O., 2015. Joining Forces or Going It Alone? On the Interplay among External Collaboration Partner Types, Interfirm Governance Modes, and Internal R & D. *Journal of Product Innovation Management* 32, 424-440.
- Giuri, P., Mariani, M., Brusoni, S., Crespi, G., Francoz, D., Gambardella, A., Garcia-Fontes, W., Geuna, A., Gonzales, R., Harhoff, D., Hoisl, K., Le Bas, C., Luzzi, A., Magazzini, L., Nesta, L., Nomaler, n., Palomeras, N., Patel, P., Romanelli, M., Verspagen, B., 2007. Inventors and invention processes in Europe: Results from the PatVal-EU survey. *Research Policy* 36, 1107–1127.
- Griliches, Z., 1998. Patent statistics as economic indicators: a survey, R&D and productivity: the econometric evidence. University of Chicago Press, pp. 287-343.
- Håkanson, L., Nobel, R., 1993. Foreign research and development in Swedish multinationals. *Research Policy* 22, 373-396.
- Harfi, M., Lallement, R., 2016. Quinze ans de politiques d'innovation en France. Rapport de la Commission nationale d'évaluation des politiques d'innovation. France Stratégie. P.
- Hernández, H., Grassano, N., Tübke, A., Potters, L., Gkotsis, P., and Vezzani, A., 2018. The 2018 EU Industrial R&D Investment Scoreboard, EUR 29450 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, Publications Office of the EU: London, UK, JRC113807.
- Hottenrott, H., Lopes-Bento, C., Veugelers, R.J.R.P., 2017. Direct and cross scheme effects in a research and development subsidy program. 46, 1118-1132.
- IPTS, 2020. The 2020 EU Industrial R&D Investment Scoreboard, in: JRC, S. (Ed.), <https://iri.jrc.ec.europa.eu/scoreboard>.
- Jacobides, M.G., Cennamo, C., Gawer, A., 2018. Towards a theory of ecosystems. *Strategic Management Journal* 39, 2255-2276.
- Kalemli-Ozcan, S., Sorensen, B., Villegas-Sanchez, C., Volosovych, V., Yesiltas, S., 2015. How to construct nationally representative firm level data from the Orbis global database: New facts and aggregate implications. National Bureau of Economic Research.
- Koh, P.-S., Reeb, D.M., Zhao, W., 2015. Forcing Managers to Talk: CEO Confidence and R&D Opacity.
- Koh, P.S., Reeb, D.M., 2015. Missing R and D. *Journal of Accounting and Economics* 60, 73–94.
- Le Ru, N., 2013. Les entreprises étrangères représentent un cinquième de la R&D privée française. MESR, Paris.
- Leiponen, a., Helfat, C.E., 2011. Location, Decentralization, and Knowledge Sources for Innovation. *Organization Science* 22, 641–658.
- Levin, R.C., Klevorick, A.K., Nelson, R.R., Winter, S.G., Gilbert, R., Griliches, Z.J.B.p.o.e.a., 1987. Appropriating the returns from industrial research and development. 1987, 783-831.
- Lhuillery, S., Raffo, J., Hamdan-Livramento, I., 2016. Measuring creativity: Learning from innovation measurement. WIPO.
- Malsch, B., Salterio, S.E., 2016. “Doing good field research”: Assessing the quality of audit field research. *Auditing: A Journal of Practice & Theory* 35, 1-22.
- Martínez, C., 2011. Patent families: When do different definitions really matter? *Scientometrics* 86, 39-63.
- MESRI, 2018. Les dépenses intérieures de R&D en 2016. Note Flash n° 15
- Moncada-Paterno-Castello, P., Grassano, N., 2020. The EU vs US corporate R&D intensity gap: Investigating key sectors and firms. Joint Research Centre (Seville site).
- Mongeon, P., Paul-Hus, A., 2016. The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis. *Scientometrics* 106, 213-228.
- OECD, 2015. Guidelines for collecting and reporting data on research and experimental development, Frascati Manual.
- OECD, 2021. OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2021.
- Pellens, M., Peters, B., Hud, M., Rammer, C., Licht, G., 2020. Public R&D investment in economic crises. ZEW Discussion Papers.
- Raffo, J., Lhuillery, S., 2009. How to play the "Names Game": Patent retrieval comparing different heuristics. *Research Policy* 38, 1617–1627.
- Rammer, C., Schubert, T., 2018. Concentration on the few: mechanisms behind a falling share of innovative firms in Germany. *Research Policy* 47, 379-389.
- Seybert, N., 2016. Experienced Executives' Views of the Effects of R&D Capitalization on Reputation-Driven Real Earnings Management: A Replication of Survey Data from Seybert (2010). *Behavioral Research in Accounting* 28, 85-90.
- Shon, J., Yan, M., 2015. R&D cuts and subsequent reversals: Meeting or beating quarterly analyst forecasts. *European Accounting Review* 24, 147-166.

- Siedschlag, I., Zhang, X., Smith, D., 2013. What determines the location choice of multinational firms in the information and communication technologies sector? *Economics of Innovation and New Technology* 22, 581-600.
- Simeth, M., Lhuillery, S., 2015. How do firms develop capabilities for scientific disclosure? *Research Policy* 44, 1283–1295.
- Sivitanidou, R., Sivitanides, P., 1995. The intrametropolitan distribution of R&D activities: theory and empirical evidence. *Journal of Regional Science* 35, 391-416.
- Stifterverband, 2019. *Analysen 2019, . Forschung und Entwicklung in der Wirtschaft*, Bundesministerium für Bildung und Forschung, <https://www.stifterverband.org/forschung-und-entwicklung>
- Veugelers, R., 2018. Are European firms falling behind in the global corporate research race? *Bruegel Policy Contribution*.
- Veugelers, R., 2019. Trends at the Frontier in Corporate R&D in the Digital Era: Facts, Prospects and Policies. Directorate General Economic and Financial Affairs (DG ECFIN), European
- Yin, D., Motohashi, K., Dang, J., 2020. Large-scale name disambiguation of Chinese patent inventors (1985–2016). *Scientometrics* 122, 765-790.
- Yin, R.K., 2017. *Case Study Research and Applications: Design and Methods*. SAGE Publications.
- Zucker, L.G., Darby, M.R., Armstrong, J., 1998. Geographically localized knowledge: spillovers or markets? *Economic Inquiry* 36, 65-86.

Annexe 1 : Le classement IPTS des plus grands investisseurs de R&D mondiaux

Les données groupe du scoreboard

La publication à partir de 2003 du scoreboard européen des plus grands investisseurs en R&D européens et non européens (IPTS, 2020) marque bien la nécessité d'améliorer l'information sur les multinationales. Basées sur les rapports annuels, ces données rassemblaient en début de période les 500 plus grands investisseurs (en 2003) en R&D pour grimper à 1000 (à partir de 2005). Puis, le nombre des groupes étrangers non européens va dépasser 1000 groupes à partir de 2011 pour établir un classement des 2500 groupes mondiaux investissant le plus en R&D. On a donc une rupture dans le classement sur la période puisqu'on assiste à l'arrivée de nouvelles firmes qui vient déclasser les firmes appartenant au top 1000 de l'Union européenne et au top 1000 non européen. Afin de pouvoir observer de manière homogène les évolutions des dépenses de R&D des multinationales sur la période, nous avons reconstruit la base existante entre 2005 et 2010, à savoir les 1000 plus grands investisseurs en R&D de l'Union européenne et les 1000 plus grands investisseurs de R&D en dehors de l'Union européenne. Nous avons donc retiré à partir de 2011 les entreprises qui n'étaient pas de l'Union européenne et qui étaient classés comme n'appartenant pas aux 1000 plus grands investisseurs non UE⁴⁶.

Ce faisant, nous assurons une homogénéité de critère de classement sur la période 2005-2019 (les dépenses 2019 sont dans le Scoreboard 2020) mais réintroduisons un biais pro-EU avec une surreprésentation des groupes EU sur la période. Ces groupes UE (Union Européenne) ne représentent en effet pas 1000 observations dans le Top 2500, mais, de l'ordre de 633 groupes en 2013, pour tomber à 542 en 2019. On assiste donc à une réduction du nombre de groupes UE dans les années 2010. Cela ne signifie pas forcément un déclin de l'Europe en raison des montants qui peuvent compenser une baisse du nombre d'entreprises (à la suite de F&A par exemple). Cependant, le début de ce déclin en nombre d'entreprises remonte à des années antérieures signifiant que le biais pro-UE est moins important en début de période qu'à la fin des années 2010. Dans la suite de cette étude, lorsque nous évoquons l'échantillon des groupes utilisé, nous nous référons au classement 2x1000 qui est la fusion du top 1000 UE et du top 1000 non UE sur la période 2015-2019.

Une autre difficulté est l'affectation des nationalités dans le groupe. Des nationalités peuvent changer et il n'est pas toujours évident de les identifier l'année du changement, pour autant que le rachat par un groupe étranger soit repéré. Lorsque le rachat de l'entreprise x du pays A est signalé pour une année y par le groupe z du pays B, l'entreprise x du pays A et son budget de R&D sont réaffectés, à partir de l'année y, au pays B où est basé le groupe z. Des filiales de EDF de Grande-Bretagne sont, par exemple, réaffectées à EDF France et ne sont plus considérées comme une R&D de groupe britannique.

La présence de quelques maisons mères au Luxembourg ou aux Pays-Bas entraîne aussi des reclassements : Gemalto, STMicroelectronics ou Airbus, Airbus sont des sociétés néerlandaises sont ainsi réaffectées à la France sur toute la période ; Gemplus, Ipsen ou encore l'Occitane passe ainsi du Luxembourg à la France, AKKA Technologies de la Belgique à la France. Dans certains cas, ces réaffectations selon une logique industrielle de groupe ne vont pas correspondre à des effectifs sur le sol français (rachat de Body Shop par L'Oréal). Si Airbus est réaffecté à la France, ses différentes filiales dans le groupe le sont aussi. Il en va de même pour ses joint-ventures avec Safran : la filiale allemande Airbus Safran Launchers (ou Arianegroup GmbH) est ainsi réaffectée à la nationalité française. La fusion

⁴⁶ Dans notre 2x1000 scoreboard, on élimine donc ce faisant successivement quelques 91, 473, 865, 892, 910, 933, 923, 949, 958 groupes non-EU disponibles qui appartenaient au TOP 2500 entre les années 2011 et 2019.

de Technip avec FMC Technologies inc. est considérée comme une entité britannique. Nissan reste japonais.

Ce reclassement des entreprises françaises pose enfin aussi un problème dans la mesure où ce reclassement devrait aussi être fait pour les groupes non-français du classement. Plusieurs groupes européens ont aussi dans le scoreboard une maison mère domiciliée au Benelux (p. ex. l'allemand Senvion au Luxembourg ou l'italien Chrysler aux Pays-Bas qui peuvent facilement être reclassés). Des cas plus subtils nécessitant une connaissance fine des groupes de chaque pays peuvent cependant avoir échappé à notre analyse. Le second reclassement, pour les groupes domiciliés dans les îles Cayman ou encore aux Bermudes, a été plus simple finalement. Ils sont en effet composés essentiellement de groupes d'origine chinoise ou américaine. Compte tenu de la période analysée, tous les groupes de Hong Kong ont été considérés comme des groupes chinois. Taïwan reste à part.

Des doublons existent dans ce scoreboard : des conglomérats tels que Yamaha, ou encore des entreprises telles que Bosch peuvent apparaître plusieurs fois dans le scoreboard. Plusieurs comptes sont en effets déposés, mais pas ceux de la maison mère ultime. L'agrégation n'est pas possible ici sans passer par un exercice de consolidation. En France par exemple, Dassault apparaît deux fois (Dassault Systèmes et Dassault Aviation). Les codes d'activité peuvent varier selon les filiales déposant les comptes. On a aussi des comptes séparés suivant des logiques nationales : à partir de 2011, Merck entre deux fois dans le classement avec d'un côté la firme allemande, de l'autre, la filiale américaine. Les pays peuvent ainsi varier selon les filiales déposant les comptes. Dans le scoreboard, on a deux entités cotées en bourse et, on ignore finalement si on a une maison mère ultime commune et son encre national.

Des données peuvent aussi manquer dans ce classement. Ainsi, Orange n'est pas disponible pour 2016, créant une chute dans les dépenses de R&D en télécommunication pour la France cette année-là. Nous remplaçons cette entreprise pour 2016 en prenant des valeurs interpolées ; ce faisant, nous faisons aussi sortir la dernière entreprise du classement 2016.

Les fusions acquisitions sont plus nombreuses que les scissions. Elles aboutissent à la disparition de groupes et non à leur sortie du classement. Cela peut entraîner des ruptures de séries pour l'entreprise qui achète. L'année de la transaction, le classement stipule parfois⁴⁷ « maintenant Aventis » par exemple. Dans ce cas, l'entreprise ou la startup concernée (Zentiva) est laissée comme telle cette année-là, mais se voit affecter à la nationalité de sa nouvelle maison mère. Le suivi des groupes est délicat, les groupes changeant d'identifiant (BVD ID ici) et de raison sociale sur la période. Comme nous le verrons, de nombreuses entreprises restent stables sur la période et occupent une grosse partie des dépenses de R&D : le lissage des raisons sociales et l'affectation d'identifiants sur la période sont alors plus faciles.

Enfin, les activités des groupes évoluent sur la période. Il n'est pas évident de suivre cette évolution avec des sauts dans les classements faits pour une entreprise qui peuvent reposer sur des transformations de l'activité, sur des erreurs de classification ou sur des changements de nomenclature industrielle sur la période. Face au changement de nomenclature ICB sur la période, (ICB), nous avons utilisé la table de passage ICB entre les versions de nomenclature, lorsque cela était possible. Nous avons réaffecté les activités dans un niveau supérieur en cas de disparition ou d'émergence d'un code d'activité (par ex. « Real Estate », qui regroupe des holdings financiers et que nous passons en service financier).

D'autres difficultés liées à ces données sont évoquées au sein même de l'analyse.

⁴⁷ Seules certaines modifications de périmètres sont signalées à côté de la raison sociale, comme cela est fait dans la base de données Orbis par exemple. Les F&A entre entreprises du classement ne sont pas systématiquement signalées. Les acquisitions de petites entreprises ou de startups ne sont jamais signalées via cette variable.

Annexe 2 : L'intensité de R&D des groupes

Le modèle explicatif de base est le suivant :

$$RD_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{Taille} + \beta_2 \text{Taille}^2 + \beta_3 \text{Productivité}_{it} + \sum \beta_k \text{Industries}_k + \sum \beta_j \text{pays}_j + \sum \beta_t \text{année}_t + \varepsilon_{it}$$

La variable dépendante est le niveau de R&D (RD_{it}) ou l'intensité de l'activité de R&D de la firme au niveau global au cours de l'année t. L'intensité de R&D est égale au budget de R&D divisé par le chiffre d'affaires de l'année t. La taille (en log) est aussi introduite au carré pour tenir compte de non-linéarité. Le classement intègre de manière originale de nombreuses start-ups avec beaucoup de R&D et peu ou pas de chiffres d'affaires. Les investissements de la firme sont influencés par l'appartenance du groupe au secteur k. Les variables continues sont en log et les valeurs ne sont pas déflatées. Une indicatrice par année t est introduite.

Tableau 27 : Explication de l'intensité de la R&D des groupes

	Coef.		Std. Err.
Taille (log)	-1,015	***	(0,024)
Taille ²	0,043	***	(0,002)
Productivité (Log)	-0,070	***	(0,022)
Austria	-0,431	***	(0,148)
Belgium	-0,206		(0,148)
Canada	0,932	***	(0,085)
China	0,371	***	(0,093)
Denmark	0,067		(0,134)
Finland	-0,250	**	(0,117)
France	référence		
Germany	-0,019		(0,096)
Ireland	0,115		(0,161)
Italy	-0,189		(0,133)
Japan	0,572	***	(0,088)
Netherlands	-0,051		(0,130)
South Korea	0,790	***	(0,158)
Sweden	-0,136		(0,107)
Switzerland	0,749	***	(0,123)
Taiwan	0,364	***	(0,121)
UK	-0,148	*	(0,086)
USA	0,780	***	(0,083)
Time dummies	1,839	***	(0,131)
Sector dummies	Oui		
Constante	1,342	***	(0,087)

Note : N=2115, pour 3 579 groupes sur 2005-2019.

On a * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$, MCO avec une clusterisation des résidus sur l'identité des groupes.

La variable expliquées et le log du ratio budget de R&D divisé par le chiffre d'affaires de l'année t. La taille est le log du chiffre d'affaire en millions de dollar courant. La productivité est la productivité apparente du travail, le log du chiffre d'affaires divisé par le nombre d'employé dans le groupe.

Les indicatrices de référence sont la France pour les indicatrices pays. Les coefficients des autres pays mesurent l'écart d'intensité de la R&D par rapport à la France. Cet écart peut être significatif ou pas. Son importance peut être évalué en pourcentage : l'intensité des firmes américaines mesurée en logarithme est +0.78 plus haute qu'en France, ce qui signifie que l'intensité de la R&D est multiplié par $100 \cdot (e^{+0,78} - 1) = +118\%$; que l'intensité de R&D des groupes britanniques est inférieure à celle des groupes français de $100 \cdot (e^{-0,148} - 1) = -13,8\%$.

L'échantillon est réduit aux multinationales des pays listés dans le tableau, plus la France. Il n'y a pas de lag introduit dans ce modèle. Les coefficients des indicatrices de temps (années) et des indicatrices sectorielles (ICB à 3 chiffres) ne sont pas reportées dans le tableau.

Annexe 3 : Échantillon et recueil des données des rapports annuels

Les données du scoreboard sont intéressantes mais recouvre de nombreuses entreprises qui entrent et sortent du scoreboard pour différentes raisons (faillites, baisse de la R&D, fusion, rachat, etc.). Nous avons donc recherché des groupes français du scoreboard que nous pouvions analyser plus précisément. Deux points ont émergé de nos premières investigations :

- De nombreux documents ne sont pas disponibles pour le début des années 2000. Cela nous a forcé à restreindre la période d'investigation et à ne la faire débuter qu'en 2004.
- Les documents sont plus souvent disponibles pour les années récentes. Ainsi pour 2016-2018, on retrouve en effets plus de rapports, les groupes ayant pris l'habitude de communiquer.

Nous avons donc décidé de nous centrer sur les groupes français du scoreboard 2016, pour lesquels nous avons donc le plus d'information dans les rapports. Ce faisant, il est à noter que nous n'intégrons donc pas dans notre échantillon les groupes français du scoreboard qui ne sont pas listés en 2016. Les documents ne sont pas forcément tous disponibles sur le reste de la période. Parmi ces 83 groupes considérés comme français :

- Nous ajoutons les groupes Airbus et Gemalto que nous reclassons en Français pour atteindre 85 groupes
- Six sont restées sans documentation : malgré un mail de demande et deux mails de relance, aucun document (document de référence, rapport financier, rapport d'activité) n'a été trouvé. Il s'agit des entreprises Servier, LFB, Nexter, Nexeya et Flamel Technologies. Les rapports annuels de Gemalto ne sont pas disponibles suite à la fusion avec Thales en 2019.
- Cependant, compte tenu de la taille de la R&D de Servier et Gemalto, nous avons conservé ces deux groupes dans notre échantillon, même si nous n'avons pas les rapports annuels. Notre échantillon de groupes français des plus gros investisseurs de R&D rassemble donc 81 groupes.
- Les données comptables sont exprimées en millions d'euros sauf pour Total (2014, 2015 et 2016), Criteo (2014 et 2015) et la CGG (de 2011 à 2015) où les montants étaient exprimés en dollars. Afin d'être homogène avec le scoreboard et le reste des rapports annuels, nous avons fait une conversion en utilisant les taux de change desdites années au 31/12.

Tableau 28 Un exemple d'informations trouvées dans les documents comptables

Année	2018
Group	MERIEUX
SIREN	673620399
Groupe BV ID	FR673620399
Intangibles brut (millions Euros)	888,2
Intangibles net (millions Euros)	507,3
Dépenses de R&D	326,9
R&D brut (autres intangibles)	41,2
R&D net (autres intangibles)	37,2
R&D capitalisée	23
R&D amortie	4
Centres de recherche à l'étranger	USA (5), France (4), Italie (1), Brésil (1), Chine (2), Inde (1), Allemagne (1), Belgique (1)
R&D par pays	nd

En US GAAP, le groupe Mérieux aurait déclaré un montant de 350 millions environ, ne pouvant immobiliser une partie de ses dépenses de R&D. Cet exemple permet de souligner les écarts potentiels entre les grandeurs et la nécessité de retraiter les données de R&D en IFRS pour pouvoir d'une part saisir les efforts réels des entreprises, d'autre part comparer les données à des entreprises en GAAP.

Depuis l'identification de la disponibilité des rapports, le début de l'étude a permis d'analyser ces 81 rapports pour y trouver les informations sur la R&D du groupe. Dans la norme IFRS et contrairement aux normes GAAP, les dépenses déclarées de R&D ne représentent pas exactement l'effort fait cette année-là par l'entreprise. Pour avoir une telle approximation, il faudra ajouter pour les groupes en IFRS

les dépenses de R&D et la R&D capitalisée, trouvée dans le bilan et détaillée dans l'annexe (états financiers en IFRS, document de référence). Ainsi, dans l'exemple de Mérieux dans le Tableau 1 ci-dessous, l'effort de Mérieux en 2018 est de 326,9 + 23 millions soit un montant de 349,9 millions et non pas de 326,9 millions.

Tableau 29 : Données « comptables » sur la R&D 2016 pour les entreprises françaises du Scoreboard 2016

Raison_Sociale	BvD ID	Documents comptables				Scoreboard_16
		Dépense R&D	Capitalisée	Effort R&D (dep+cap)	Localisation	Effort R&D
ABSCIENCE	FR438479943	27,90	0,00	27,90	Centres d'études cliniques en France et aux USA	23,7
ACCOR	FR602036444					45,0
ACTIA	FR602036444	49	7,80	56,80	Pour la division Automotive : France, Allemagne, Suède ; Pour la division Télécommunications : France, Tunisie	28,1
ADP	FR552016628	49		49,00	ADP Ingénierie (Filiale détenue à 100% par ADP) : leader de la conception aéoportuaire (réalise de la R&D pour ses clients) Implantation : France, Dubaï, Bahreïn, Oman, Amérique latine, Afrique de l'Est, Hong-Kong et Chine	41,0
AIRBUS	NL24288945				France, Allemagne, Espagne, Russie, Singapour, Chine, États-Unis	3281,0
AIRLIQUIDE	FR552096281	202	67,50	269,50	Centres de recherche : France (3), Allemagne (2), USA (1), Japon (1), Corée (1), Chine (1)	262,3
AKKA	FR422950865	52,50		52,50	Akka Research : France écosystème de partenaires R&D nationaux et internationaux (pas de précision)	52,1
ALCATEL	FR493378939					2 409,0
ALSTOM	FR389058447	175	70,00	245,00	Centres de R&D : USA, Brésil, Allemagne, Suisse, France, Hongrie, UK, Chine	151,0
AREVA	FR428764500	85	33,00	118,00	Centres de recherche en France, Allemagne et USA Partenariats universitaires : France, Allemagne, UK, Pologne, USA, Inde et Chine	152,0
ARKEMA	FR445074685	222	0,00	222,00	13 centres de recherche et développement répartis en 3 pôles régionaux : Europe, Amérique du Nord et Partenariats en France et en Asie Europe Open Innovation en France et au Canada	209,0
AUCHAN	FR410409460		39,00	39,00		25,0
AXWAY	FR433977980	53,30	0,00	53,30	Centres de développement : France, Amérique du Nord, Roumanie, Bulgarie, Inde	36,9
BIC	FR552008443	35,40	0,00	35,40	Divisions recherche, développement et innovation : Europe et Amérique du Nord	32,4
BIOMERIEUX	FR673620399	271,90	14,30	286,20	Centres de recherche : USA (3), France (9), Canada (1), Italie (1), Brésil (1), Chine (1), Inde (1), Allemagne (1), Belgique (1)	279,9
BOLLORE	FR055804124	185,40	63,10	248,50		172,7
BOUYGUES	FR552045999	59	41,00	100,00		77,0
BURELLE	FR785386319	145,70	193,40	339,10	Plastic Omnium : 2 centres internationaux en France + 21 Centres de recherche et développement dans le monde (Europe, Asie, Amérique du Nord et du Sud, Afrique)	235,4
CAPGEMINI	FR330703844			0,00		33,0
CEGEDIM	FR350422622	41,40	40,60	82,00		39,4
CEGID	FR410218010		33,90	33,90	Forte en France pour les activités de implantation de développement Présence également à l'étranger, mais pas de précision s'il s'agit de R&D	32,4
CGG	FR969202241	12,93	32,31	45,24	Centres de R&D : France, Chine, USA, Pays de Galles	101,2
CHRISTIANDIOR	FR582110987	108	0,00	108,00		86,0
CNP	FR341737062		22,90	22,90		24,1
CRITEO	FR484786249	117,47	7,60	125,08	France (Paris) USA (Palo Alto et Ann Arbor)	72,4

DANONE	FR552032534	333	0,00	333,00	2 centres internationaux de recherche : France et Pays-Bas 4 centres spécialisés : France, Singapour, Espagne, Russie Equipes locales	307,0
DASSAULTAVIATION	FR712042456	292,70	12,10	304,80	Coopération avec plus de cent universités, instituts et centres de recherche dans le monde (aucun pays précisé)	404,2
DASSAULTSYSTEMES	FR322306440	540,50	0,00	540,50	Laboratoires de R&D: France, en Allemagne, au UK, aux Pays-Bas, Pologne, USA, Canada Inde, Malaisie et Australie	492,5
DBVTECHNOLOGIES	FR441772522	78,80	0,00	78,80	Essais cliniques réalisés dans des centres principalement en France, aux USA et au Canada	33,2
EDENRED	FR493322978					72,0
EDF	FR552081317	572		572,00	3 centres en France Étranger : Allemagne, UK, Pologne, Chine, États-Unis, Singapour et Italie	555,0
ENGIE	FR542107651	191	23,00	214,00	Centre de Recherche Innovation Gaz et Energies Nouvelles : France, mais porte le laboratoire du Groupe à Singapour ENGIE Laborelec Lab (technologies de l'électricité) : Belgique et succursales aux Pays-Bas, en Allemagne et porte les laboratoires du Groupe au Moyen-Orient et au Chili ENGIE Cylergie Lab : France TRACTEBEL Engineering : en France, en Italie, en Pologne, en Roumanie, en République tchèque, en Inde et au Brésil,	190,0
ERAMET	FR632045381	34	0,00	34,00	Metallurgie extractive : France + Nouvelle-Calédonie Métallurgie d'élaboration : France Métallurgie des poudres : Suède, France, Espagne	25,0
ESI	FR381080225	26,90	28,30	55,20	Effectifs R&D répartis entre : France, Inde et USA	26,2
ESSILOR	FR712049618	214		214,00	3 Centres Innovation et Technologie : France, USA, Singapour 1 centre de recherche et développement en Irlande 1 centre de développement et d'évaluation en Chine Partenariats universitaires : France, Chine, Canada	214,0
FAIVELEY	FR323288563	18,40	5,90	24,30	Europe : 12 centres de compétences	24,3
FIVES	FR542023841	32,80	7,80	40,60	28 Centres de recherches et de tests : France (17), Amériques (6), Europe (4), Asie (1)	26,7
GAMELOFT	FR429338130					143,9
GFI	FR385365713	32,10	15,30	47,40	GFI Innovation center : France + Espagne, Maroc	27,7
GROUPESEB	FR440410637	92,20	4,30	96,50	Centres de recherche : France, Allemagne, Italie, USA, Colombie, Brésil, Chine, Vietnam, RUSAsie	92,7
GUERBET	FR308491521		4,00	4,00		37,7
INGENICO	FR317218758	178,30	27,90	206,20		169,5
IPSEN	FR419838529	208,90		208,90	Centres de Recherche et Développement : France (1) USA (1), UK (1) Partenariats académiques : France, USA, Singapour	192,6
L'OREAL	FR632012100	849,80	87,20	937,00	Centres mondiaux de R&D : France Centres de recherche : France, USA, Brésil, Afrique du Sud, Chine, Japon, Inde	794,1
LATECOERE	FR572050169	21,40	0,00	21,40		32,4

LEGRAND	FR421259615	237,70	34,60	272,30	Principalement en France, Italie, Chine et USA (20 pays au total aux USA près des marchés)	217,2
MANITOU	FR857802508	18,30	10,30	28,60	6 bureaux d'études R&D : France, USA, Italie et UK	27,7
MGICOUTIER	FR344844998	50,50	0,00	50,50		26,7
MICHELIN	FR855200887	718	0,00	718,00	Centre de recherche mondial : France Centres de Technologie : Europe, Amérique du Nord (USA), Amérique du Sud, Asie (Japon)	689,0
NEOPOST	FR402103907	52	24,90	76,90	6 Principaux centres de R&D : France, Pays-Bas, UK, République tchèque, Australie, Vietnam	69,3
NEXANS	FR393525852	81		81,00	4 centres de recherche : France (2), Allemagne (1), Corée (1)	82,0
ORANGE	FR380129866	705	0,00	705,00	Centres de recherche : France, Chine, Japon, Pologne, Roumanie, Tunisie, Inde et Égypte, Technocentres en France, au UK, en Pologne, en Jordanie et en Côte d'Ivoire, Open Innovation : France, en Asie, au Japon (avec une extension en Corée et à Taïwan), en Pologne, en Côte d'Ivoire, en Israël et en Jordanie et en Espagne,	726,0
PARROT	FR394149496	58,70	4,90	63,60		57,8
PSA	FR542065479	1915	1267,00	3182,00	France (3 centres de R&D) Chine (3 centres de R&D) Brésil (1 centre) Maroc (1centre)	2 244,0
RADIALL	FR552124984	24	0,00	24,00	Bureaux d'études en France	21,3
RENAULT	FR441639465	2370	903,00	3273,00	France, Corée, Inde, Espagne, RUSAsie, Roumanie, Amérique	2 243,0
SAFRAN	FR562082909	728	343,00	1071,00	France (centre R&T à Saclay) Partenariats : France, projets européens, USA, Singapour, Inde	1 191,0
SAFT	FR383703873					44,0
SAINT GOBAIN	FR542039532	438	17,00	455,00	Centres de R&D transversaux : États-Unis, en Europe, en Chine, en Inde et au Brésil	443,0
SANOFI	FR395030844	5172	142,00	5314,00	Amérique du Nord, Allemagne et France	5 246,0
SCHNEIDER	FR542048574	535	348,00	883,00	Participation à des projets européens Activité Optimisation et analyses : Partenariats avec France, Suède, USA Investissements dans start up innovantes : Europe, Israël, Amérique du Nord et Asie,	937,0
SCOR	FR562033357				Scor Global Life : 6 centres de recherche basés à :France, Allemagne, USA, Singapour Convention de partenariat : France et Singapour	36,0
SNCF	FR808332670				France	171,0
SOMFY	FR303970230	70,30	4,10	74,40	Centres de recherche : France, Pologne, Chine	64,6
SOPRA	FR326820065	111,20	0,00	111,20		47,1
SUEZ	FR433466570	74	0,00	74,00	Centres de recherche et d'expertise : France, Espagne, USA, Chine, Singapour, Chili Partenaires académiques : France, Espagne, Chine	74,0
TARKETT	FR352849327	37,30	2,00	39,30	Centre de Recherche et d'Innovation International : Luxembourg 24 laboratoires dans 15 pays dont Chine, Italie, USA, Canada Partenariats universitaires : France, Allemagne	26,7
TECHNICOLOR	FR333773174	178	49,00	227,00	Laboratoires : France, USA, Inde, Chine	134,0

TECHNIP	FR391637865						86,1
THALES	FR552059024	736,10	6,60	742,70	Centres de recherche : France, en UK, aux Pays-Bas, à Singapour et au Canada, Partenariats : USA		553,5
TOTAL	FR542051180	999		999,00	France, USA, Qatar, Norvège, Russie, UK Partenariats : labos universitaires aux USA, Chine, Japon, Europe		1 068,0
UBISOFT	FR335186094	510		510,00	France Partenariats universitaires : Canada (Laval, Toronto, Montréal)		567,0
VALEO	FR552030967	956	437,00	1393,00	Centres de recherche : France, en Allemagne, en Irlande, Japon Centres de développement: Amérique du Nord, Amérique du Sud, Europe et Asie		954,0
VALLOUREC	FR552142200	60	0,00	60,00	6 centres de recherche : France (2), Allemagne (2), Brésil (1), USA (1) Autres activités de R&D à travers les filiales : Indonésie, Japon		81,9
VEOLIA	FR403210032	65,10	19,10	84,20	6 centres de recherche et innovation : France (3), Chine (1), Pologne (1), Singapour (1)		70,7
VILMORIN	FR377913728	192,40	164,80	357,20	Centres de recherche spécifiques aux filiales selon les marchés : Europe, Asie, Afrique, Amériques du Nord et du Sud Partenariats de recherches avec entreprises : France, USA, Pays-Bas, Australie Partenariats de recherche avec universités : France, USA, Australie, Japon, Israël		329,9
VINCI	FR552037806	50		50,00	Seul centre de recherche identifié via Eurovia : en France (Mérignac)		50,0
VIVENDI	FR343134763	77		77,00			169,0
ZODIAC	FR729800821	229,50	55,60	285,10			334,2

Note : Alcatel est conservé dans le scoreboard 2016, nous le conservons donc comme une entreprise française. On a 79 entreprises dans le tableau. 81 avec Gemalto et Servier qui sont conservés mais qui n'apparaissent pas dans le tableau en raison de la non-disponibilité des rapports annuels.

Une fois les documents identifiés et accumulés, le travail d'investigation à l'intérieur des documents a permis d'identifier, pour les années pour lesquelles les documents sont disponibles, les dépenses et information sur la R&D des 79 groupes français présents au sein du Scoreboard des plus gros investisseurs de R&D 2016 (in Tableau 29, page 134).

Dans certains documents, la présence de centres de R&D en France et à l'étranger est renseignée. Dans certains cas, l'information procure également le nombre de centres par pays. Les dépenses de R&D par pays ne sont cependant jamais publiées dans les 79 cas compilés.

Les pays dans lesquels des partenariats de recherche privés ou universitaires significatifs ont été effectués sont renseignés dans plusieurs cas.

Cette information ne signifie pas que l'entreprise française réalise de la R&D dans ce pays, mais suggère que cela est possible. Cette information sera croisée avec celles issues des données brevets qui identifient les inventions faites dans un pays et déposées par des filiales françaises installées dans ce pays.

Les rapports consultés sur la période 2004-2018 montrent des variations parfois importantes. Ces variations peuvent souvent être expliquées (*e.g.* Alstom et la chute de ses centres de R&D suite à sa quasi-faillite), peuvent être dues vraisemblablement à des oublis (le centre en Italie est déclaré de 2004 à 2013 puis de 2014 à 2018) ou recouvre parfois des raisons plus obscures.

L'information sur la présence ou non de R&D à l'étranger est donnée par 71 groupes français parmi les 79 du Scoreboard disponibles.

Les groupes français sont en IFRS, mais nous avons aussi cherché dans quelle mesure, ces données françaises sont comparables aux autres groupes du scoreboard. En GAAP, quand les dépenses ne sont pas activées et donc on va avoir plus de charges qu'en IFRS. Une situation critique étant le passage d'un système à l'autre qui entraînerait une rupture de série.

Sur les 2500 entreprises du Scoreboard 2016, 662 sont européens dont 73 environ font de la R&D en France. En d'autres termes, 11% des principaux investisseurs en R&D européens font de la R&D en France. Concernant les USA, on arrive par exemple à un ratio de 58/837 soit un taux de présence de 7% environ.

Annexe 4 : Pourquoi ne pas utiliser les données Compustat Global ?

La base de données Compustat North America permet d'identifier les comptes des entreprises nord-américaines pour plus de 28 000 entreprises actives et inactives. La base de données fournit des observations uniques sur les investissements des entreprises en R&D et hors R&D, ainsi que sur d'autres caractéristiques propres à l'entreprise, telles que la liquidité, les contraintes financières ou la rentabilité.

La base de données Compustat Global fournit le même type de données que Compustat North America, mais n'a pas la même couverture. Compustat Global couvre plus de 90% de la capitalisation boursière mondiale (hors US et Canada) en fournissant des données pour 33 000 entreprises actives et inactives dans plus de 80 pays.

Les données Compustat proviennent majoritairement des dépôts auprès de la SEC. Ces données sont donc nécessairement redondantes avec les données issues des rapports annuels présentées précédemment. Les données Compustat sont toutefois standardisées et codifiées pour simplifier les comparaisons inter-firmes (*e.g.* des variables indiquant si la comparabilité des données est possible).

En outre, les données Compustat Global peuvent permettre d'identifier la localisation de la R&D et les dépenses de R&D faites à l'étranger par les multinationales. Par exemple, pour le cas de Sanofi, Compustat Global permet d'identifier les contributions Sanofi India Limited et Sanofi Aventis Pakistan et leurs contributions aux dépenses de R&D consolidées de Sanofi SA. Les données *Compustat Global* permettent ainsi d'identifier très partiellement la localisation de la R&D et les dépenses de R&D faites à l'étranger par les multinationales, mais les données sont biaisées vers les filiales cotées.

Les données Compustat North America disponibles sont sinon consolidées au niveau du groupe ce qui empêche d'une part la localisation de l'exécution de la R&D au sein des groupes et d'autre part l'identification des budgets de R&D par filiale. Les données de Compustat restent donc insuffisantes pour l'identification des montants de R&D des filiales des groupes français, même si ces dernières sont cotées sur le NYSE.

Les données de R&D présentées par segment géographique ne sont pas homogènes dans la mesure où elles ne rendent compte du zonage géographique directement déclaré par les entreprises dans leur rapport annuel. En fonction des données collectées, on pourra avoir une répartition par pays, par zone géographique ou bien un chevauchement de ces deux niveaux. Les budgets de R&D par pays ou par zone géographique ne sont pas disponibles. Ces données sont donc redondantes avec celles présentées dans les rapports annuels.

De plus, l'identification des activités principales des filiales actuelles n'est pas exhaustive. Les données relatives à l'activité des filiales des groupes sont en effet manquantes dans un tiers des cas. De la même manière, les données financières relatives aux filiales d'un groupe sont pour la plupart du temps inexploitable car manquantes ou peu vraisemblables.

Annexe 5 : Pourquoi ne pas utiliser les données de l'enquête française FATS ?

L'enquête annuelle européenne sur l'activité des filiales étrangères des groupes français (Outward FATS - OFATS) est un complément intéressant permettant d'identifier la localisation des filiales des groupes français situées à l'étranger. Cette enquête fournit des données agrégées selon deux niveaux :

- Données agrégées par pays, toutes activités confondues,
- Données agrégées par activité principale, par zone géographique.

Néanmoins, ce questionnaire ne permet pas d'identifier l'activité principale des filiales dans la mesure où l'activité principale affectée à chacune des filiales est celle du groupe. Dès lors, ces données ne permettent pas d'identifier des filiales principalement dédiées à la R&D.

Ces données ne peuvent que venir corroborer les localisations identifiées à partir des données Orbis. De plus, on notera que les chiffres agrégés par pays ou par zone géographique ne sont pas directement comparables avec les données des filiales provenant d'Orbis. En effet, l'enquête FATS comptabilise pour chaque groupe les filiales et les sous-filiales (*i.e.* les filiales de niveau 1 et 2), les succursales et les co-entreprises tandis que les données Orbis utilisées pour la géolocalisation ne prennent en compte que les filiales de premier niveau. En outre, les données issues de l'enquête FATS sont, bien entendu, couvertes par le secret statistique et ne peuvent pas être directement comparées aux autres données individuelles présentées dans cette note. Tout particulièrement, il ne nous est pas possible de confronter de manière explicite les résultats issus de FATS et ceux issues des autres sources notamment ceux obtenus à partir d'Orbis pour le cas Sanofi.

Annexe 6 : Les fusions, acquisitions, cessions de Sanofi entre 2005 et 2020

Tableau 30 : Achats, prises de participation par Sanofi ou par l'une de ses filiales

Closed Date	Target	Pays	Sellers	US\$
janv-23-2020	Synthorx, Inc.	US	Avalon Ventures, LLC; Correlation Ventures; Medicxi Venture (UK) LLP; OrbiMed Advisors LLC; Osage Partners LLC; RA Capital Management, L.P.	2 459,69
mars-07-2018	Bioverativ Inc.	US	BlackRock Fund Advisors; HealthCor Management L.P.; ValueAct Capital Management L.P.	11 474,26
mai-04-2018	Ablynx NV	BE	Bank of America Corporation, Asset Management Arm Consonance Capman GP LLC; Life Sciences Partners BV Perceptive Advisors LLC; Van Herk Investments B.V.	4 768,67
juil-02-2015	Retrophin, Inc., Pediatric PRV	US	Retrophin, Inc. (NasdaqGM:RTRX)	245,0
mai-31-2014	Globalpharma Co., LLC	AE	Dubai Investments PJSC (DFM:DIC)	104,82
mars-20-2013	Genfar S.A.	CO		-
juin-29-2012	Oxford BioMedica PLC Two Exclusive Worldwide Licences of StarGen and UshStat	UK	Oxford Biomedica plc (LSE:OXB)	3,0
avr-02-2012	Pluromed, Inc.	US		-
avr-07-2011	Genzyme Corporation	US	International Biotechnology Trust plc (LSE:IBT); Relations Investors LLC; SV Life Sciences Advisers, LLC (nka:SV Health Investors, LLC)	20 479,55
févr-24-2011	BMP Corporation Sunston	US	ACT Capital Management; Amphion Innovations Plc; Andesite Life Sciences, LTD; Andesite, LLC; Artis Capital Management, L.P. Asgard Partners Limited; Ashford Capital Management Inc Eagle Advisors; JMG Capital Management, LLC; Pacific Asset Management, LLC; The Bee Publishing Co., Inc.; Whitebox Advisors, LLC <i>Seller Funds</i> : ACT Capital Partners LP; Andesite Life Sciences I, LP; Andesite Life Sciences II, LP; JMG Capital Partners L.P.; JMG Triton Offshore Fund Ltd.; Whitebox Convertible Arbitrage Partners L.P.; Whitebox Special Opportunities Fund Series B Partners, L.P.	534,11
janv-25-2011	Oxford BioTherapeutic Limited, Preclinical Antibody Program	UK	Oxford BioTherapeutics Ltd	-
sept-30-2010	Siegfried Holding AG Inhalation Project	CH	Siegfried Holding AG (SWX:SFZN)	-
juil-31-2010	TargeGen, Inc.	US	BB Biotech Ventures G.P.; CDP Capital-Technology Ventures Chicago Growth Partners, LLC; CTI Life Sciences; Enterprise Partners Venture Capital; Forward Ventures; Hambrecht & Quis Capital Management, LLC (nka:Tekla Capital Management LLC Innovis Investments LLC; Pappas Ventures; QIC BioVentures VantagePoint Capital Partners; William Blair Capital Partners L.L.C. <i>Seller Funds</i> : CTI Life Sciences Fund, L.P.; Innovis Investments Australia Fund	560,0
avr-30-2010	ZAO "BIOTON WOSTOK"	RU	BIOTON S.A. (WSE:BIO)	71,85
févr-08-2010	Chattem, Inc.	US		2 238,53
oct-30-2009	Fovea Pharmaceuticals SA	FR	Abingworth LLP; Credit Agricole Private Equity (nka:Omne Capital S.A.S.); Forbion Capital Partners; GIMV N (ENXTBR:GIMB); Sofinnova Partners SAS; Wellcome Trust Investment Division <i>Seller Funds</i> : Abingworth Bioventures IV L.P.	541,09
sept-17-2009	Meril Limited	US	Merck & Co., Inc. (NYSE:MRK)	4 000,00
juil-28-2009	Helvepharm AG	CH	Zur Rose Group AG (SWX:ROSE)	-
mai-15-2009	Laboratorios Gramon	AR	Gerardo Ramón y Cia. S.A.I.C.	-
avr-27-2009	BiPar Sciences, Inc.	US	Asset Management Ventures; Canaan Partners; Domain Associates, L.L.C.; PolyTechnos Venture-Partners GmbH (nka:PolyTechnos Partners & Team GmbH); Quantur Technology Partners; Quicksilver Ventures; Sand Hill Angels, Inc Vulcan Capital <i>Seller Funds</i> : Domain Partners VII, L.P.	500,0
févr-25-2009	Zentiva N.V.	NL	Belviport Trading Ltd.; Fervent Holdings, Ltd.; Generali PP Holding B.V. (nka:Generali CEE Holding B.V.); PPF Group N.V.	2 056,09
mars-31-2006	Sanofi-Synthelabo-Taisho Pharmaceutical Co., Ltd.	JP	Taisho Pharmaceutical Co., Ltd. (nka:Taisho Pharmaceutical Holdings Co., Ltd. (TSE:4581))	-

mars-27-2006	Zentiva N.V.	NL	Warburg Pincus LLC <i>Seller Funds: Warburg Pincus Equity Partners, L.P.; Warburg Pincus Ventures International, L.P</i> Warburg Pincus Ventures L.P.	517,64
août-30-2004	Aventis S.A.	FR	Kuwait Petroleum Corporation	69 303,74
juil-24-2002	Loxex Pharmaceuticals	IE	Pharmacia Corporation (nka:Pharmacia LLC)	-
avr-16-2002	Pharmacia Corp., Rights T Products In North America	US	Pharmacia Corporation (nka:Pharmacia LLC)	671,0
janv-01-2002	IMA Institut Médica Algérien Spa	DZ		-
déc-31-2001	Dogu Ilac Veteriner Urunleri	TU		-
févr-01-2001	Astra-Synthelabo AB	SE	AstraZeneca PLC (LSE:AZN)	-
janv-09-2001	Atrix Laboratories Inc.	US		15,0
mai-18-1999	Synthelabo SA	FR	Sanofi S.A. (nka:Sanofi (ENXTPA:SAN))	10 661,73
	Shantha Biotechnics Pvt Ltd.	IN		-

Source : Capital IQ, Standard and Poor's

Tableau 31 : Les ventes par Sanofi ou par l'une de ses filiales

Closed Date	Target		Buyer/Investors	Size (\$mm)
févr-06-2019	Globalpharma Co., LLC		Dubai Investments Industries	-
oct-19-2018	Mulgatol		Siegfried Laboratories S.A. Ecuador	-
sept-26-2018	Priadel and Hypnorex of Sano		Essential Pharma Limited	-
oct-01-2018	Zentiva Group, a.s.		Advent International Corporation	2 201,88
oct-01-2018	CMO Business in Holme Chapel of Sanofi		Recipharm AB (publ) (OM:RECI B)	60,18
juil-03-2018	Infectious Disease Unit o Sanofi		Evotec AG (nka:Evotec SE (XTRA:EVT))	-
-	Maphar SA		Eurapharma SA	-
avr-19-2017	Winthrop Pharma Senegal SA		MEDIS	-
juil-28-2016	Laboratoire Oenobiol S.A.S.		Vemedica Manufacturing B.V.	-
janv-01-2017	Sanofi, Animal Health Busines		Boehringer Ingelheim International GmbH	12 456,97
				-
nov-17-2016	Sanofi, Garesio Plant in Italy		Huvepharma EOOD	-
sept-17-2015	Sanofi, Factory in Argentina		Eurofarma Laboratórios S.A.	-
mars-31-2015	Sanofi, Research Center i Toulouse		Evotec AG (nka:Evotec SE (XTRA:EVT))	49,19
sept-30-2012	SANOFI, Romainville Site		Fareva S.A.	-
déc-31-2012	Yves Rocher sa		Société Financière des Laboratoires de Cosmétologie Yves Rocher	-
déc-16-2011	Dermik Laboratories, Inc.		Valeant International (Barbados) SRL (nka:Valeant International Bermuda)	420,5
juil-31-2011	Sanofi-Aventis, Plant i Madrid		FAMAR S.A.	-
nov-08-2010	ProStrakan Group PL (nka:Kyowa Kirin International plc)		Norgine Europe B.V.	38,93
oct-29-2010	Convance Laboratoire Limited		Covance Inc.	25,3
juin-22-2009	IDM Pharma, Inc.		Takeda America Holdings, Inc.	67,04
oct-17-2006	Rhodia SA		Exane BNP Paribas SA	-
juil-06-2006	Albumedix Ltd.		Novozymes A/S (CPSE:NZYM B)	-
mai-05-2006	Accovion GmbH		3i Group plc (LSE:III); CREATHOR VENTURE Management GmbH	1 300,0
sept-30-2005	ViroPharma Inc.			-
			The Procter & Gamble Company (NYSE:PG)	-
janv-24-2005	Dogu Ilac Veteriner Urunleri		Ceva Sante Animale S.A.	-

déc-03-2004	Novoxel SA		3i Group plc (LSE:III); Abingworth LLP; Atlas Venture L.P. Novo A/S (nka:Novo Holdings A/S); Sofinnova Partners SA <i>Buyer Funds</i> : Abingworth Bioventures IV L.P.	53,16
nov-19-2004	Atrix Laboratories Inc (nka:TOLMAR Therapeutics Inc.)		QLT Inc. (nka:Novelion Therapeutics Inc.)	937,43
sept-03-2004	Sanofi-Synthelabo, Arixtra(R), Fraxiparine(R), and Notre Dame de Bondeville Plant		GlaxoSmithKline plc (LSE:GSK)	547,77
août-07-2003	Sanofi-Synthelabo Inc., U Rights for Mebaral, Cheme and Winstrol		Ovation Pharmaceuticals, Inc. (nka:Lundbeck Inc.)	-
janv-14-2002	Covidence GmbH (nka:Accovion GmbH)		3i Group plc (LSE:III)	-
avr-30-2001	Sorin CRM SAS		Snia S.p.A.	125,2
févr-09-2001	Porges S.A.		Mentor Corporation (nka:Mentor Worldwide LLC)	33,0
févr-08-2001	Sanofi-Synthelabo, Sylachir Unit		Dynamit Nobel AG	-
sept-20-1999	Ceva Sante Animale S.A.		EMZ Partners; PAI Partners <i>Buyer Funds</i> : PAI LBO Fund	79,21
oct-04-1999	Bio-Rad Pasteur S.A.		Bio-Rad Laboratories, Inc. (NYSE:BIO)	210,0
mai-18-1999	Synthelabo SA		Sanofi S.A. (nka:Sanofi (ENXTPA:SAN))	10 661,73
juin-16-1998	Laboratoires Thekan		Laboratoire Pharmygiène-Médipole	-

Source : Capital IQ, Standard and Poor's

Annexe 7 : FDI de Sanofi par pays et activités visées entre 2003 et 2020

Tableau 32: FDI de Sanofi par pays et activités visées entre 2003 et 2020

Date	Investor	Destination	Activity	Capex	Jobs	Type
janv-20	Sanofi	Russia	Manufacturing	46,76	179	Expansion
oct-19	Sanofi	Hungary	Shared Services Centre	5,55	100	New
oct-19	Sanofi	United Kingdom	Headquarters	41,89	50	Expansion
oct-19	Sanofi	United States	Manufacturing	61,9	138	Expansion
mai-19	Zentiva	Romania	Manufacturing	5,33	20	Expansion
avr-19	Sanofi Genzyme	South Africa	Research & Development	28,84	44	New
févr-19	Sanofi	UAE	Logistique, Distri. & Transp.	19,44	144	Expansion
janv-19	Zentiva	Czech Republic	Manufacturing	30,65	116	Expansion
nov-18	Sanofi	China	Research & Development	20,42	40	New
oct-18	Genzyme	United States	Research & Development	35,47	54	Expansion
juil-18	Sanofi	China	Research & Development	69,21	300	New
avr-18	Sanofi Pasteur	Canada	Headquarters	386,77	2526	Expansion
avr-18	Sanofi	Kenya	Sales, Marketing & Support	5,46	36	New
avr-18	Sanofi Pasteur	Mexico	Manufacturing	141,08	170	New
févr-17	Sanofi	Spain	Headquarters	43	200	New
févr-17	Sanofi	Switzerland	Manufacturing	258,63	347	New
sept-16	Sanofi	Argentina	Manufacturing	268,73	1130	Expansion
sept-16	Sanofi	Mexico	Research & Development	6,54	15	New
sept-16	Sanofi	United States	Research & Development	12,36	46	New
juil-16	Sanofi	Ireland	Manufacturing	39,14	40	Expansion
juin-16	Shantha Biotechnics	India	Manufacturing	60,4	210	Co-Locati
mai-16	Sanofi-Osterreich	Austria	Sales, Marketing & Support	1,34	14	Expansion
avr-16	Sanofi	Belgium	Manufacturing	305,6	100	Expansion
avr-16	Apollo Sugar Clinics	India	Business Services	3,14	34	New
avr-16	Apollo Sugar Clinics	India	Business Services	3,14	34	New
avr-16	Apollo Sugar Clinics	India	Business Services	3,14	34	New
avr-16	Apollo Sugar Clinics	India	Business Services	3,14	34	New
avr-16	Apollo Sugar Clinics	India	Business Services	3,14	34	New
avr-16	Apollo Sugar Clinics	India	Business Services	3,14	34	New
avr-16	Sanofi	United Kingdom	Sales, Marketing & Support	2,6	23	New
janv-16	Genzyme	United States	Sales, Marketing & Support	7,61	14	Expansion
déc-15	Sanofi-Deutschland	Germany	Manufacturing	204,29	500	Expansion
août-15	Sanofi-Osterreich	Austria	Sales, Marketing & Support	2,24	13	Expansion
mars-15	Genzyme	United States	Headquarters	8,42	43	Expansion
déc-14	Sanofi	Italy	Manufacturing	36,64	51	Expansion
sept-14	Sanofi	Brazil	Manufacturing	22,39	85	Expansion
sept-14	Sanofi	China	Research & Development	819,44	1400	New
juil-14	Sanofi-South Africa	South Africa	Manufacturing	3,57	32	Expansion
oct-13	Genzyme	United States	Manufacturing	71,66	108	Expansion
sept-13	Sanofi	Argentina	Manufacturing	7,93	33	Expansion
sept-13	Sanofi	Argentina	Manufacturing	5,24	22	Expansion
sept-13	Sanofi	United States	Research & Development	72,38	250	New
avr-13	Sanofi	China	Manufacturing	64,14	176	New
avr-13	Sanofi India	India	Headquarters	31,78	184	Expansion
avr-13	Sanofi	Morocco	Logistique, Distri. & Transp.	23,44	111	New
févr-13	Sanofi-Canada	Canada	Logistique, Distri. & Transp.	26,25	165	New
janv-13	Sanofi	Russia	Logistique, Distri. & Transp.	10,84	144	Co-Locati
déc-12	Sanofi	Algeria	Manufacturing	82,22	130	New
nov-12	Zentiva	Romania	Manufacturing	10,48	40	Expansion
juil-12	Zentiva	Turkey	Manufacturing	15,68	53	Expansion
juil-12	Sanofi	United Kingdom	Manufacturing	11,91	52	Expansion
mai-12	Genzyme	Ireland	Manufacturing	88,95	137	Expansion
avr-12	Sanofi	Turkey	Shared Services Centre	13,17	143	New
mars-12	Sanofi	Spain	Research & Development	1,52	12	New
janv-12	Genzyme	United States	Manufacturing	79,9	138	New
oct-11	Sanofi	India	Manufacturing	880,26	3000	New
sept-11	Sanofi-Vietnam	Vietnam	Manufacturing	32,16	209	New
juil-11	Sanofi	Australia	Manufacturing	13,88	30	Expansion
juin-11	Sanofi	Germany	Manufacturing	38,8	56	New
nov-10	Sanofi	Italy	Manufacturing	241,85	315	Expansion
sept-10	Sanofi	Algeria	Manufacturing	93,07	1138	New
juil-10	Sanofi	United States	Headquarters	58,22	300	Expansion

juin-10	Sanofi	Saudi Arabia	Manufacturing	14,33	140	New
mai-10	Sanofi Pasteur	India	Headquarters	30,55	96	Expansion
mars-10	Sanofi	Italy	Manufacturing	30,97	40	Expansion
mars-10	Sanofi	Turkey	Manufacturing	27,5	141	Expansion
nov-09	Sanofi	Czech Republic	Sales, Marketing & Support	3,76	20	New
nov-09	Sanofi	Russia	Manufacturing	55,27	200	New
oct-09	Sanofi	China	Manufacturing	62,7	63	Expansion
oct-09	Sanofi	China	Sales, Marketing & Support	11,47	427	New
août-09	Sanofi	Germany	Manufacturing	29,21	34	Expansion
août-09	Sanofi	Germany	Research & Development	50,8	105	Co-Locati
juin-09	Sanofi	China	Manufacturing	35,4	36	Expansion
mai-09	Sanofi	Vietnam	Retail	3,76	38	New
avr-09	Sanofi	China	Manufacturing	80,62	81	Expansion
mars-09	Sanofi Pasteur	Mexico	Manufacturing	113,29	325	New
oct-08	Sanofi	China	Research & Development	66,55	72	Expansion
oct-08	Sanofi	Switzerland	Logistique, Distri. & Transp.	11,38	51	New
juil-08	Sanofi	Morocco	Manufacturing	41,56	508	New
juin-08	Sanofi	Germany	Sales, Marketing & Support	1,34	9	New
avr-08	Sanofi Pasteur	Canada	Research & Development	87,69	207	Co-Locati
mars-08	Sanofi	Japan	Manufacturing	8,69	12	Expansion
févr-08	Sanofi	Germany	Manufacturing	110,94	129	Expansion
déc-07	Sanofi	India	Research & Development	22,39	278	New
nov-07	Sanofi	China	Manufacturing	91,9	93	New
juil-07	Sanofi Pasteur	United States	Manufacturing	134,36	100	New
mai-07	Sanofi	United Kingdom	Manufacturing	21,31	94	Expansion
avr-07	Sanofi	Spain	Logistique, Distri. & Transp.	5,2	23	New
févr-07	Sanofi	Spain	Research & Development	9,67	23	New
nov-06	Sanofi	Canada	Manufacturing	22,85	46	Expansion
juin-06	Sanofi	Poland	Manufacturing	27,23	184	Expansion
mai-06	Sanofi	United States	Research & Development	4,66	20	New
mars-06	Sanofi	Italy	Research & Development	30,32	63	New
févr-06	Chinoï	Hungary	Research & Development	30,72	79	Expansion
janv-06	Sanofi	Spain	Manufacturing	34,49	70	New
déc-05	Sanofi	Argentina	Manufacturing	29,2	125	New
oct-05	Chinoï	Hungary	Manufacturing	14,51	100	Expansion
juin-05	Winthrop	Finland	Sales, Marketing & Support	3,14	20	New
juin-05	Sanofi-Deutschland	India	Manufacturing	3,39	15	Expansion
mai-05	Sanofi	Algeria	Manufacturing	45,68	376	New

Source : fDI Markets

Note : les chiffres Capex et Jobs peuvent être des estimations.

Annexe 8 : Aperçu des répondants et des entreprises ayant accepté de participer à l'étude

Les caractéristiques des entreprises ainsi que des décideurs ayant accepté de témoigner de leurs expériences quant à la localisation de leurs activités de R&D sont présentées ci-dessous :

Tableau 33 : Taux de réponse aux sollicitations d'entretien et fonction des personnes interrogées

	Directeur Administratif et Financier	Directeur R&D	Entreprises
Nombre de répondants	7	11	17 ⁴⁸
Taux de réponse	9,5 %	14,9 %	23 %

La sélection des entreprises ayant été réalisée uniquement en fonction des dépenses de R&D et indépendamment des activités des entreprises, les secteurs d'activités des entreprises des décideurs ayant accepté de participer à l'étude sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 34 : Nombres d'entretien par secteur d'activité

Secteur d'activité	N
Aérospatiale et Défense	4
Automobile	3
Electronique et Equipements électriques	2
Pharmaceutique et biotechnologie	2
Logiciels et services informatiques	2
Chimie	1
Transports	1
Services	1
Télécommunications	1
Gaz, eau et multi-services	1
Ensemble	18

⁴⁸ L'étude a pu être menée avec le Directeur Financier et le Directeur R&D d'une même entreprise.

Annexe 9 : La nomenclature de zones géographiques

Les zonages géographiques utilisés sont issus de la nomenclature M49 des nations unies⁴⁹.

2 niveaux sont utilisés dans cette étude selon les contraintes et la précision recherchée. Le premier niveau est constitué de 5 zones, et le second niveau à 21 zones.

1. Afrique : Afrique septentrionale, Afrique subsaharienne,

- 1.1. Afrique septentrionale : Algérie, Égypte, Libye, Maroc, Sahara occidental, Soudan, Tunisie,
- 1.2. Afrique subsaharienne: Afrique du Sud, Angola, Bénin, Botswana, Burkina Faso, Burundi, Cabo Verde, Cameroun, Comores, Congo, Côte d'Ivoire, Djibouti, Érythrée, Eswatini, Éthiopie, Gabon, Gambie, Ghana, Guinée, Guinée équatoriale, Guinée-Bissau, Kenya, Lesotho, Libéria, Madagascar, Malawi, Mali, Maurice, Mauritanie, Mayotte, Mozambique, Namibie, Niger, Nigéria, Ouganda, République centrafricaine, République démocratique du Congo, République-Unie de Tanzanie, Réunion, Rwanda, Sainte-Hélène, Sao Tomé-et-Principe, Sénégal, Seychelles, Sierra Leone, Somalie, Soudan du Sud, Tchad, Terres australes françaises, Territoire britannique de l'océan Indien, Togo, Zambie, Zimbabwe

2. Amériques, Amérique latine et Caraïbes, Amérique septentrionale,

- 2.1. Amérique latine et Caraïbes : Anguilla, Antigua-et-Barbuda, Argentine, Aruba, Bahamas, Barbade, Belize, Bolivie (État plurinational de), Bonaire, Saint-Eustache et Saba, Brésil, Chili, Colombie, Costa Rica, Cuba, Curaçao, Dominique, El Salvador, Équateur, Géorgie du Sud-et-les Îles Sandwich du Sud, Grenade, Guadeloupe*, Guatemala, Guyana, Guyane française*, Haïti, Honduras, Île Bouvet, Îles Caïmans, Îles Falkland (Malvinas), Îles Turques-et-Caïques, Îles Vierges américaines, Îles Vierges britanniques, Jamaïque, Martinique*, Mexique, Montserrat, Nicaragua, Panama, Paraguay, Pérou, Porto Rico, République dominicaine, Saint-Barthélemy, Sainte-Lucie, Saint-Kitts-et-Nevis, Saint-Martin* (partie française), Saint-Martin (partie néerlandaise), Saint-Vincent-et-les Grenadines, Suriname, Trinité-et-Tobago, Uruguay, Venezuela (République bolivarienne du),
- 2.2. Amérique septentrionale : Bermudes, Canada, États-Unis d'Amérique, Groenland, Saint-Pierre-et-Miquelon*,

3. Asie, Asie centrale, Asie orientale, Asie du Sud-Est, Asie méridionale, Asie occidentale,

- 3.1. Asie centrale : Kazakhstan, Kirghizistan, Ouzbékistan, Tadjikistan, Turkménistan,
- 3.2. Asie du Sud-Est : Brunéi Darussalam, Cambodge, Indonésie, Malaisie, Myanmar, Philippines, République démocratique populaire lao, Singapour, Thaïlande, Timor-Leste, Viet Nam,
- 3.3. Asie méridionale : Afghanistan, Bangladesh, Bhoutan, Inde, Iran (République islamique d'), Maldives, Népal, Pakistan, Sri Lanka,
- 3.4. Asie occidentale : Arabie saoudite, Arménie, Azerbaïdjan, Bahreïn, Chypre, Émirats arabes unis, État de Palestine, Géorgie, Iraq, Israël, Jordanie, Koweït, Liban, Oman, Qatar, République arabe syrienne, Turquie, Yémen,
- 3.5. Asie orientale : Chine, Chine, région administrative spéciale de Hong Kong, Chine, région administrative spéciale de Macao, Japon, Mongolie, République de Corée, République populaire démocratique de Corée,
- 3.6. Australie et Nouvelle-Zélande : Australie, Île Christmas, Île Heard-et-Îles MacDonald, Île Norfolk, Îles des Cocos (Keeling), Nouvelle-Zélande,

4. Europe, Europe orientale, Europe septentrionale, Europe méridionale, Europe occidentale,

- 4.1. Europe méridionale : Albanie, Andorre*, Bosnie-Herzégovine, Croatie, Espagne, Gibraltar, Grèce, Italie, Macédoine du Nord, Malte, Monténégro, Portugal, Saint-Marin, Saint-Siège, Serbie, Slovaquie, Slovaquie, Tchéquie, Ukraine,
- 4.2. Europe occidentale : Allemagne, Autriche, Belgique, France, Liechtenstein, Luxembourg, Monaco, Pays-Bas, Suisse,
- 4.3. Europe orientale : Belarus, Bulgarie, Fédération de Russie, Hongrie, Pologne, République de Moldova, Roumanie, Slovaquie, Tchéquie, Ukraine,
- 4.4. Europe septentrionale : Danemark, Estonie, Finlande, Guernesey, Île de Man, Îles d'Åland, Îles Féroé, Îles Svalbard-et-Jan Mayen, Irlande, Islande, Jersey, Lettonie, Lituanie, Norvège, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, Sercq, Suède,

5. Océanie, Australie et Nouvelle-Zélande, Mélanésie, Micronésie, Polynésie,

- 5.1. Mélanésie : Fidji, Îles Salomon, Nouvelle-Calédonie*, Papouasie-Nouvelle-Guinée, Vanuatu,
- 5.2. Micronésie : Guam, Îles Mariannes du Nord, Îles Marshall, Îles mineures éloignées des États-Unis, Kiribati, Micronésie (États fédérés de), Nauru, Palaos,

⁴⁹ <https://unstats.un.org/unsd/methodology/m49/overview/>

5.3. Polynésie : Îles Cook, Îles Wallis-et-Futuna, Nioué, Pitcairn, Polynésie française*, Samoa, Samoa américaines, Tokélaou, Tonga, Tuvalu.

* Reclassées avec la métropole.

Annexe 10 : Cartographies de la R&D des groupes français, 2004-2009 & 2010-2015

Aide à la lecture des cartes :

- Les cartographies des groupes sont présentées par ordre alphabétique.
- Deux cartes par groupe pour chacune des périodes 2004-2009 et 2010-2015.
- Un seuil d'une invention ou d'une publication par période est appliqué pour chaque groupe.
- Cartes avec des triangles comme symboles proportionnels doubles : compte fractionnaire des inventions et des publications sur les périodes 2004-2009 et 2010-2015.
- Cartes avec des cercles comme symboles proportionnels simple : lorsque le groupe n'a réalisé aucune invention (respectivement publication) : compte fractionnaire des publications (respectivement des inventions) sur les périodes 2004-2009 et 2010-2015
- Coloration des pays : localisation(s) identifiée(s) pour chaque période à partir des rapports annuels et des données fDi Markets, ou des deux sources.

Figure 39 : AB SCIENCE de 2004 à 2009



Figure 40 : AB SCIENCE de 2010 à 2015

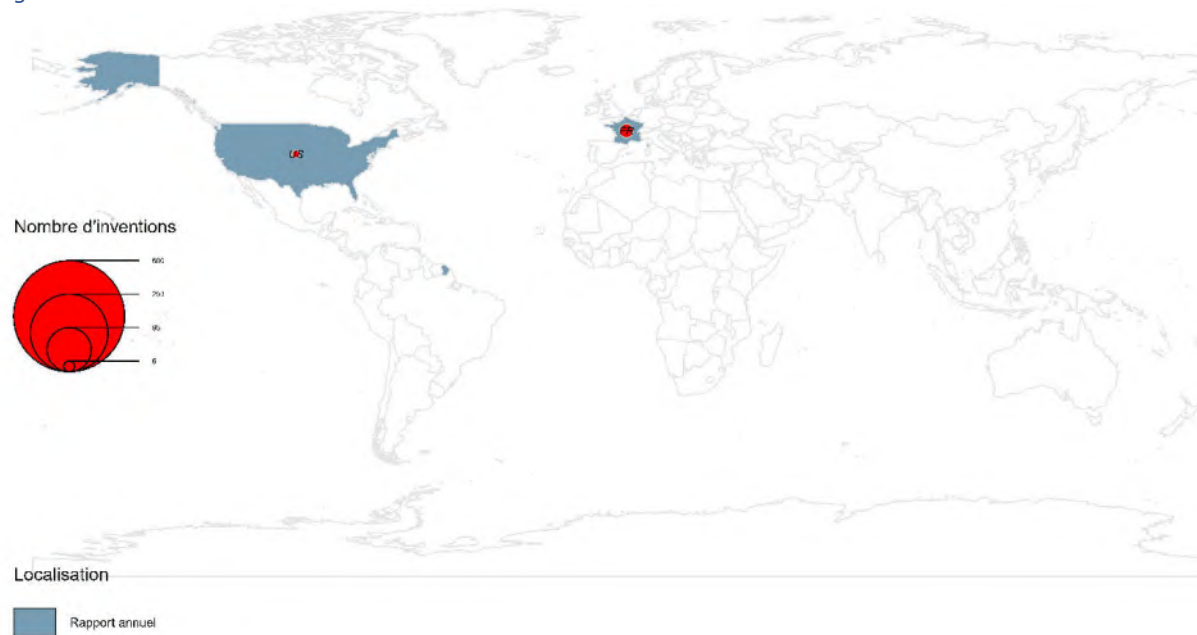


Figure 41 : ACTIA de 2004 à 2009



Figure 42 : ACTIA de 2010 à 2015

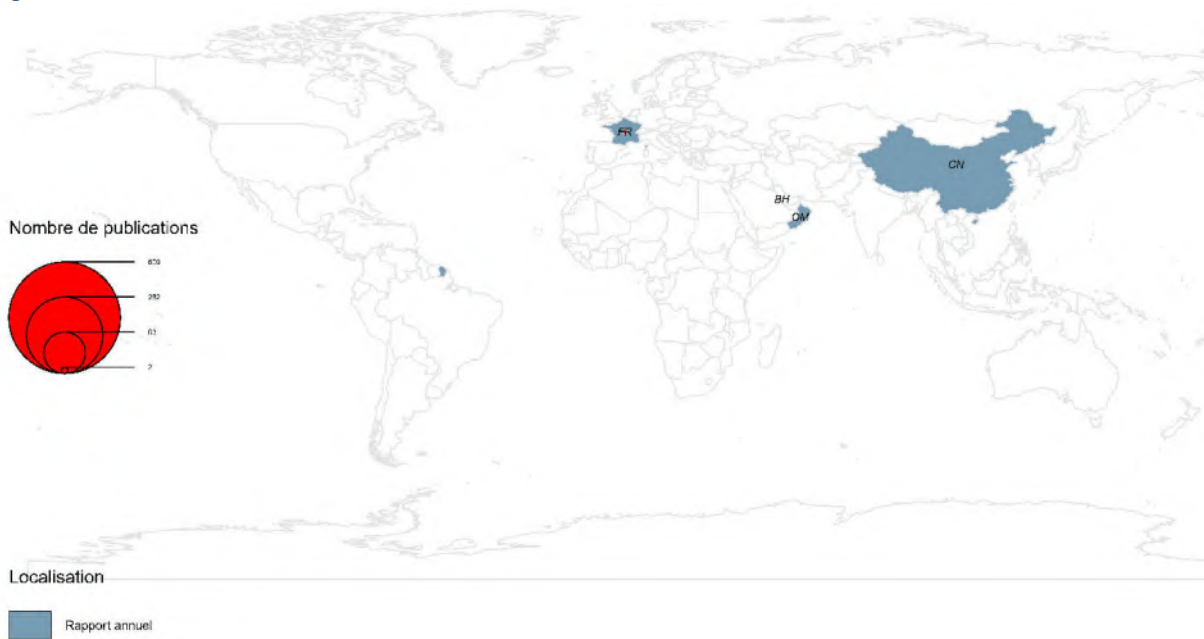


Figure 43 : ADP de 2004 à 2009

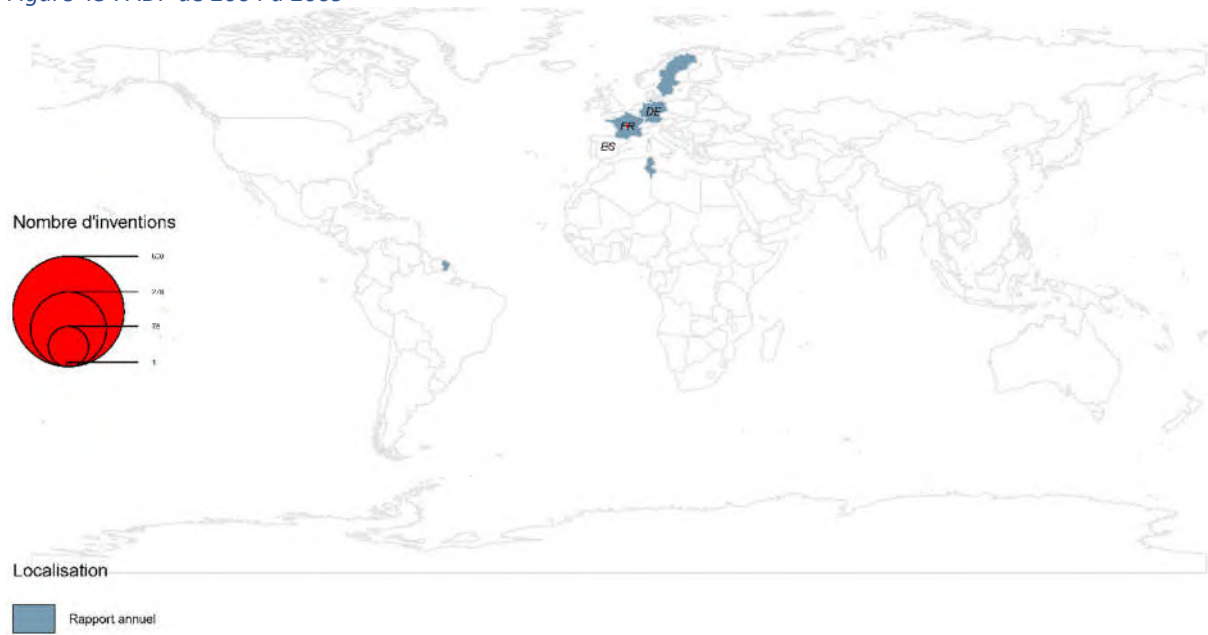


Figure 44 : ADP de 2010 à 2015

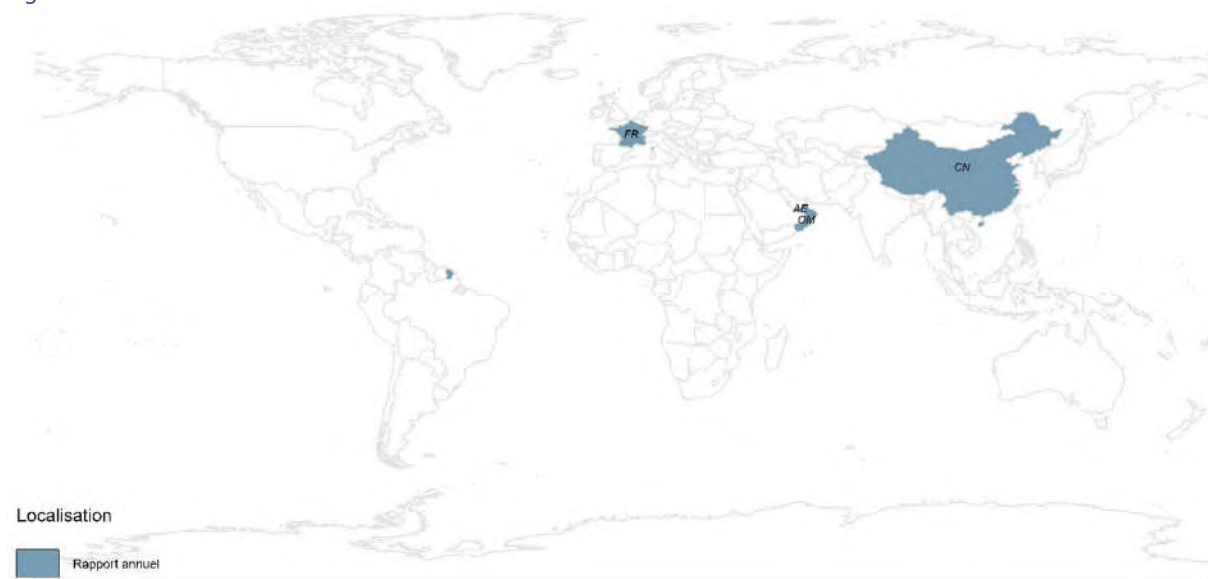


Figure 45 : AIR LIQUIDE de 2004 à 20

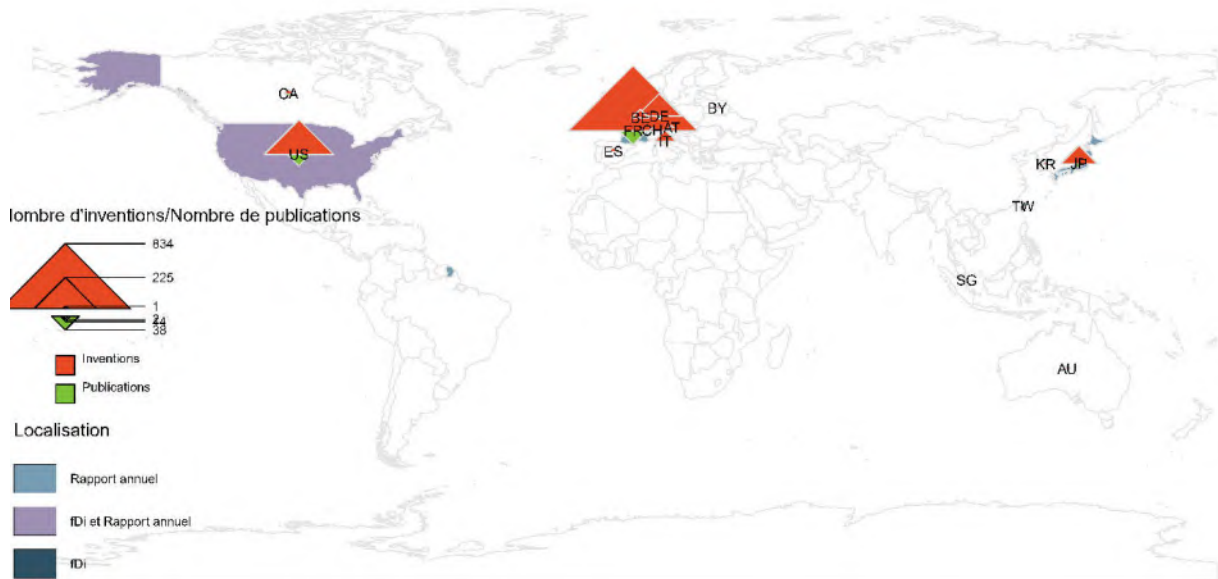


Figure 46 : AIR LIQUIDE de 2010 à 20

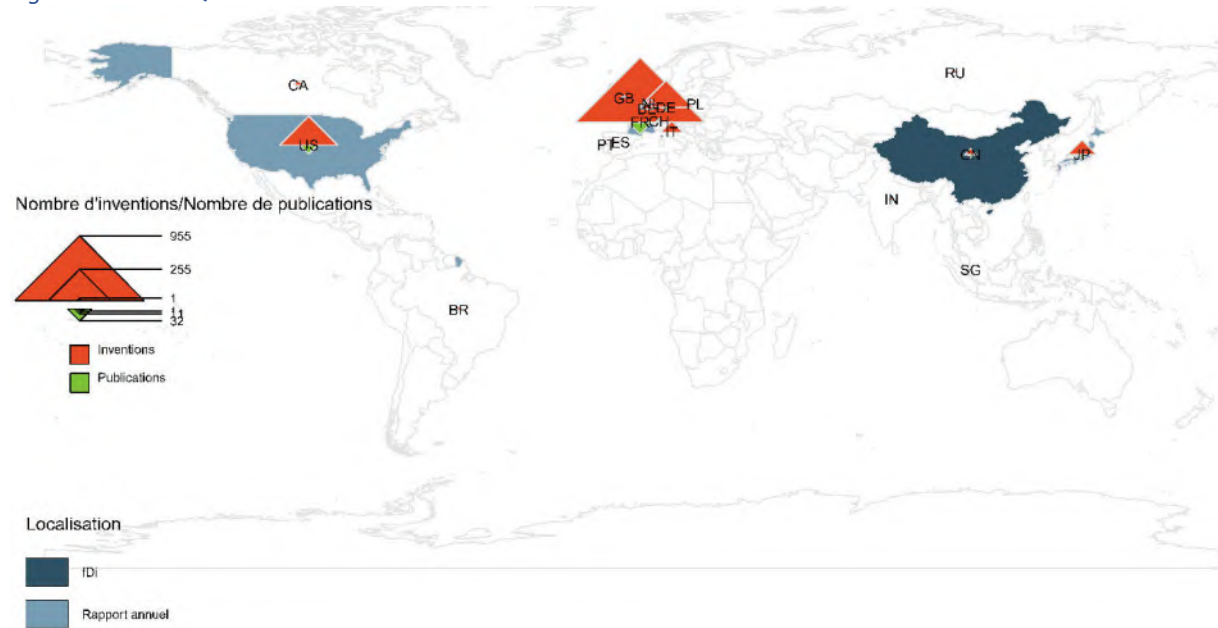


Figure 47 : AIRBUS de 2004 à 2009

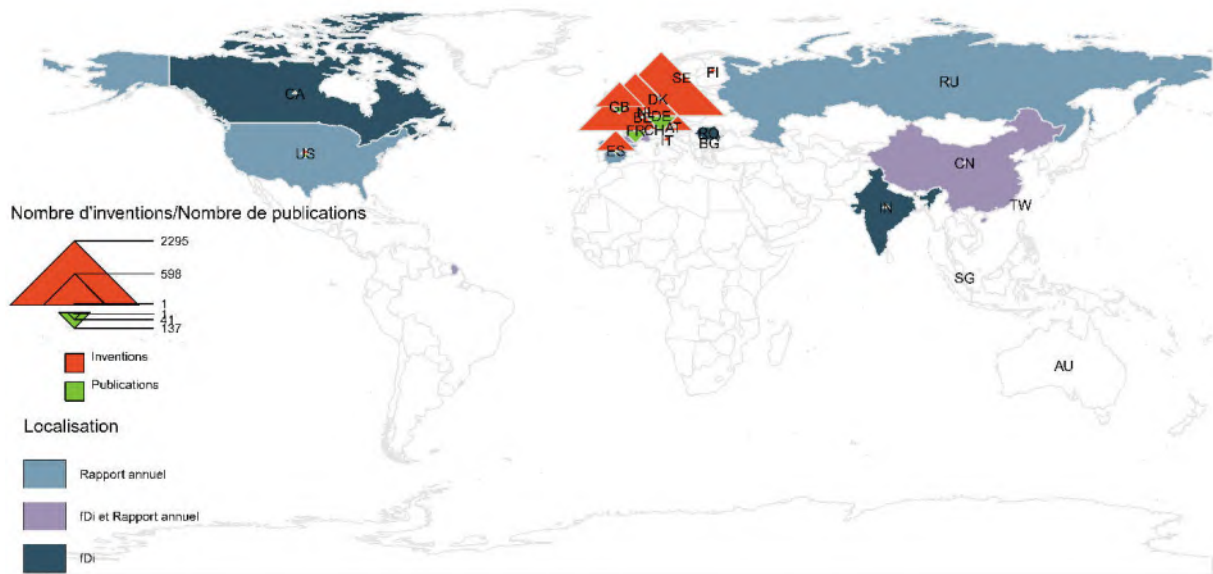


Figure 48 : AIRBUS de 2010 à 2015

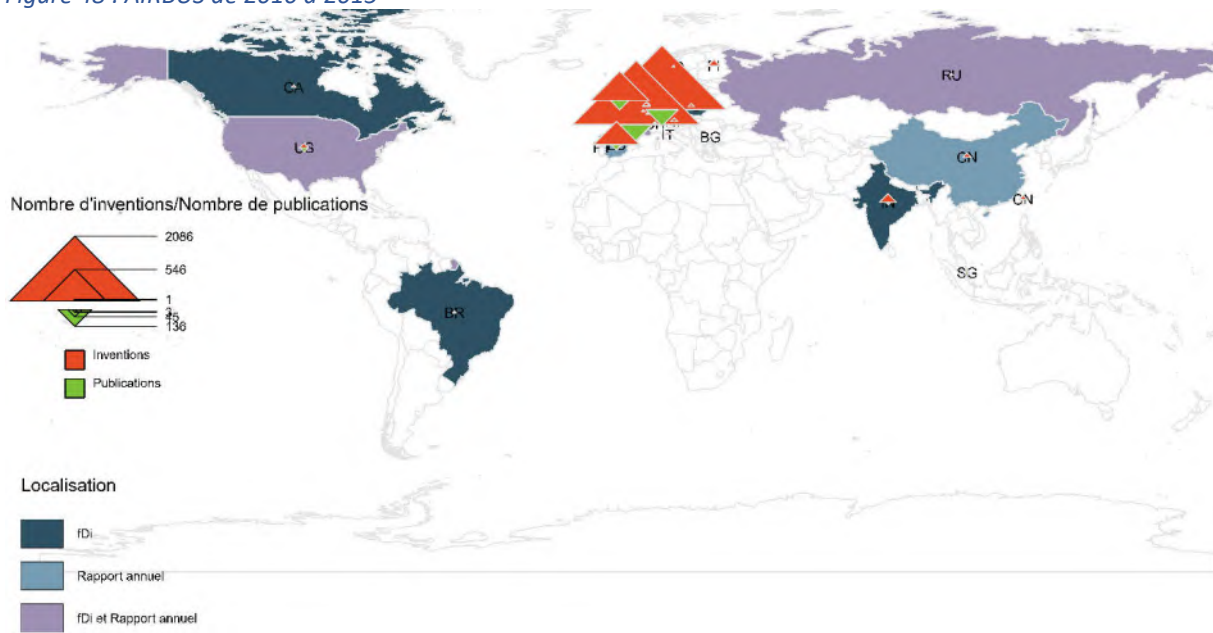


Figure 49 : AKKA de 2004 à 2009

Pas de carte :

- Nombre de brevets ou de publications inférieurs au seuil de 1 sur la période,
- Absence d'IDE en R&D sur la période,
- Absence dans les rapports annuels sur la période.

Figure 50 : AKKA de 2010 à 2015

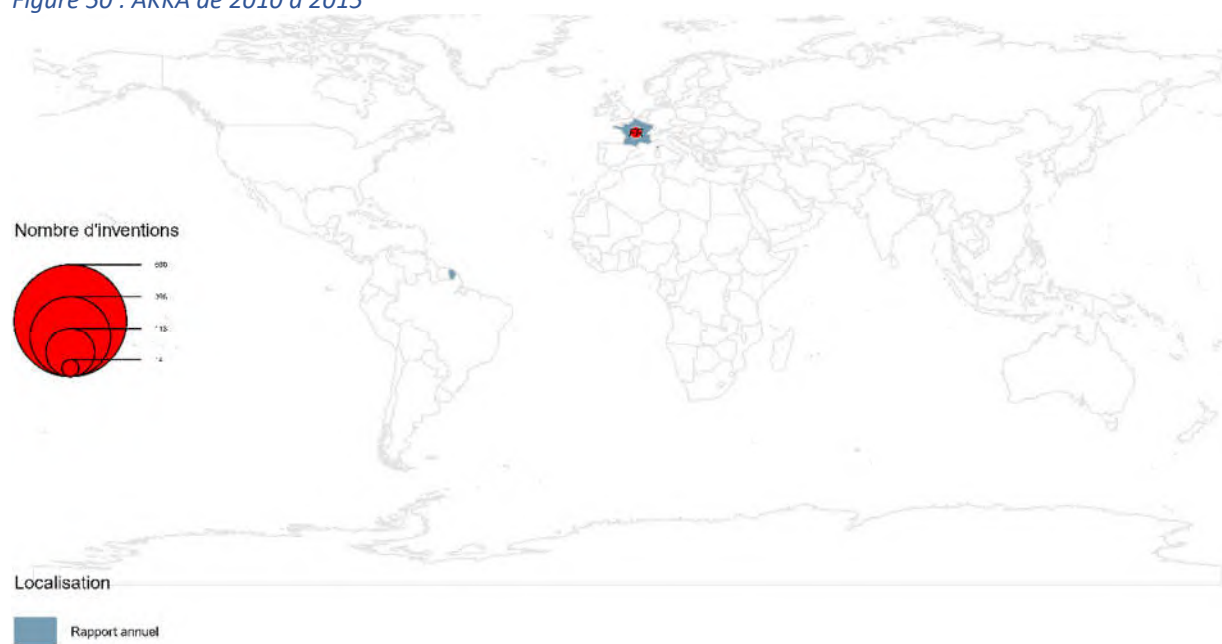


Figure 51 : ALCATEL de 2004 à 2009

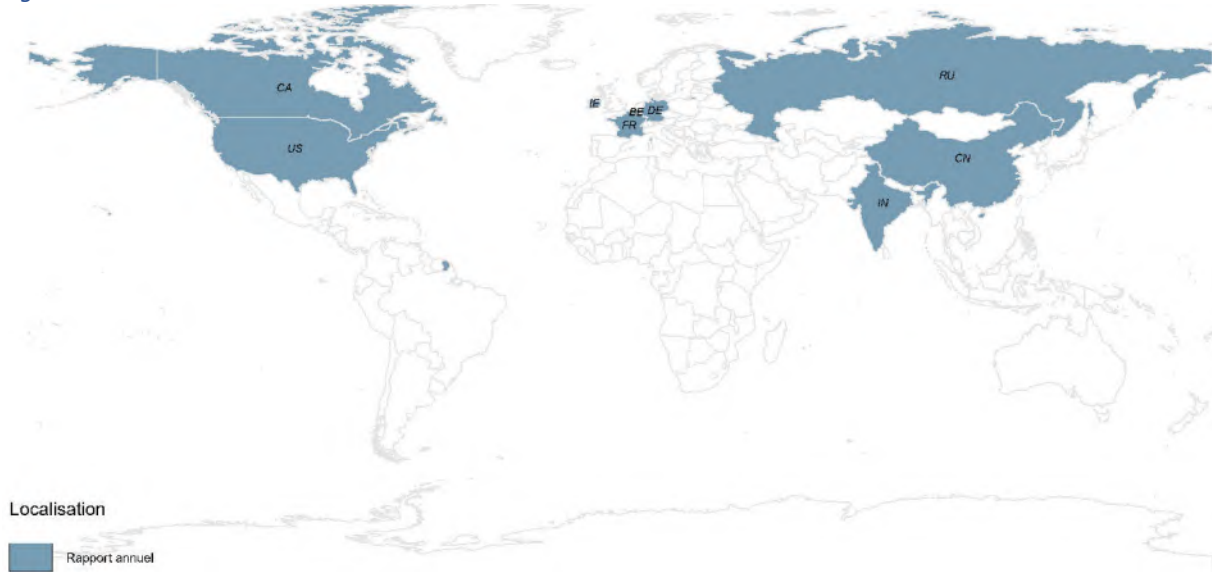


Figure 52 : ALCATEL de 2010 à 2015

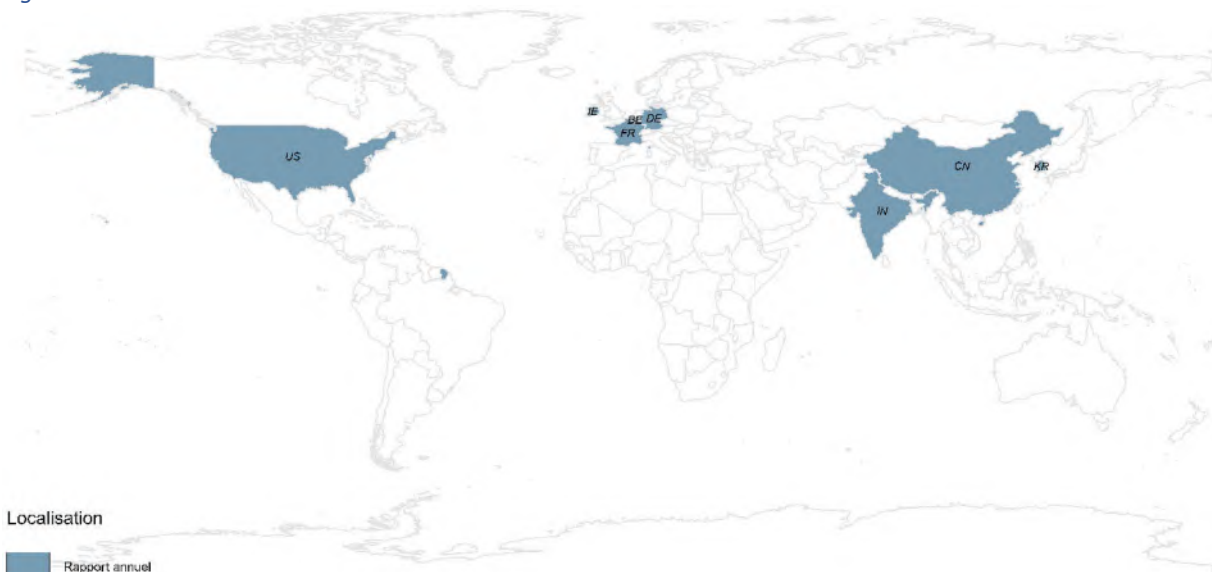


Figure 53 : ALSTOM de 2004 à 2009

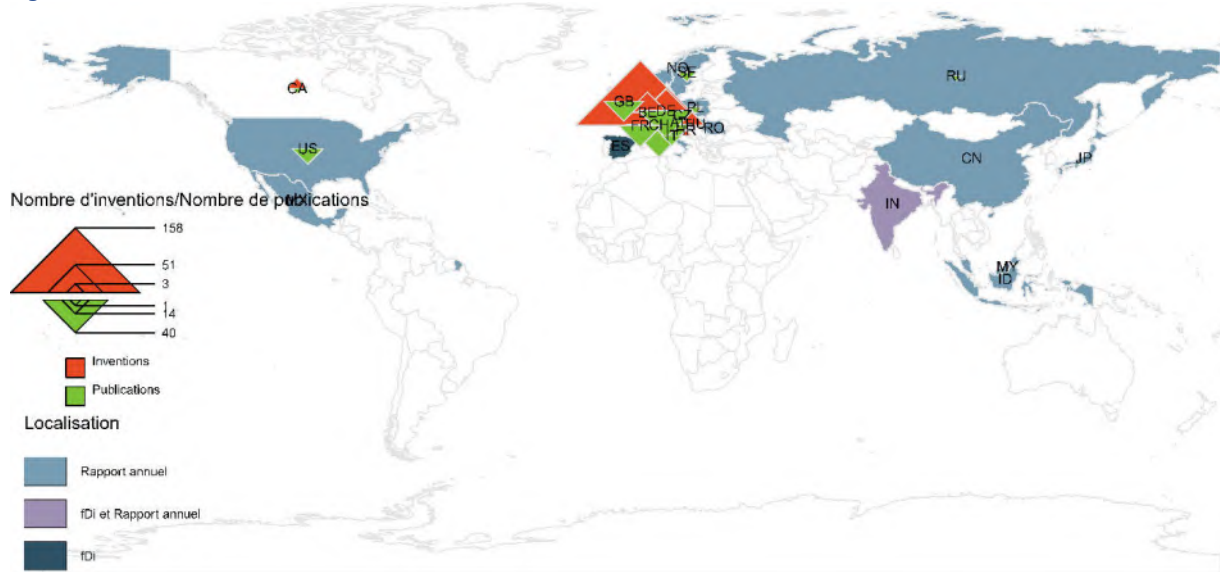


Figure 54 : ALSTOM de 2010 à 2015

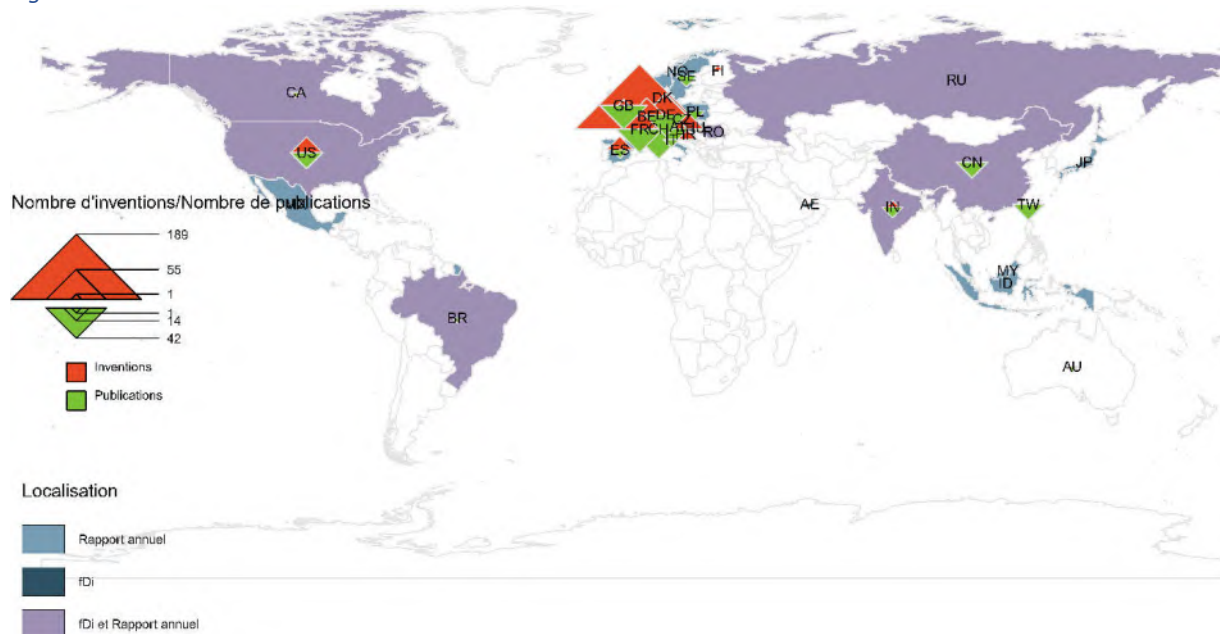


Figure 55 : AREVA de 2004 à 2009

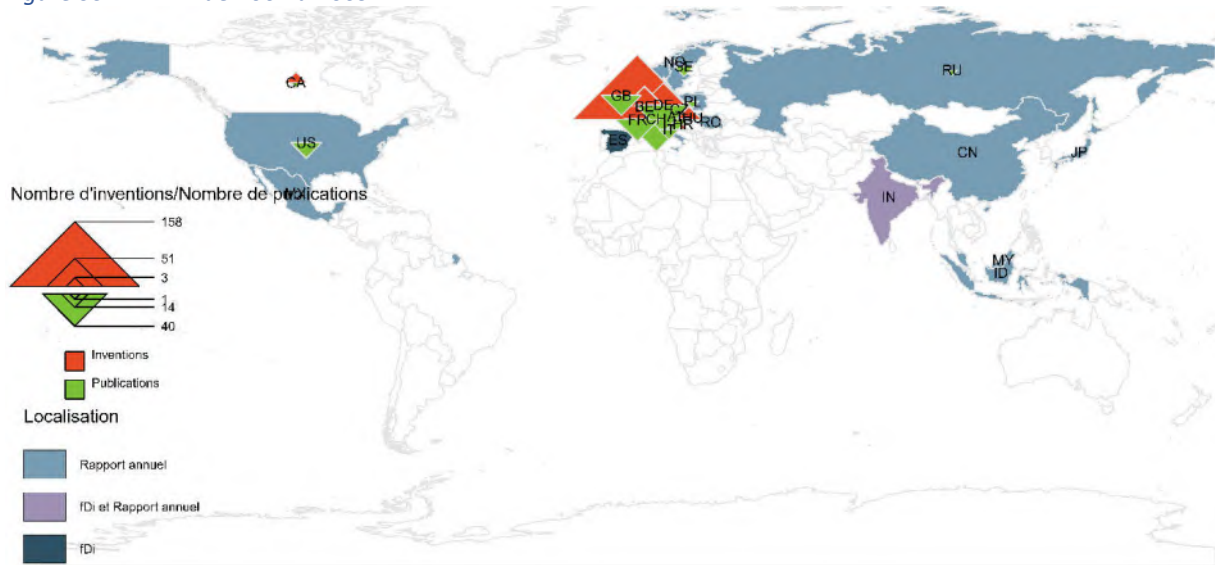


Figure 56 : AREVA de 2010 à 2015

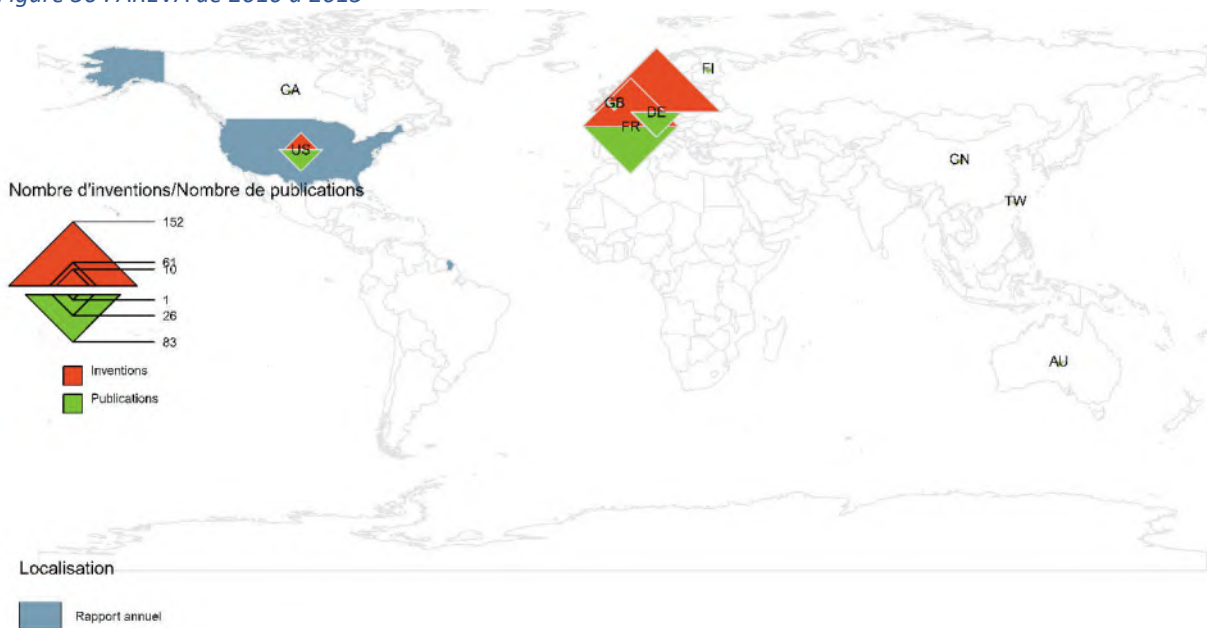


Figure 57 : ARKEMA de 2004 à 2009

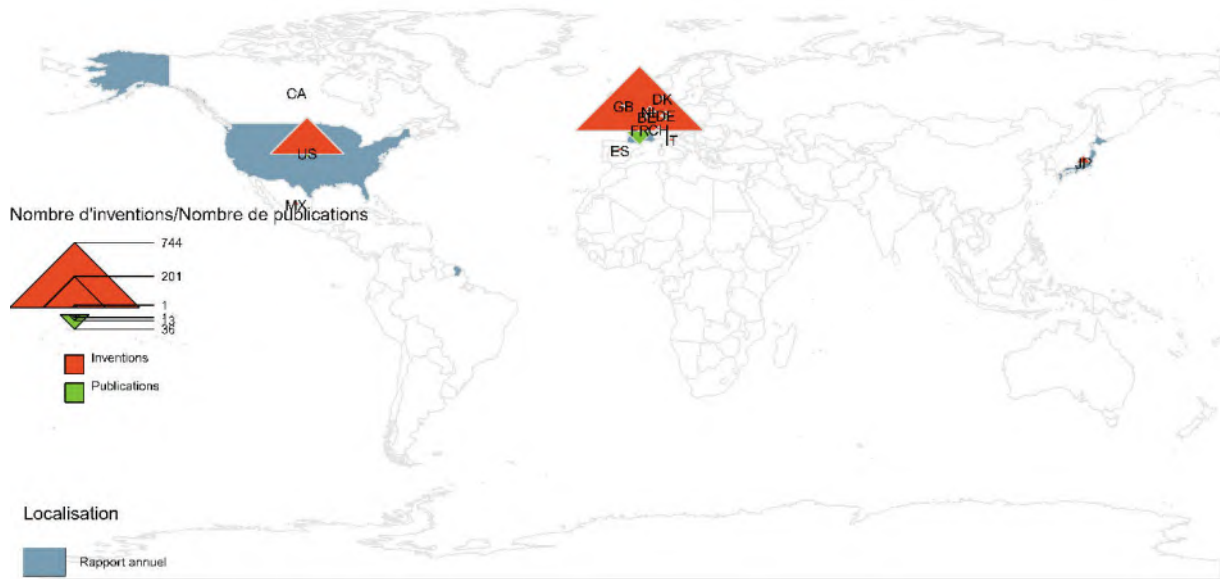


Figure 58 : ARKEMA de 2010 à 2015

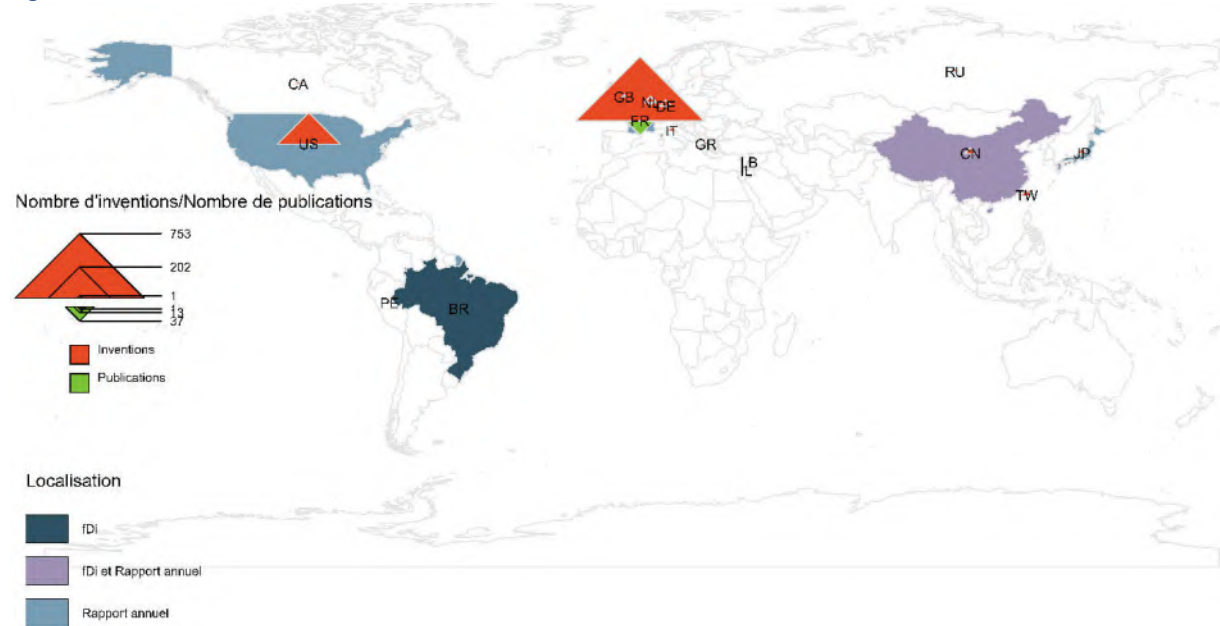


Figure 59 : AUCHAN de 2004 à 2009



Figure 60 : AUCHAN de 2010 à 2015

Pas de carte :

- *Nombre de brevets ou de publications inférieurs au seuil de 1 sur la période,*
- *Absence d'IDE en R&D sur la période,*
- *Absence dans les rapports annuels sur la période.*

Figure 61 : AXWAY de 2004 à 2009



Figure 62 : AXWAY de 2010 à 2015

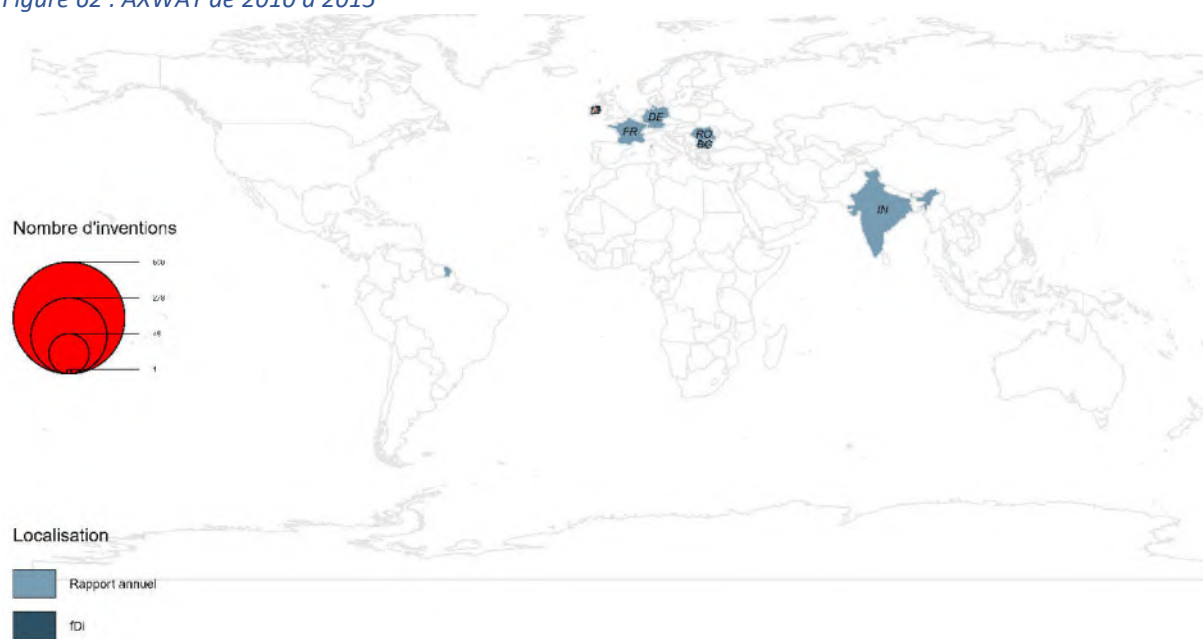


Figure 63 : BIC de 2004 à 2009



Figure 64 : BIC de 2010 à 2015



Figure 65 : BIOMERIEUX de 2004 à 2009

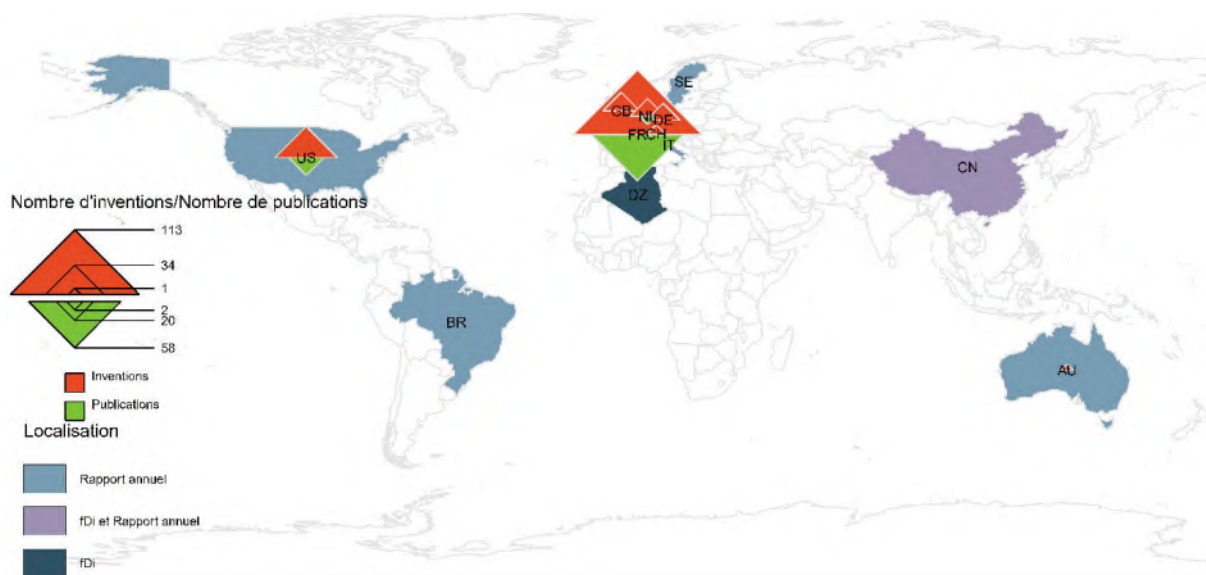


Figure 66 : BIOMERIEUX de 2010 à 2015

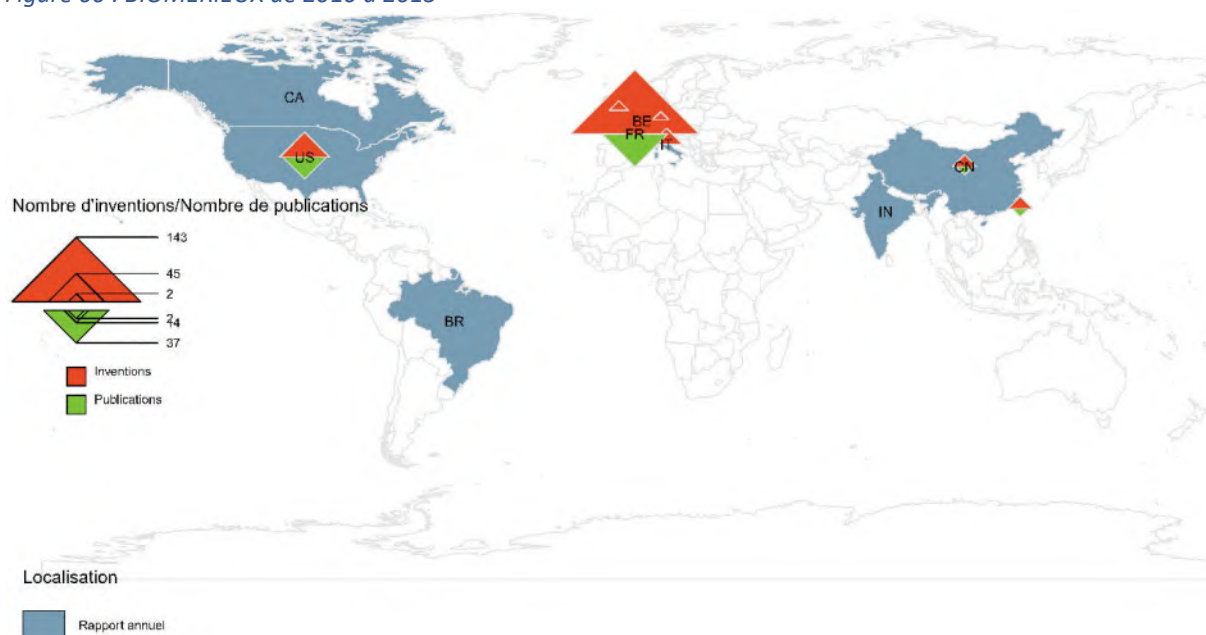


Figure 67 : BOLLORÉ de 2004 à 2009



Figure 68 : BOLLORÉ de 2010 à 2015

Pas de carte :

- *Nombre de brevets ou de publications inférieurs au seuil de 1 sur la période,*
- *Absence d'IDE en R&D sur la période,*
- *Absence dans les rapports annuels sur la période.*

Figure 69 : BOUYGUES de 2004 à 2009



Figure 70 : BOUYGUES de 2010 à 2015



Figure 71 : BURELLE de 2004 à 2009

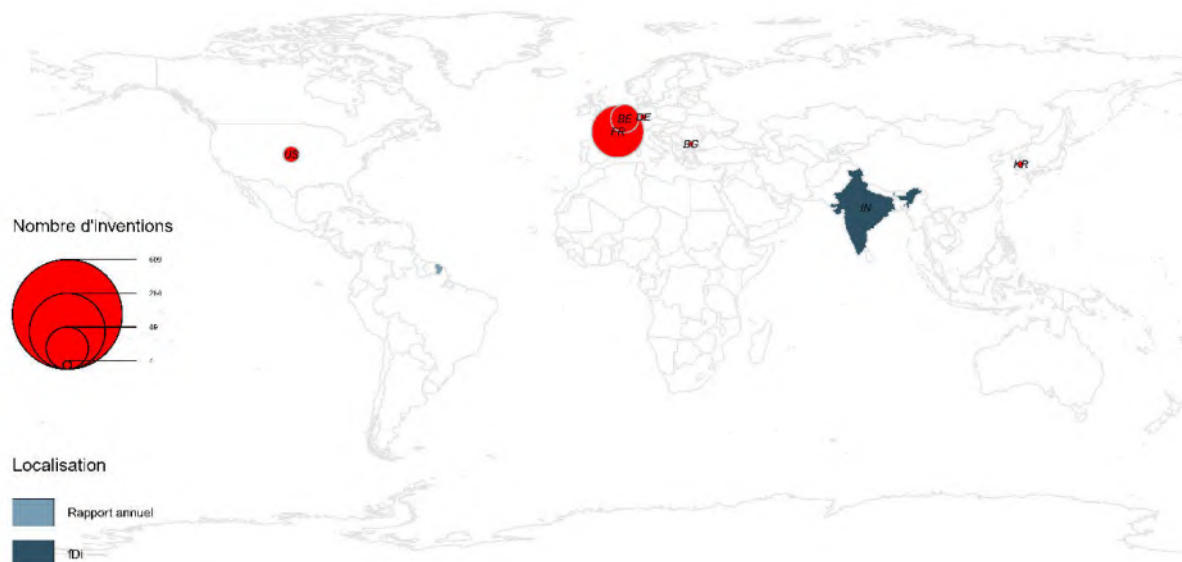


Figure 72 : BURELLE de 2010 à 2015

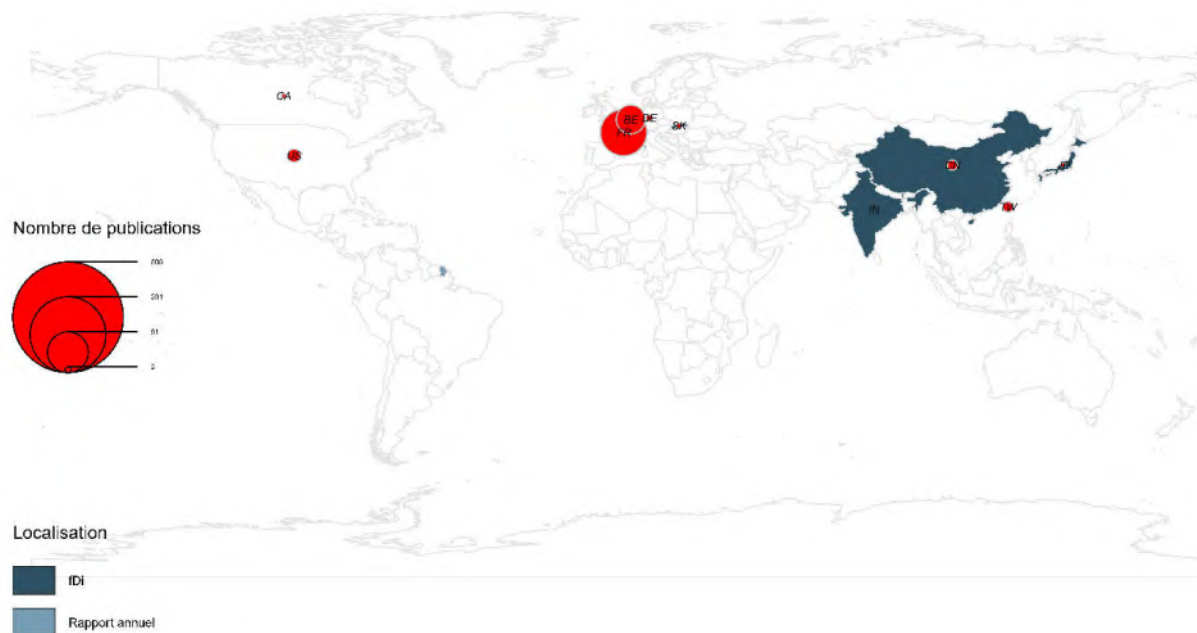


Figure 73 : CAPGEMINI de 2004 à 2009

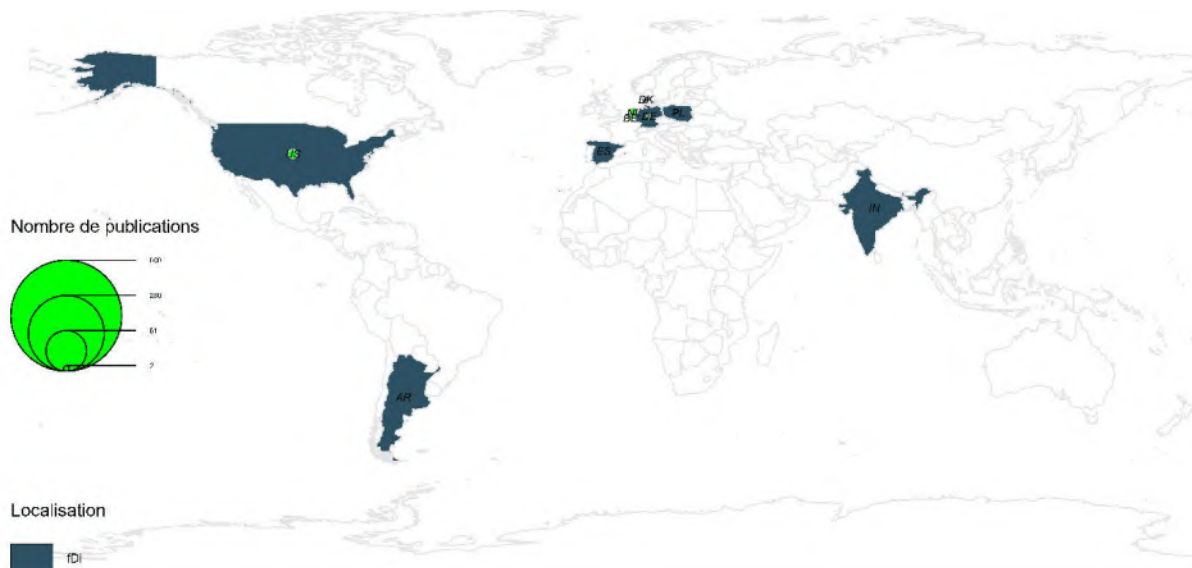


Figure 74 : CAPGEMINI de 2010 à 2015

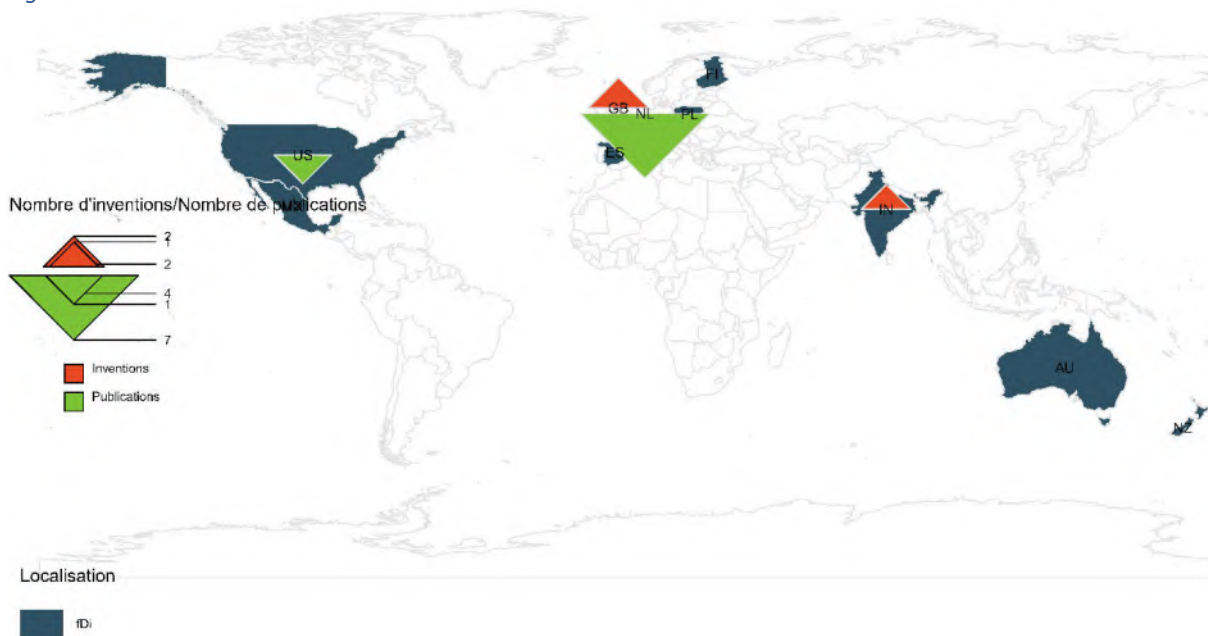


Figure 75 : CEGEDIM de 2004 à 2009

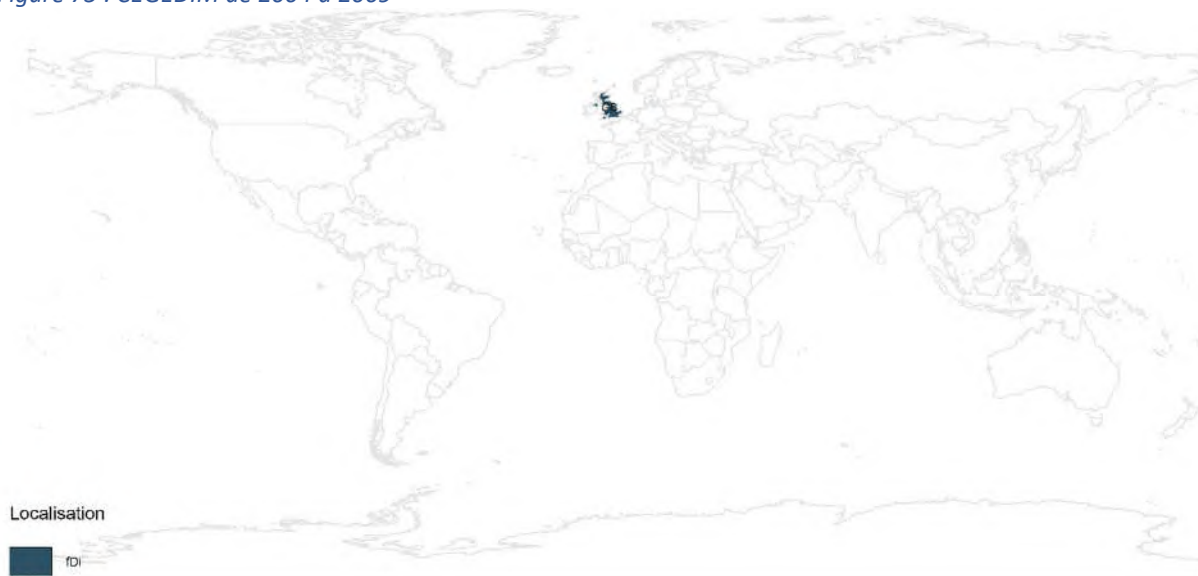


Figure 76 : CEGEDIM de 2010 à 2015

Pas de carte :

- *Nombre de brevets ou de publications inférieurs au seuil de 1 sur la période,*
- *Absence d'IDE en R&D sur la période,*
- *Absence dans les rapports annuels sur la période.*

Figure 77 : CEGID de 2004 à 2009



Figure 78 : CEGID de 2010 à 2015



Figure 79 : CGG de 2004 à 2009

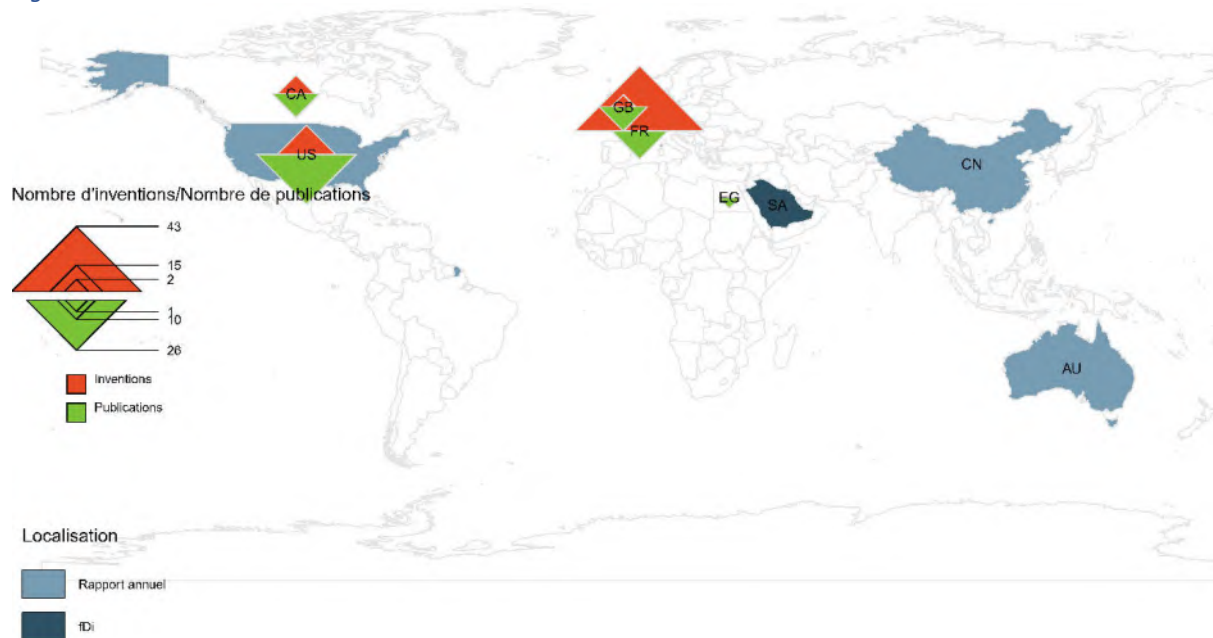


Figure 80 : CGG de 2010 à 2015

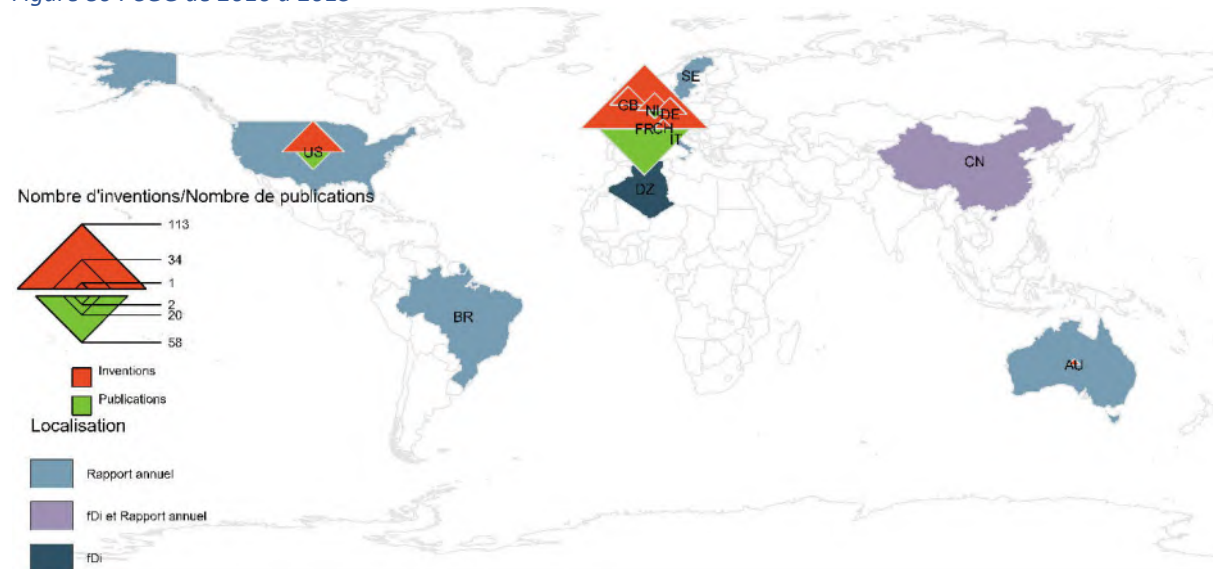


Figure 81 : CGI de 2004 à 2009



Figure 82 : CGI de 2010 à 2015



Figure 83 : CRITEO de 2004 à 2009

Pas de carte :

- Nombre de brevets ou de publications inférieurs au seuil de 1 sur la période,
- Absence d'IDE en R&D sur la période,
- Absence dans les rapports annuels sur la période.

Figure 84 : CRITEO de 2010 à 2015

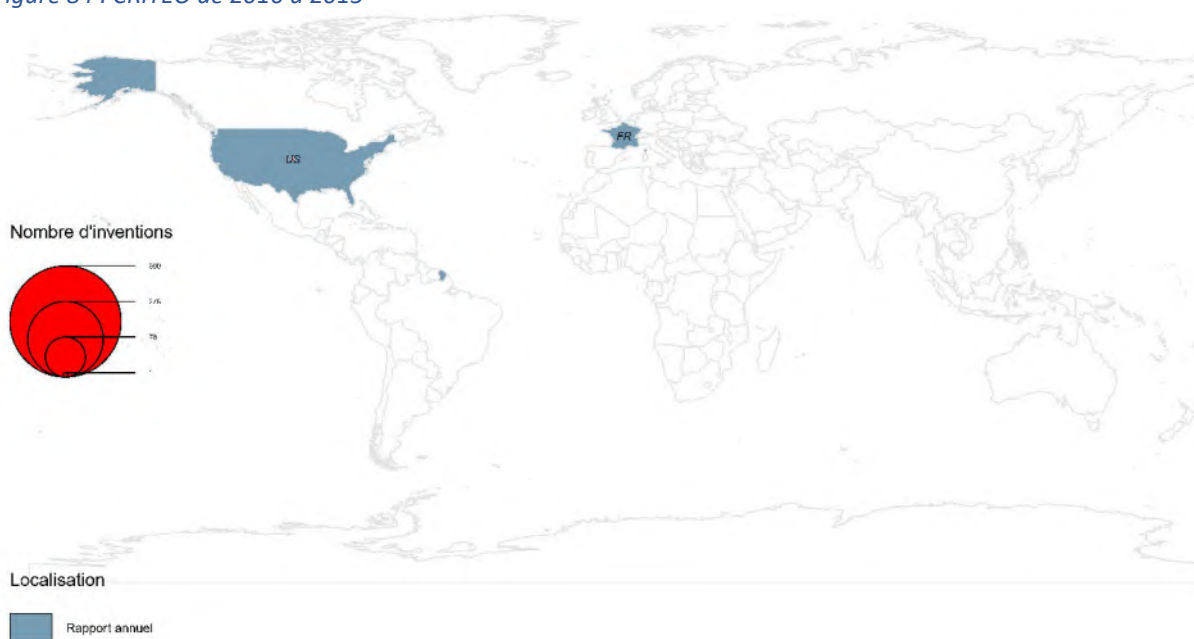


Figure 85 : DANONE de 2004 à 2009

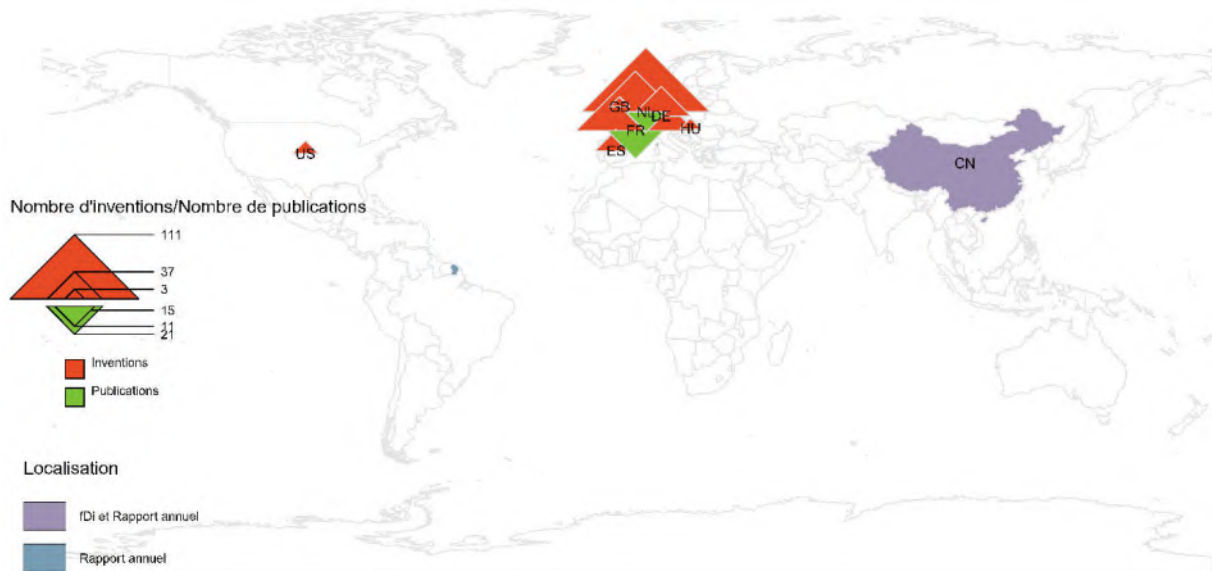


Figure 86 : DANONE de 2010 à 2015

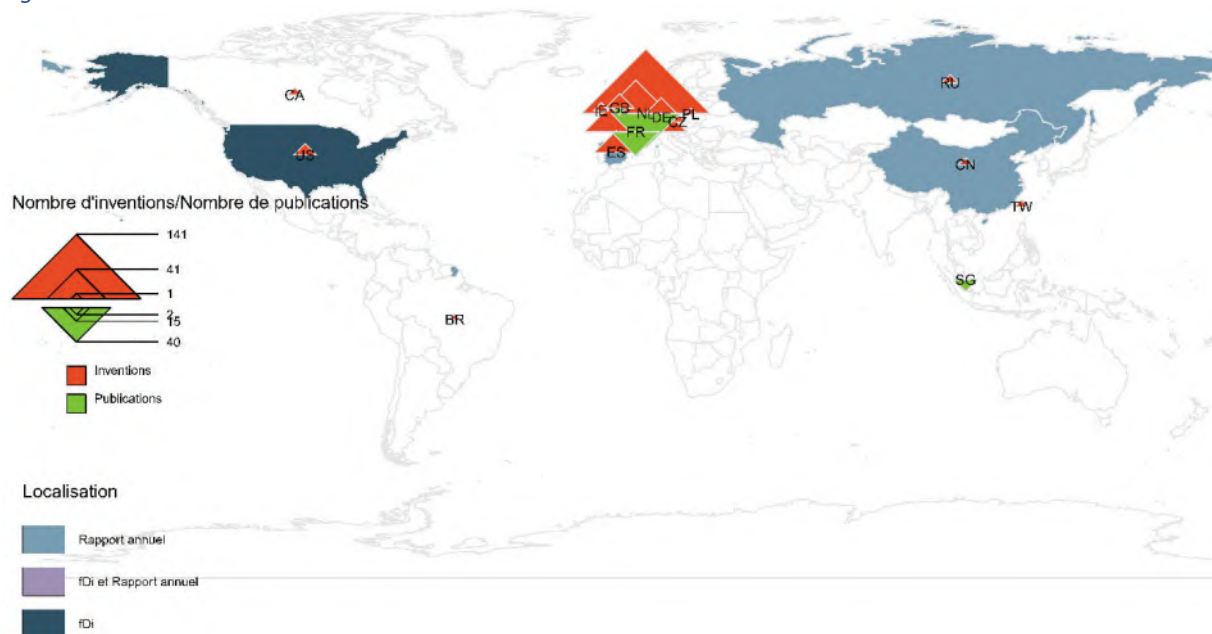


Figure 87 : DASSAULT AVIATION de 2004 à 2009

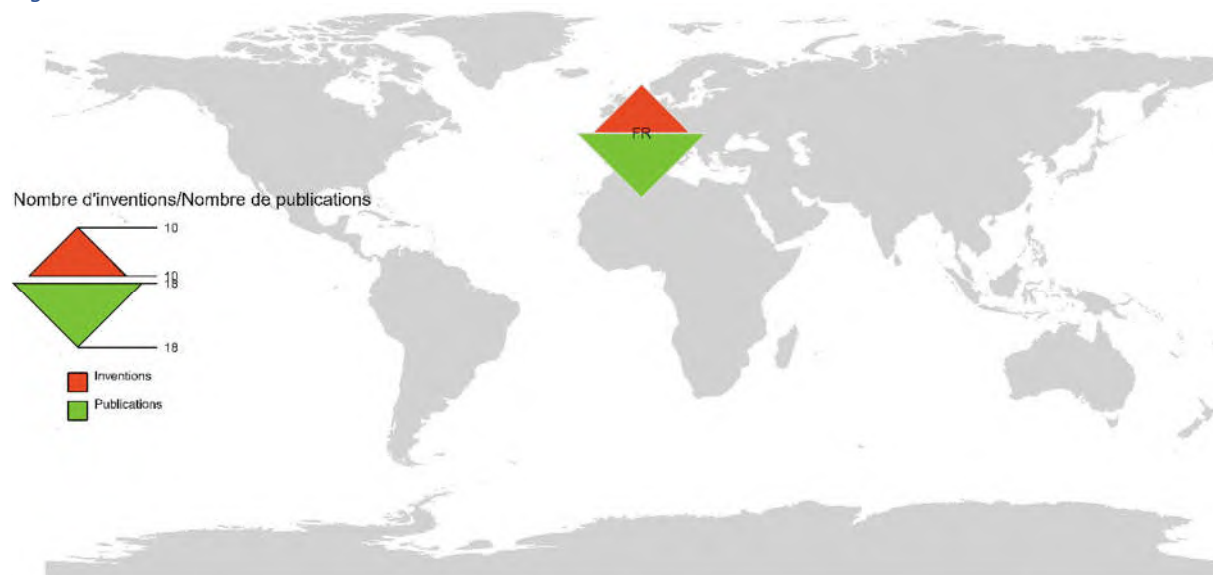


Figure 88 : DASSAULT AVIATION de 2010 à 2015



Figure 89 : DASSAULT SYSTEMES de 2004 à 2009

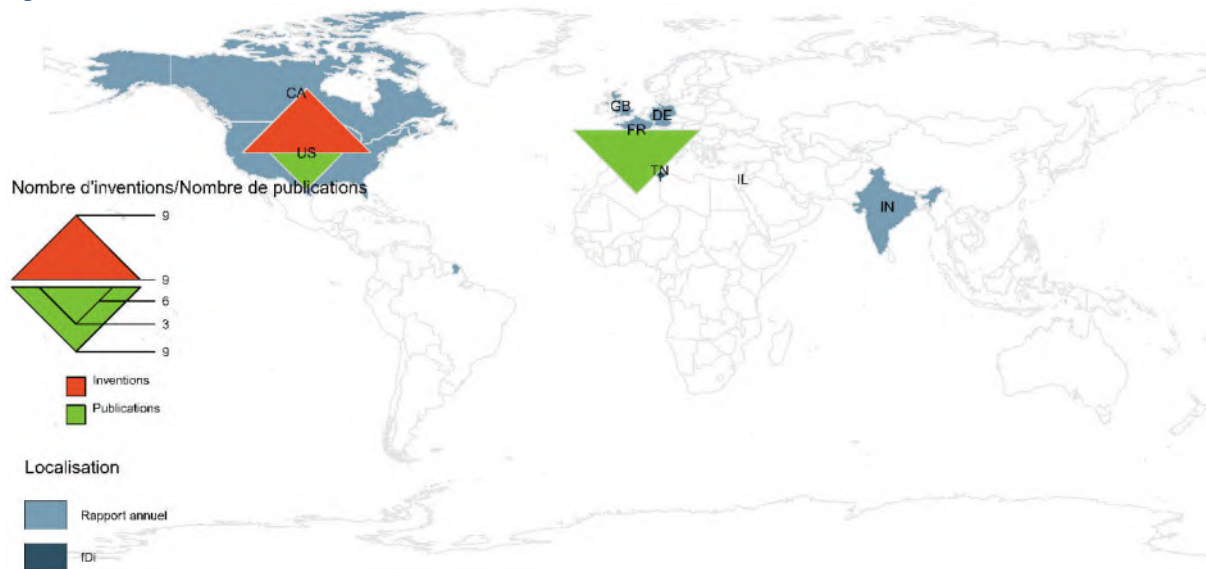


Figure 90 : DASSAULT SYSTEMES de 2010 à 2015

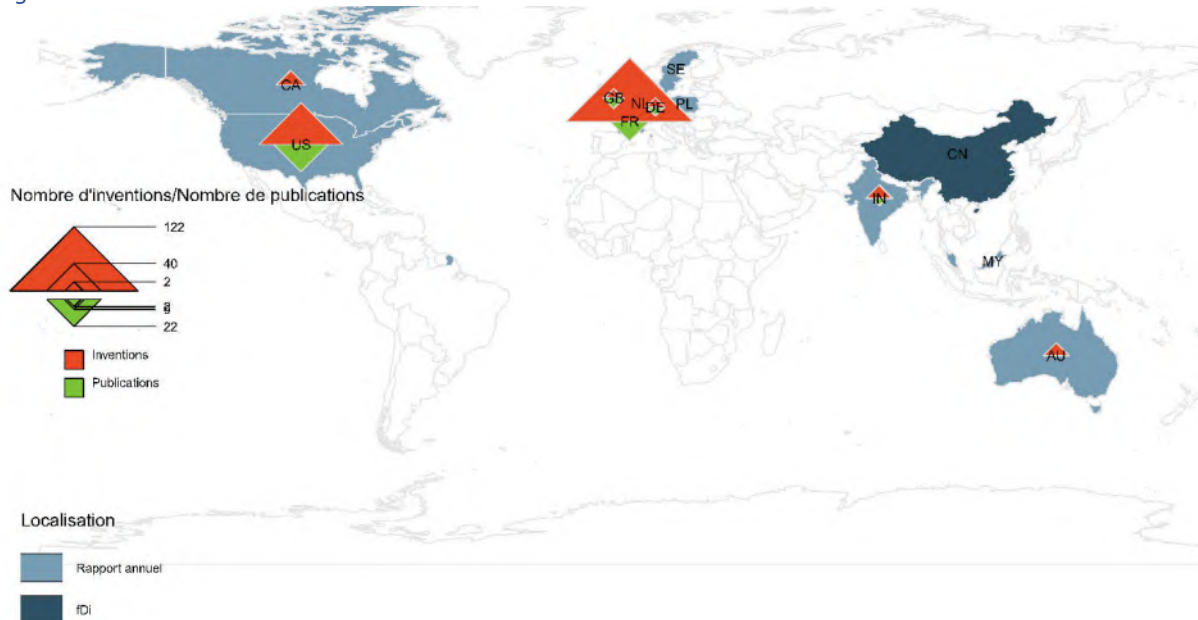


Figure 91 : DBV TECHNOLOGIES de 2004 à 2009



Figure 92 : DBV TECHNOLOGIES de 2010 à 2015

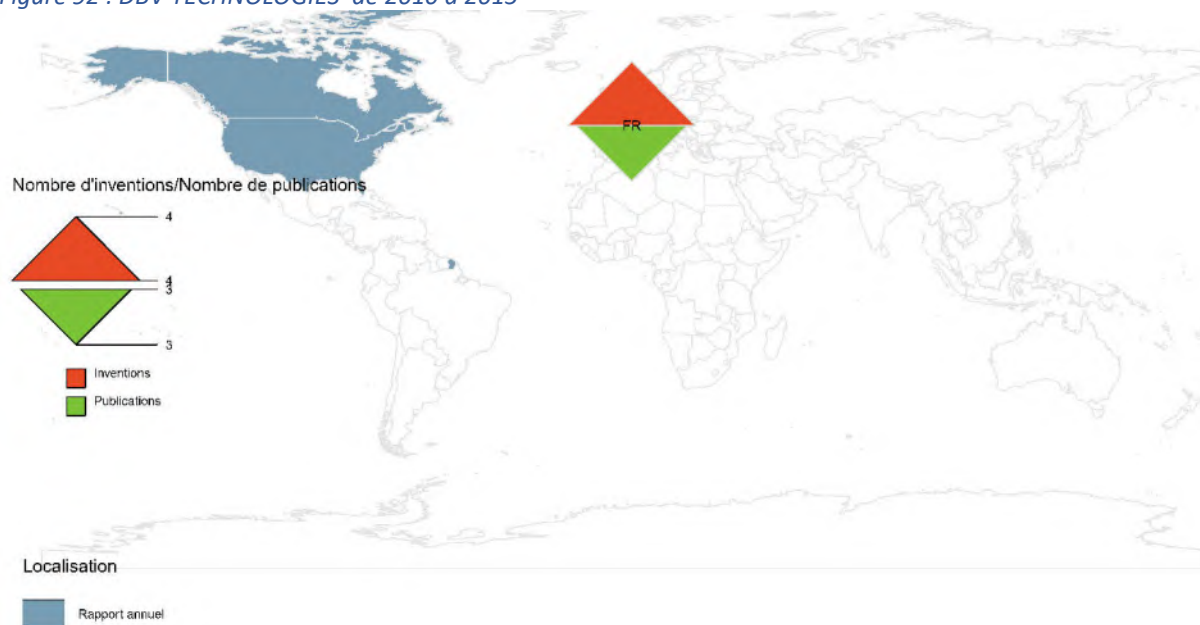


Figure 93 : DIOR de 2004 à 2009



Figure 94 : DIOR de 2004 à 2009



Figure 95 : EDF de 2004 à 2009

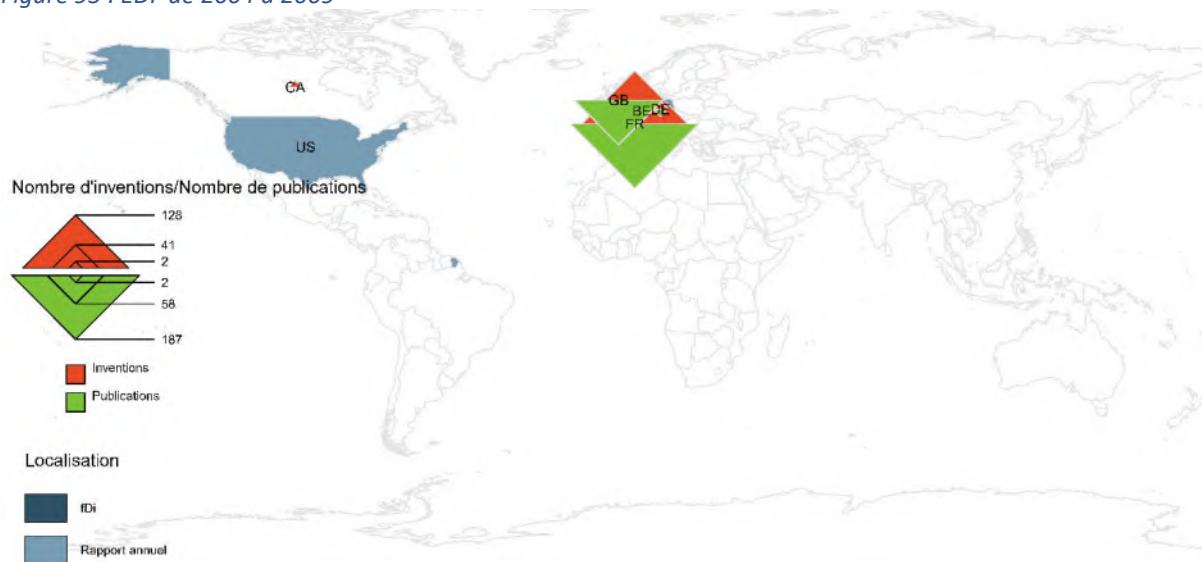


Figure 96 : EDF de 2010 à 2015

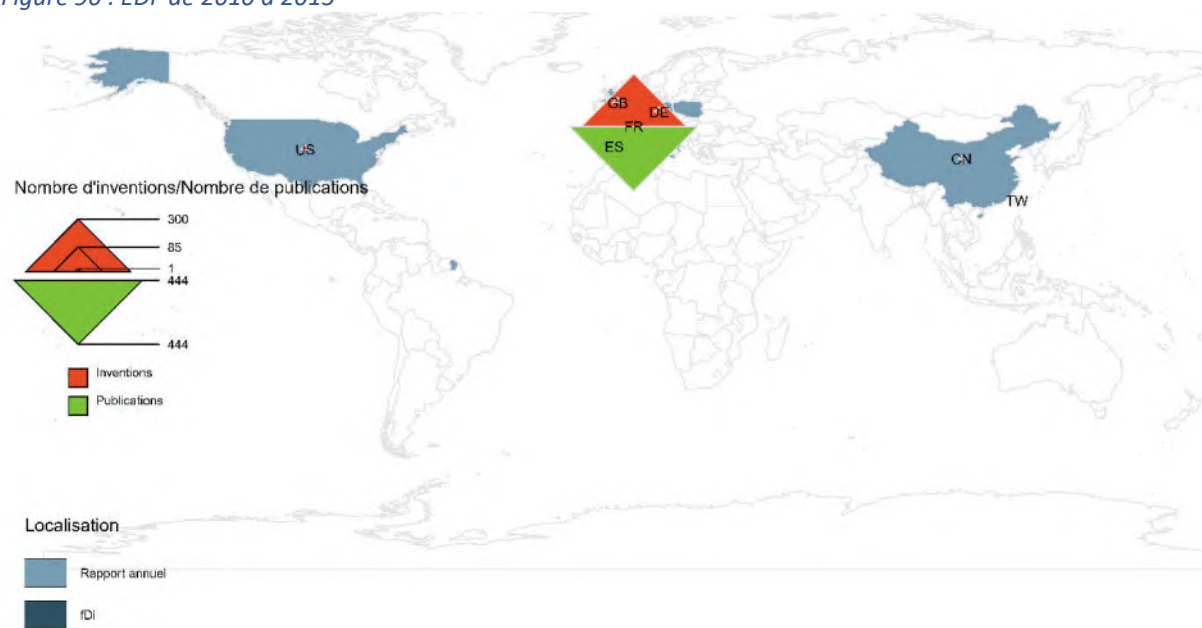


Figure 97 : ENGIE de 2004 à 2009

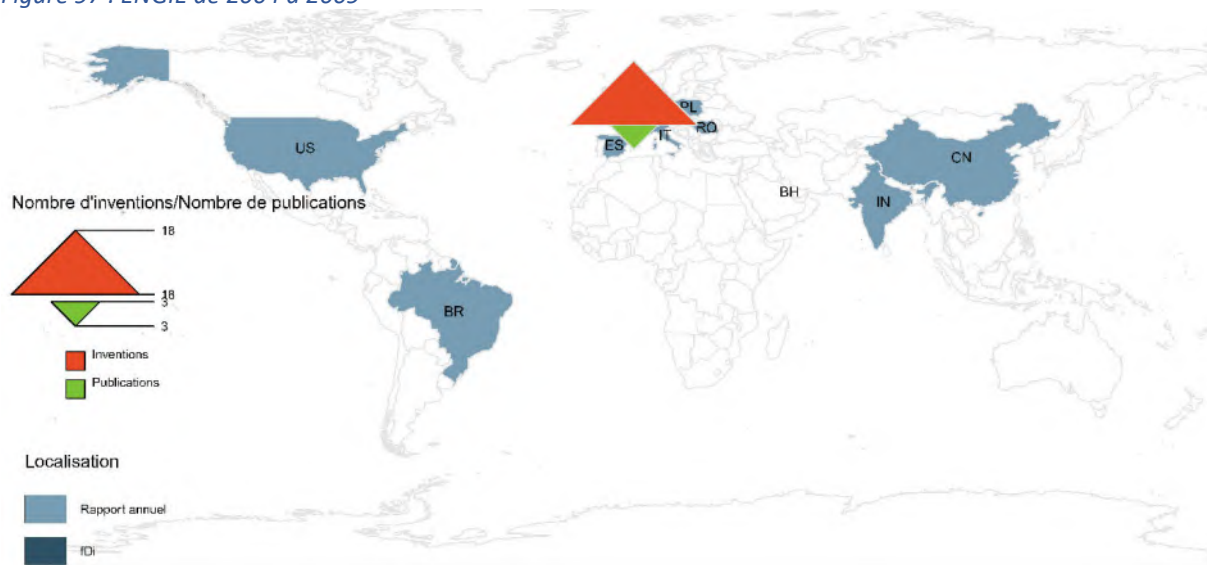


Figure 98 : ENGIE de 2010 à 2015

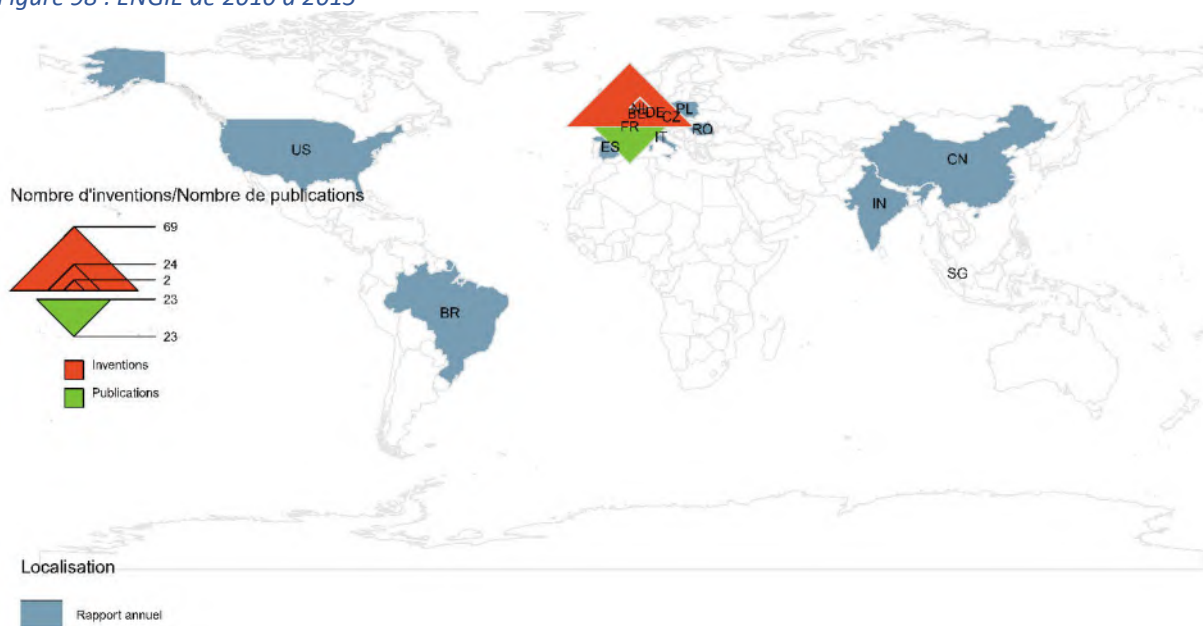


Figure 99 : ERAMET de 2004 à 2009

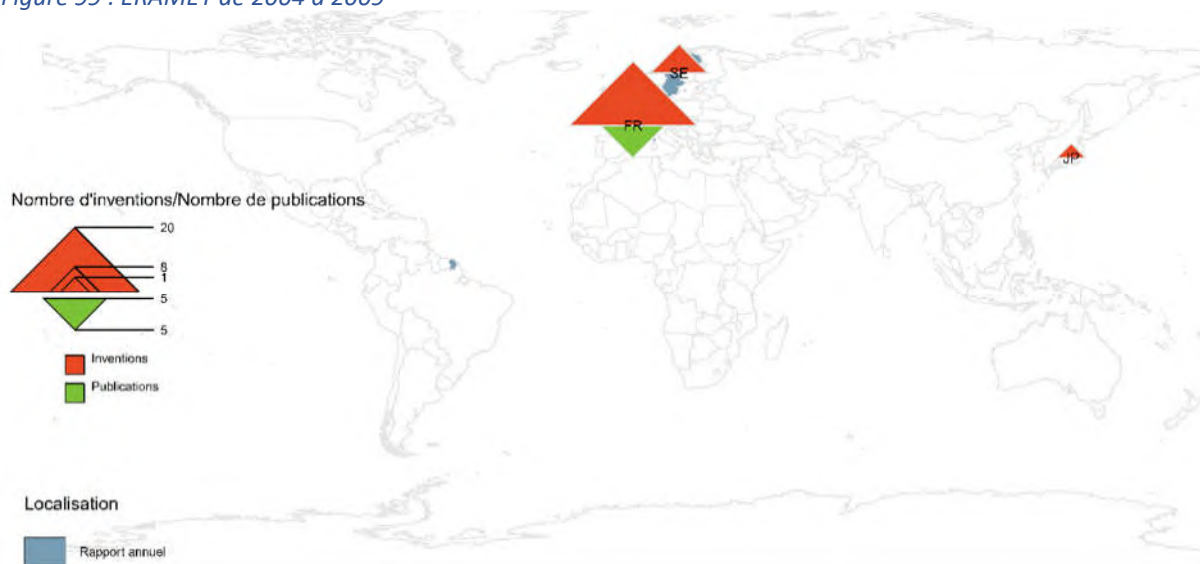


Figure 100 : ERAMET de 2010 à 2015

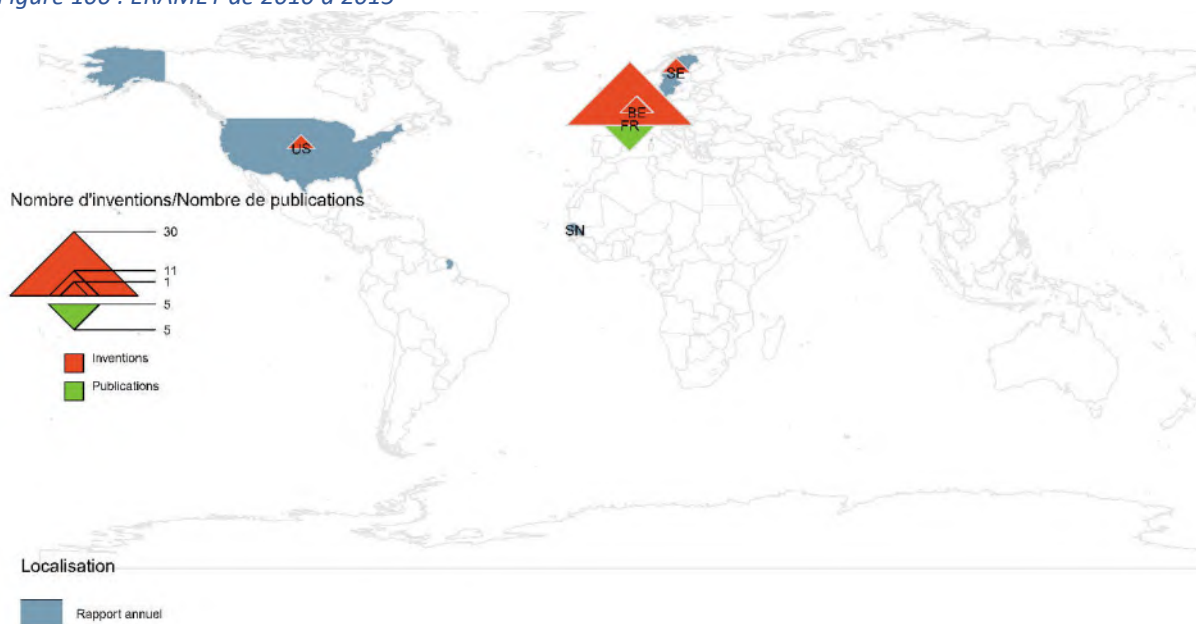


Figure 101 : ESI GROUP de 2004 à 2009

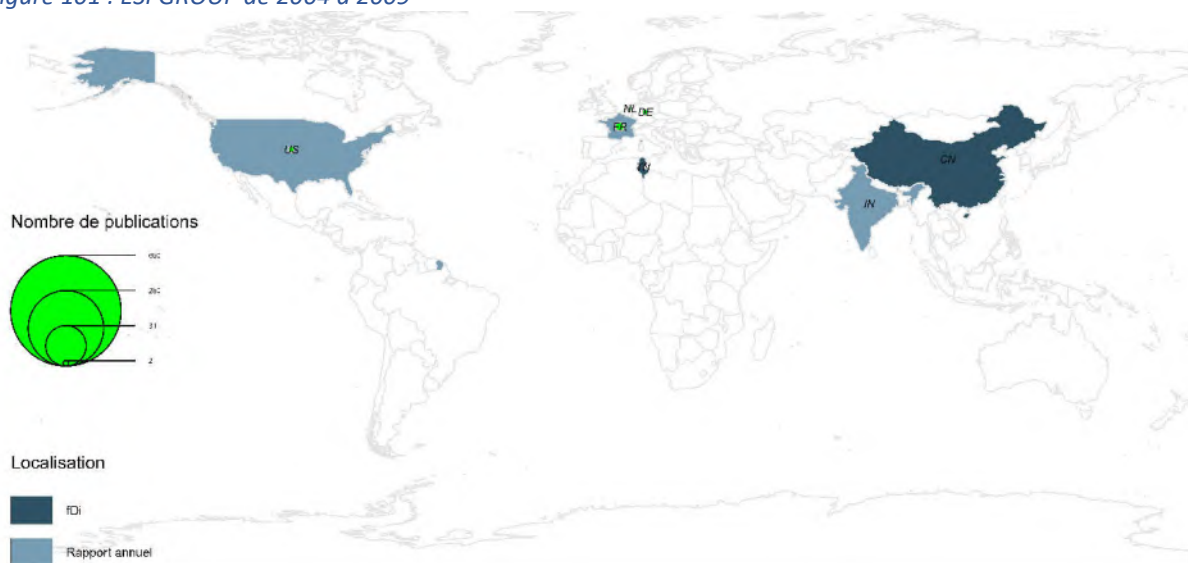


Figure 102 : ESI GROUP de 2010 à 2015

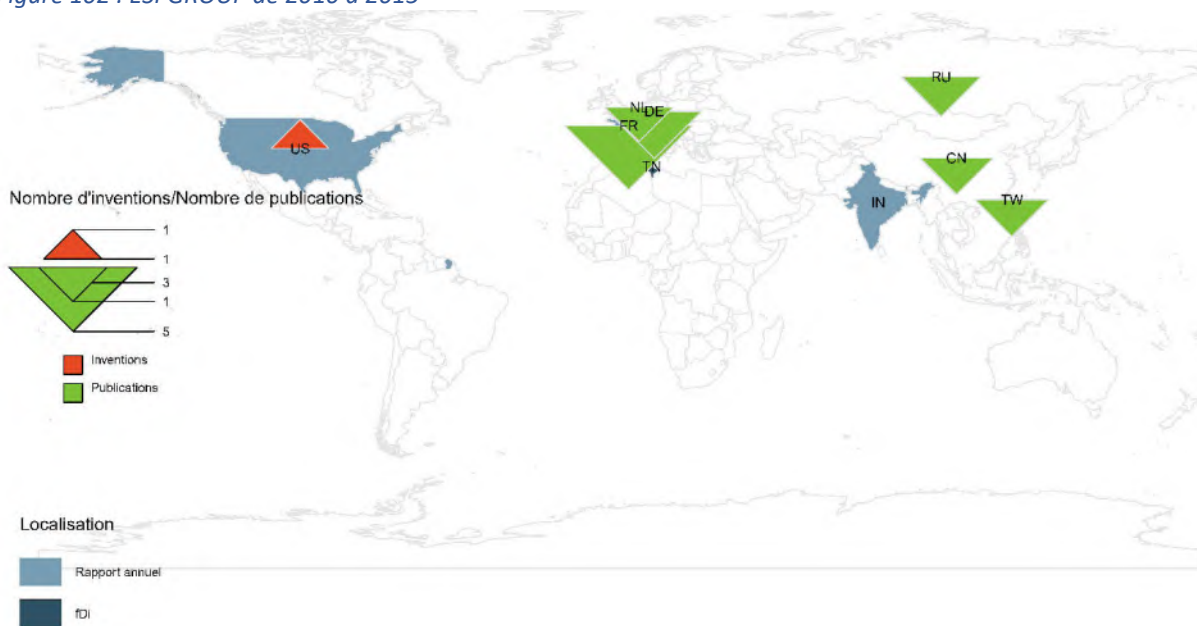


Figure 103 : ESSILOR de 2004 à 2009

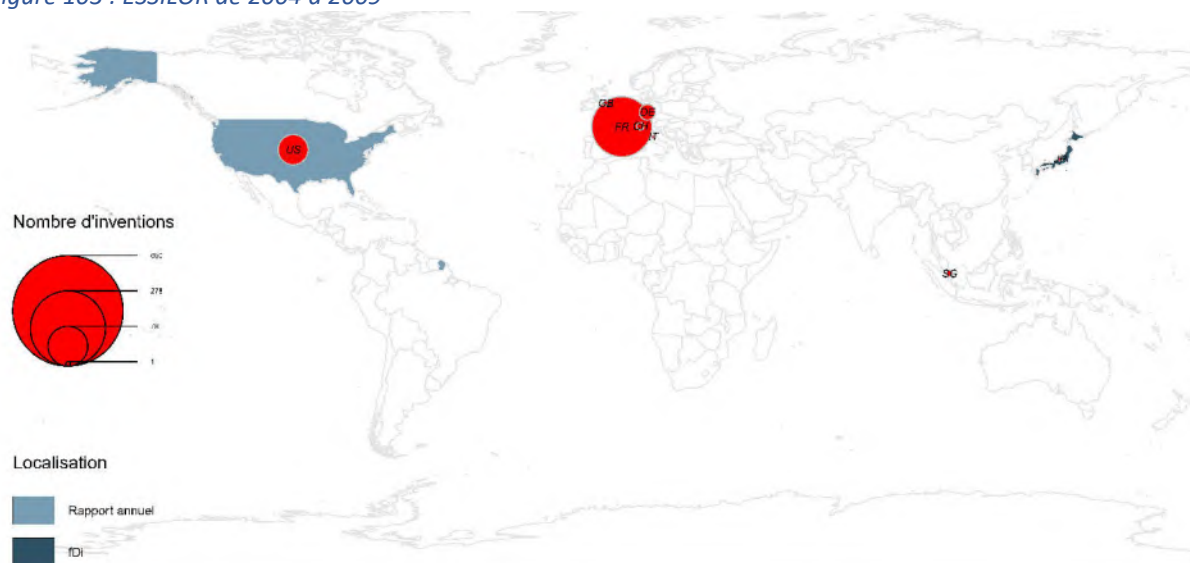


Figure 104 : ESSILOR de 2010 à 2015

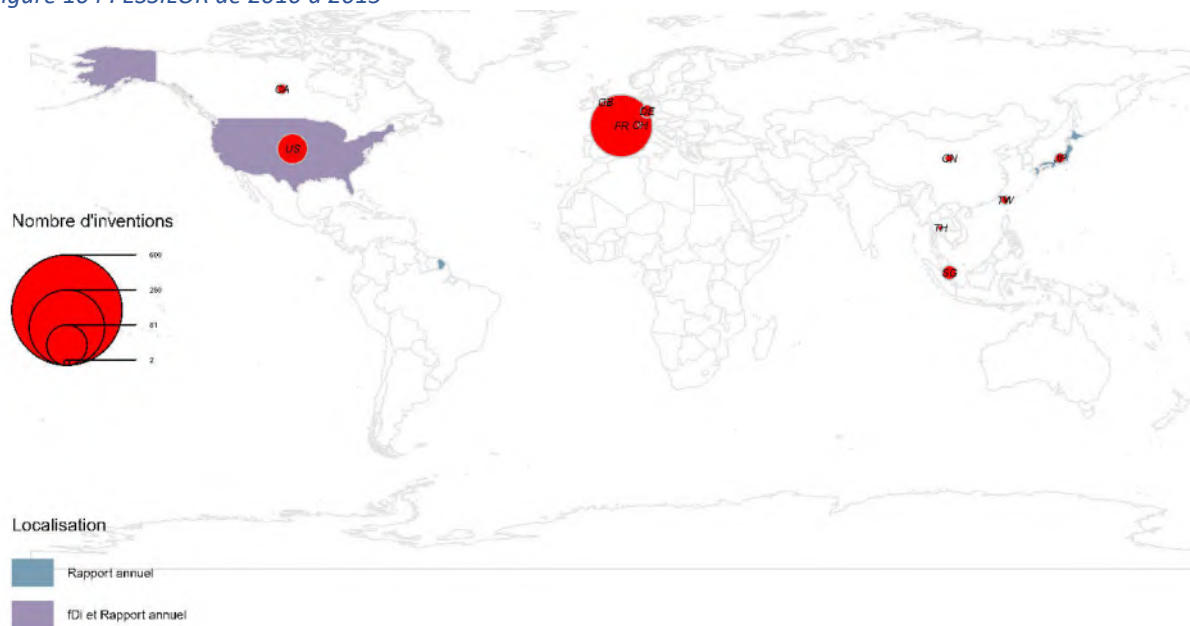


Figure 105 : FAIVELEY de 2004 à 2009



Figure 106 : FAIVELEY de 2010 à 2015



Figure 107 : FIVES de 2004 à 2009



Figure 108 : FIVES de 2010 à 2015

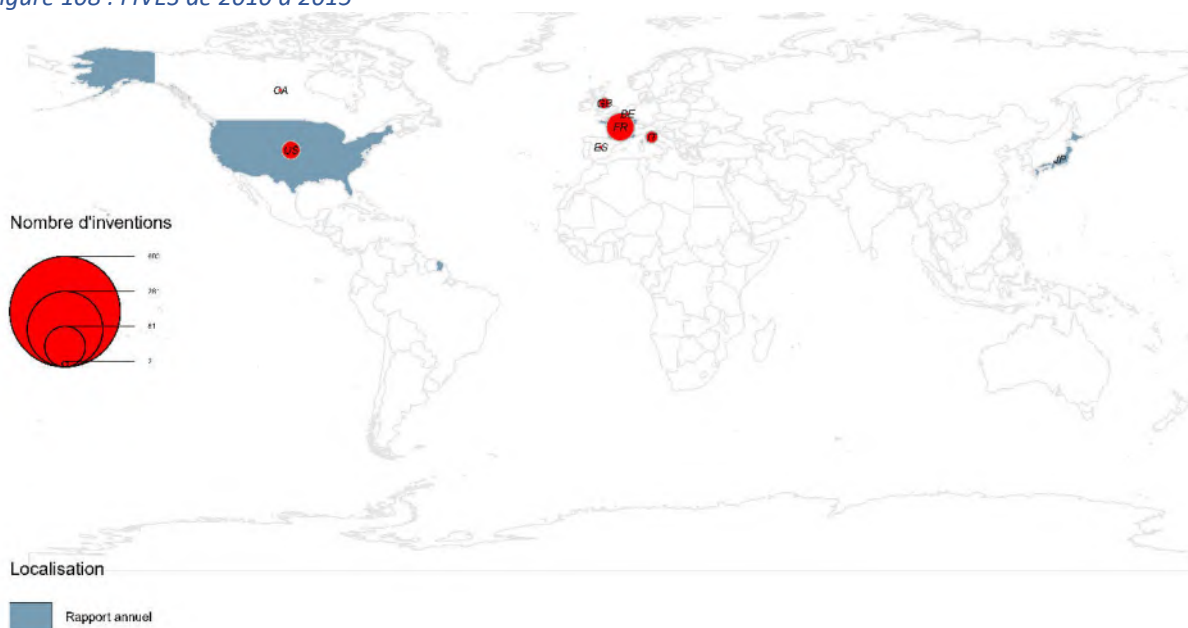


Figure 109 : GAMELOFT de 2004 à 2009



Figure 110 : GAMELOFT de 2010 à 2015

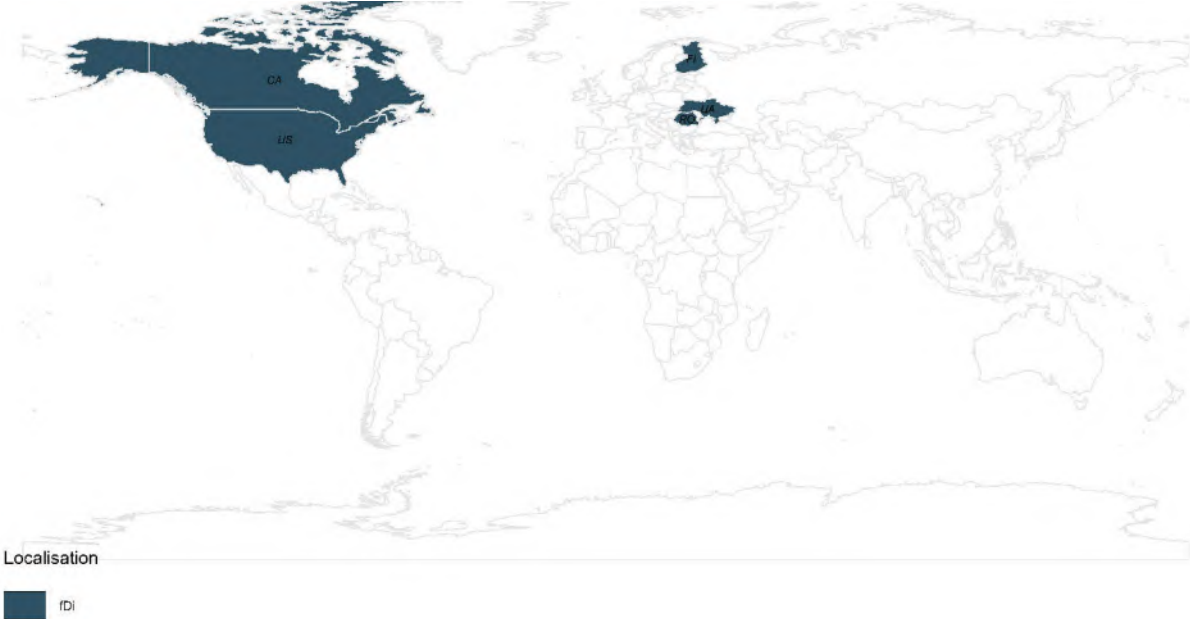


Figure 111 : GEMALTO de 2004 à 2009



Figure 112 : GEMALTO de 2010 à 2015



Figure 113 : GFI de 2004 à 2009

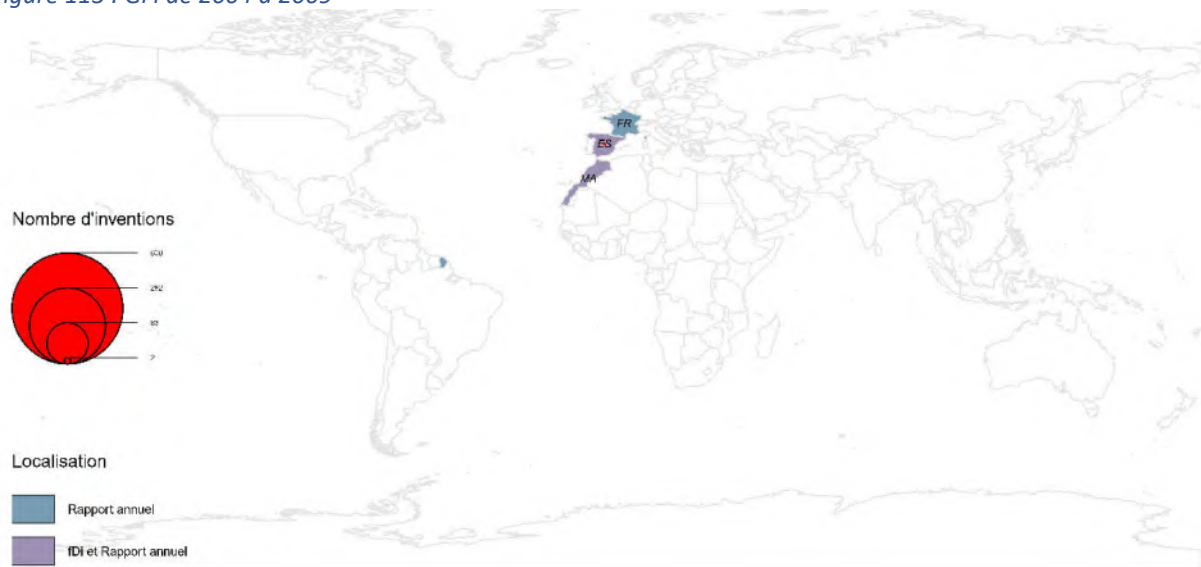


Figure 114 : GFI de 2010 à 2015

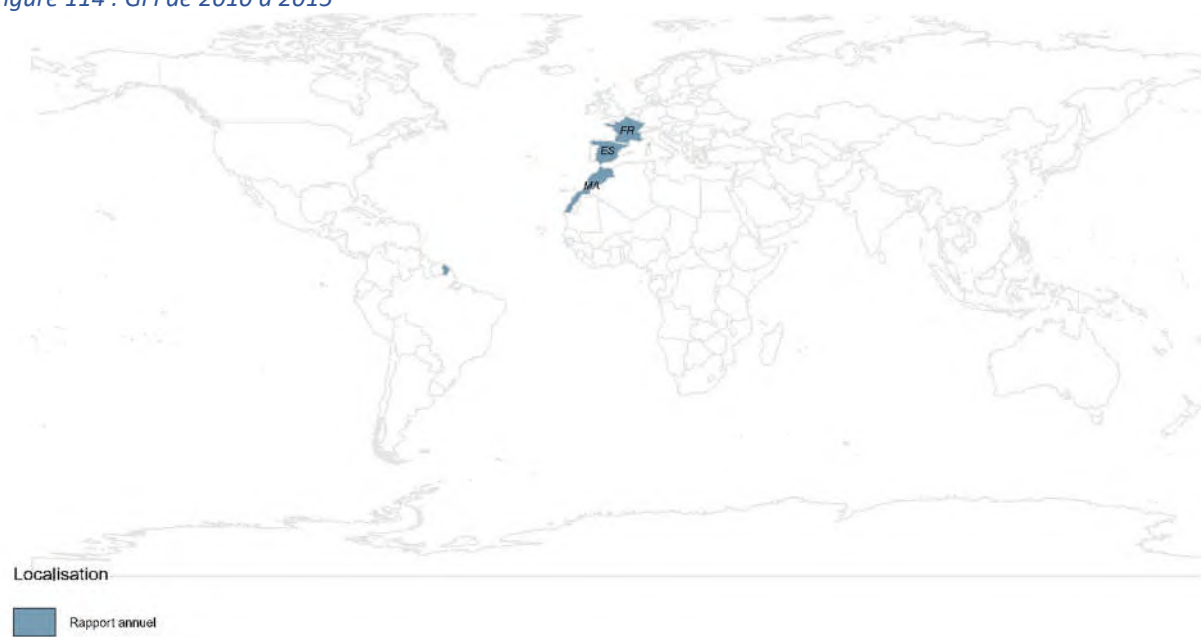


Figure 115 : GUERBET de 2004 à 2009

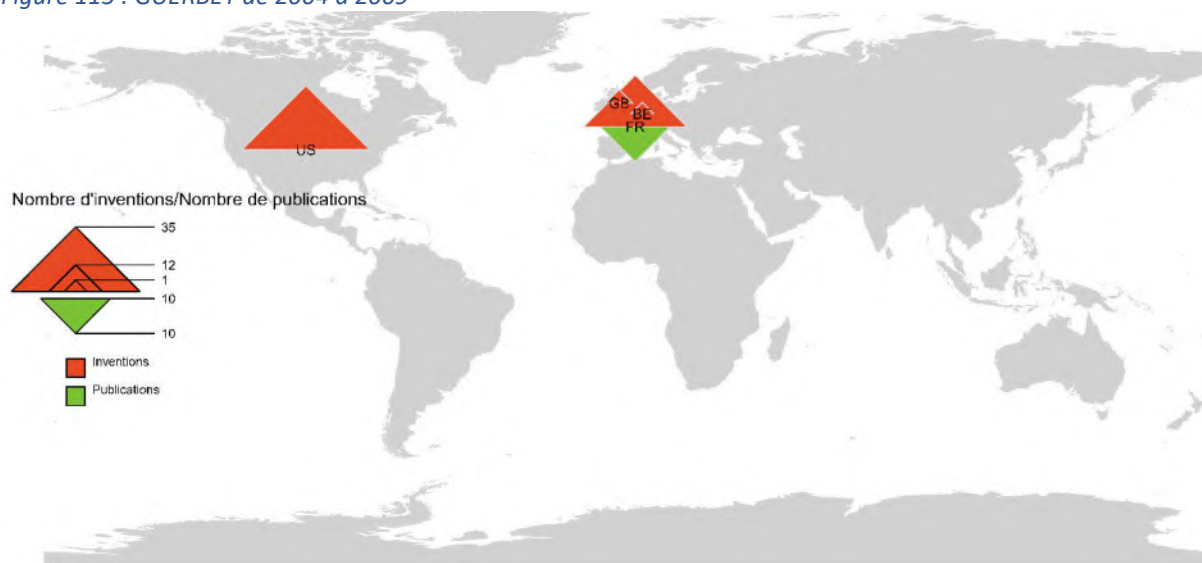


Figure 116 : GUERBET de 2010 à 2015

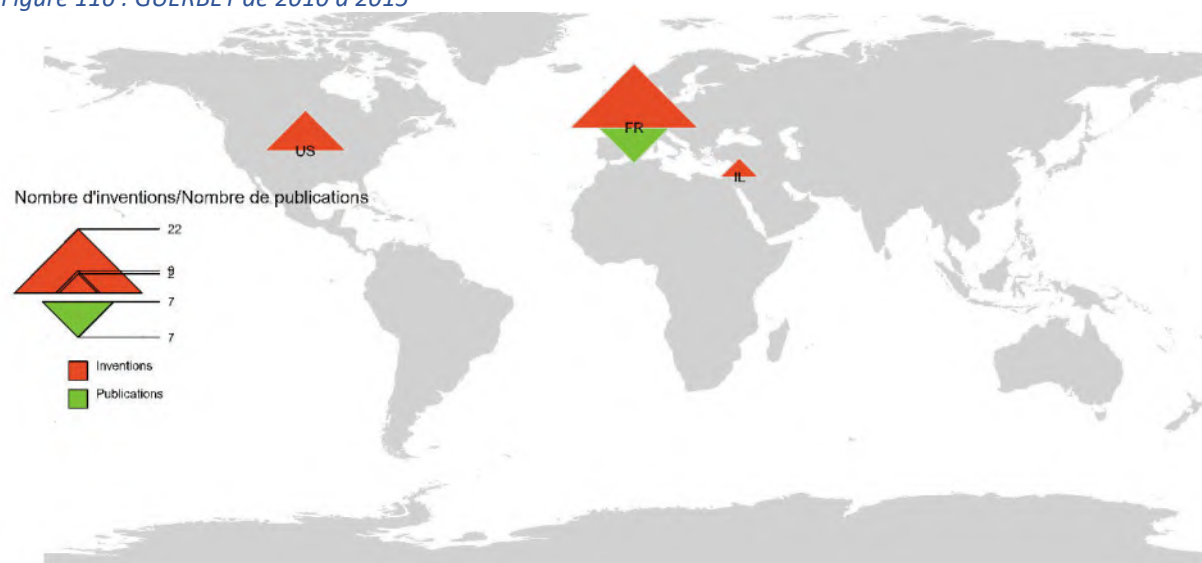


Figure 117 : INGENICO de 2004 à 2009

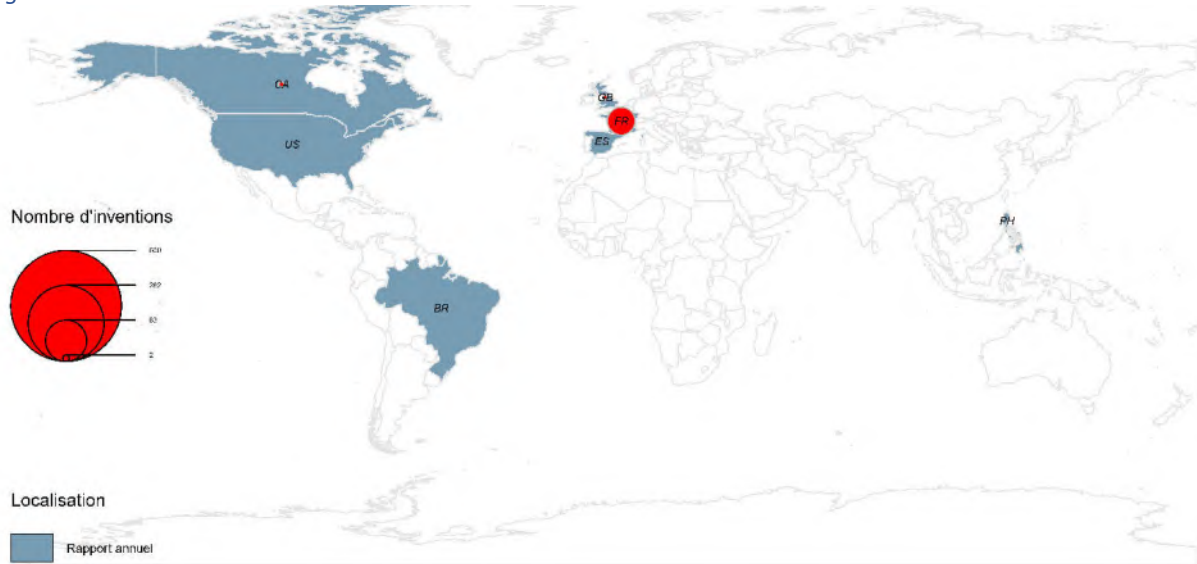


Figure 118 : INGENICO de 2010 à 2015



Figure 119 : IPSEN de 2004 à 2009

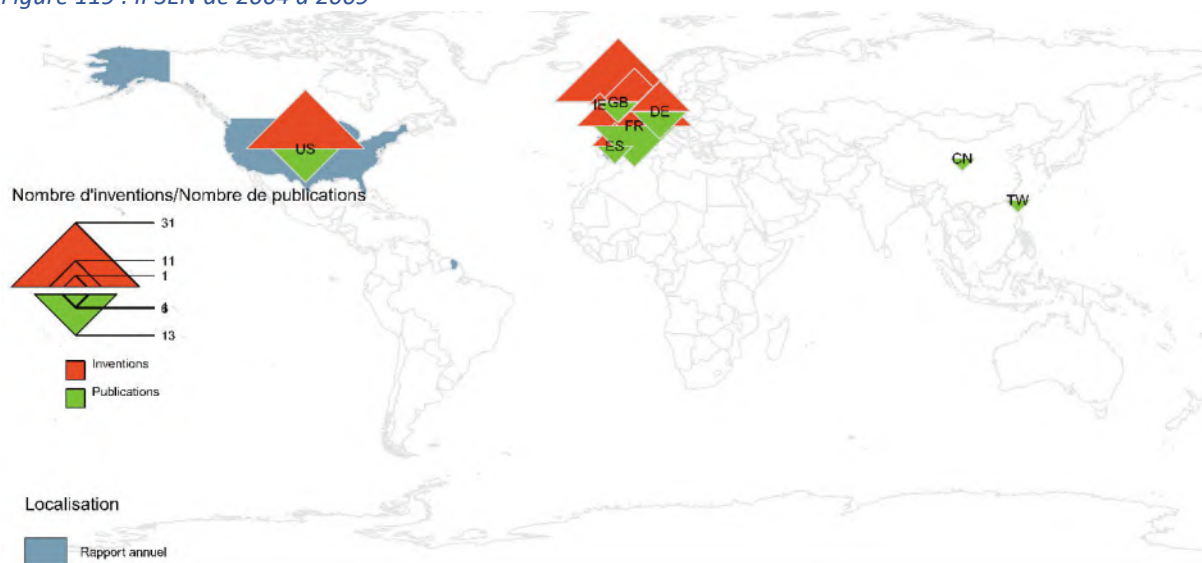


Figure 120 : IPSEN de 2010 à 2015



Figure 121 : LATECOERE de 2004 à 2009



Figure 122 : LATECOERE de 2010 à 2015



Figure 123 : LEGRAND de 2004 à 2009

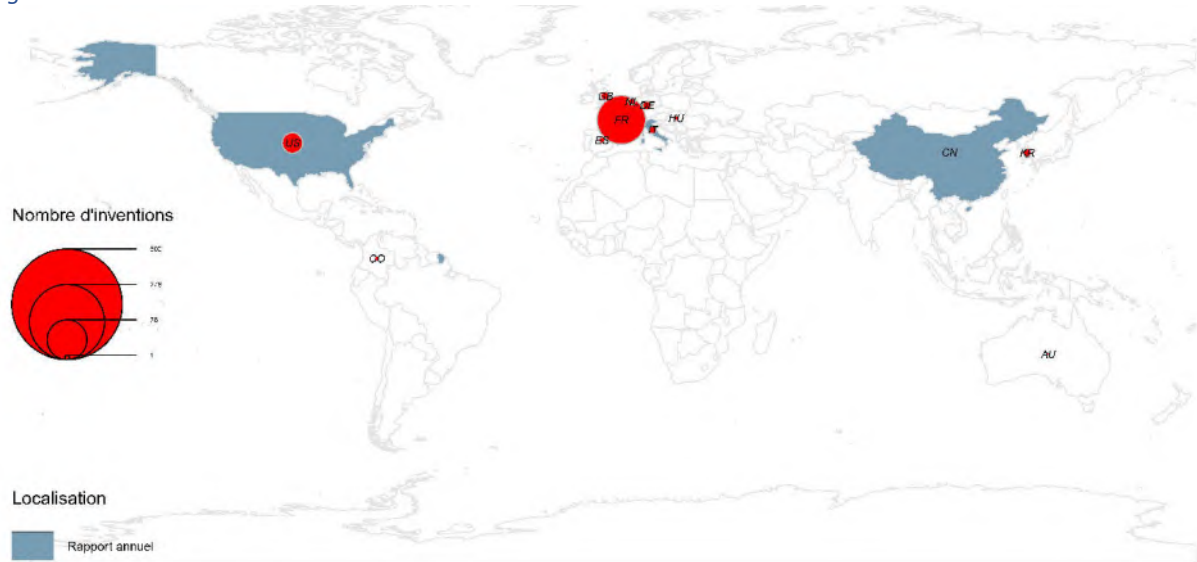


Figure 124 : LEGRAND de 2010 à 2015

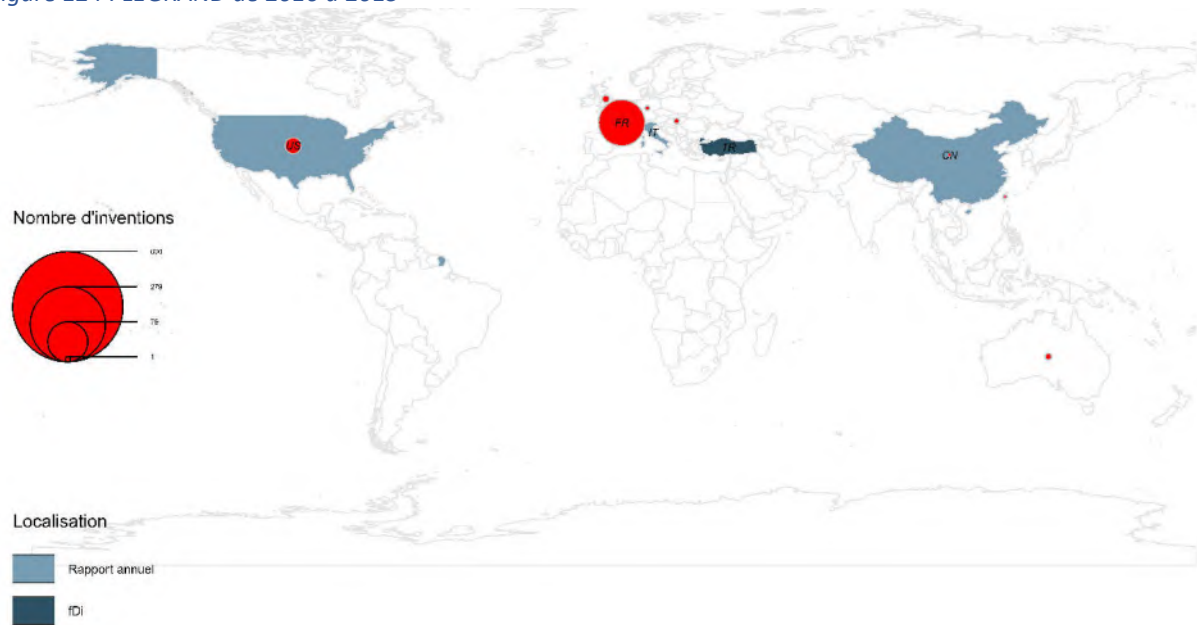


Figure 125 : L'OREAL de 2004 à 2009

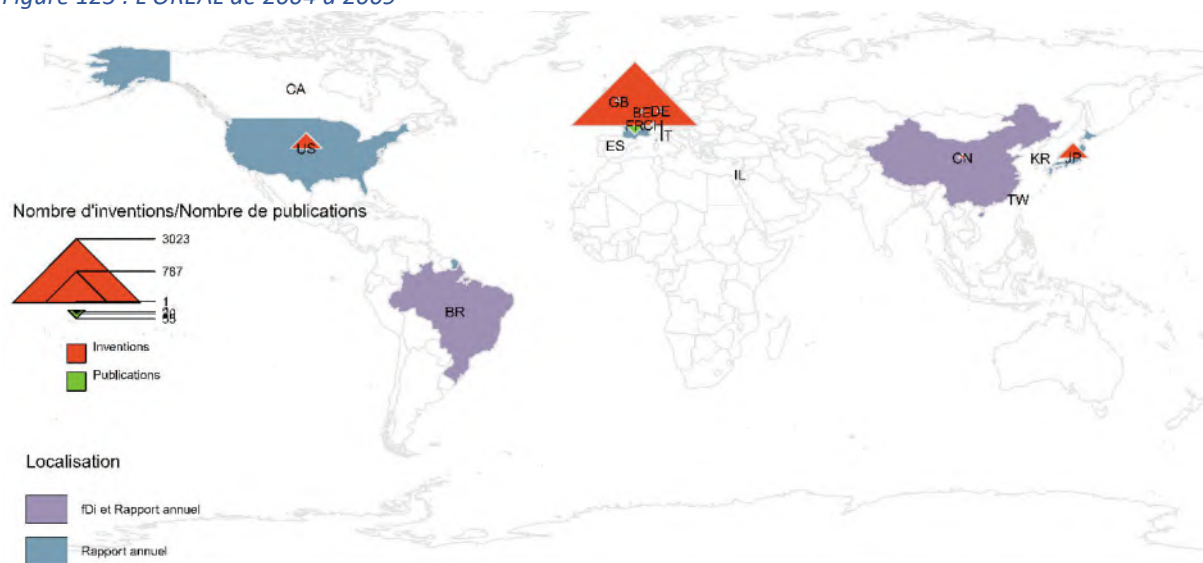


Figure 126 : L'OREAL de 2010 à 2015

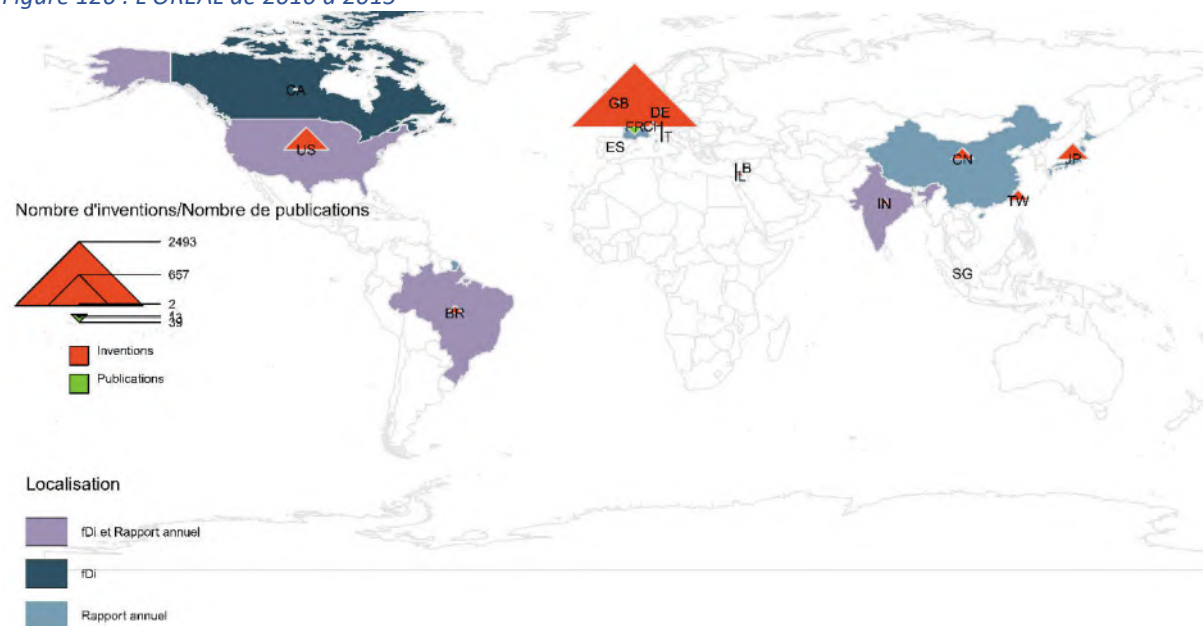


Figure 127 : MANITOU de 2004 à 2009

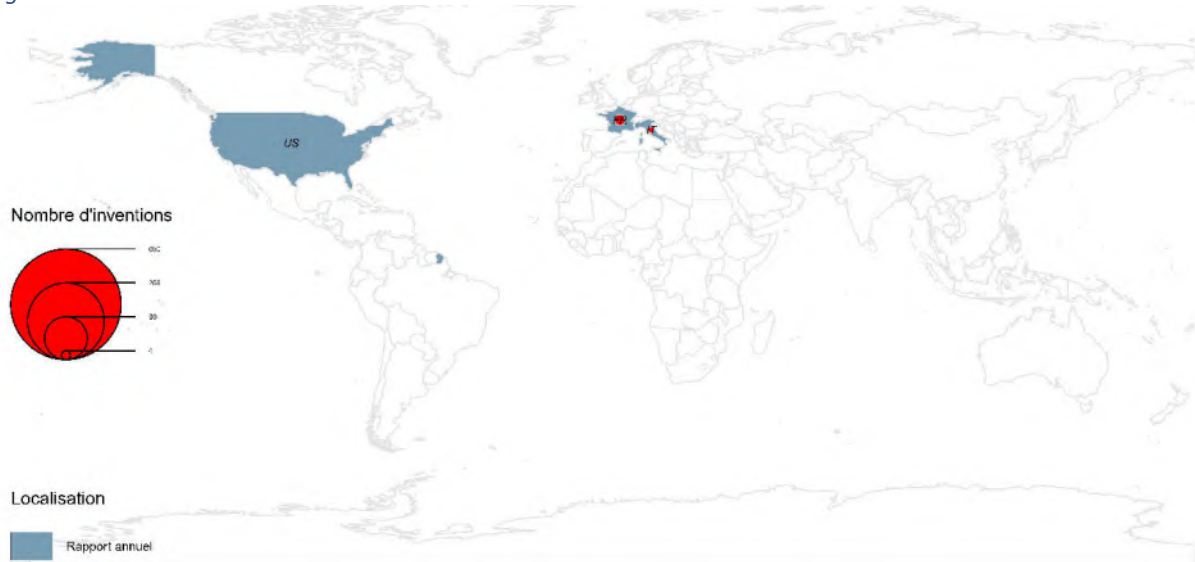


Figure 128 : MANITOU de 2010 à 2015

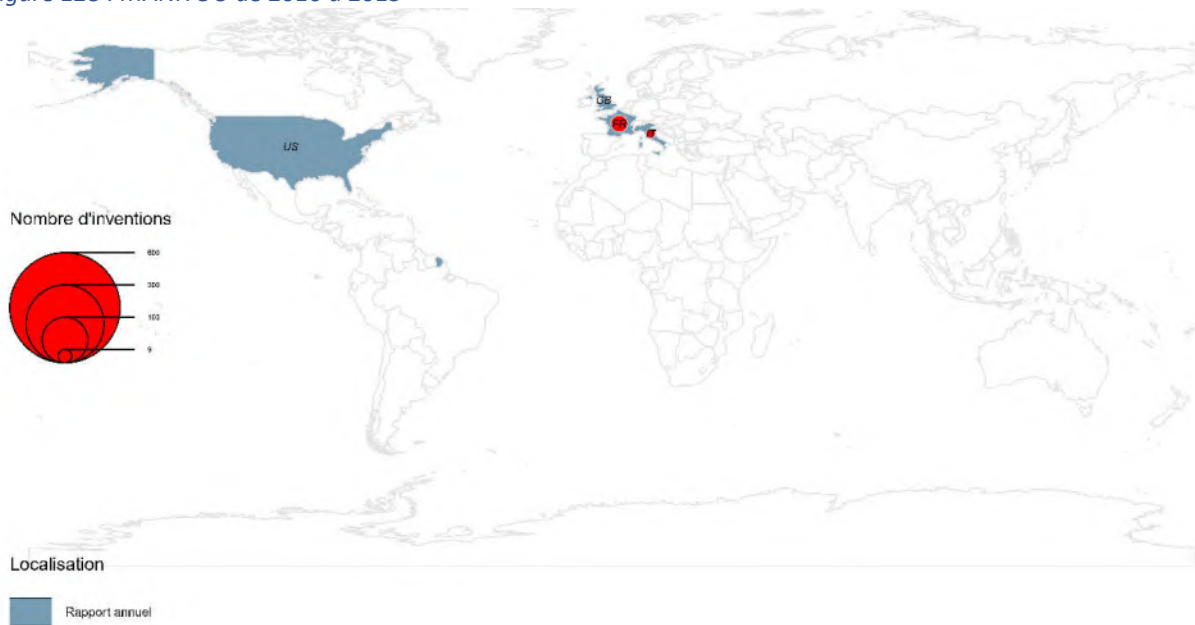


Figure 129 : MGI COUTIER de 2004 à 2009



Figure 130 : MGI COUTIER de 2010 à 2015



Figure 131 : MICHELIN de 2004 à 2009

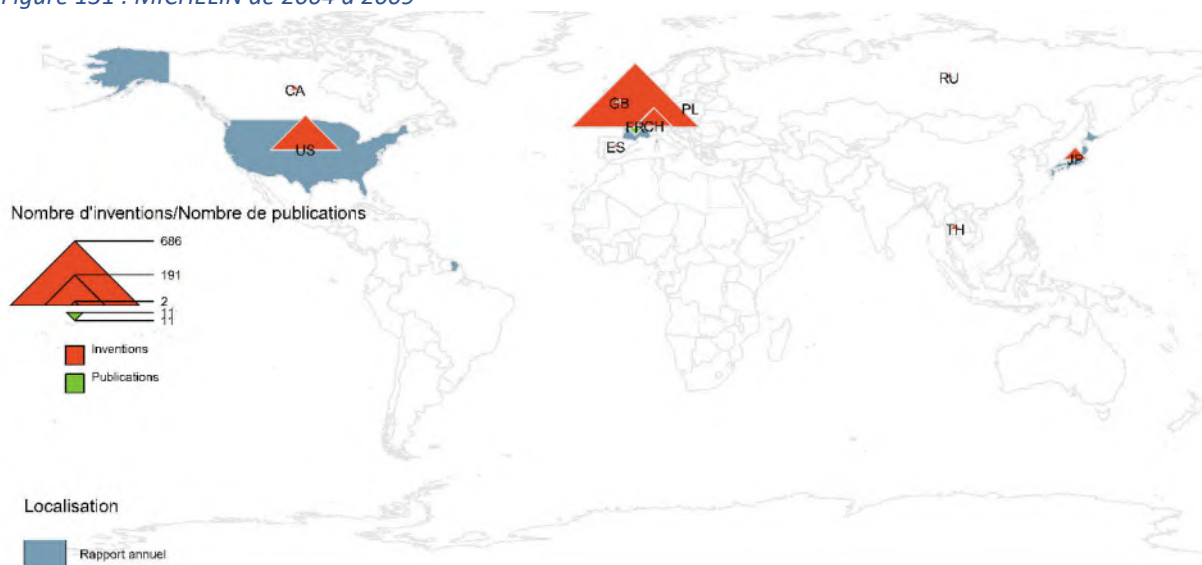


Figure 132 : MICHELIN de 2010 à 2015

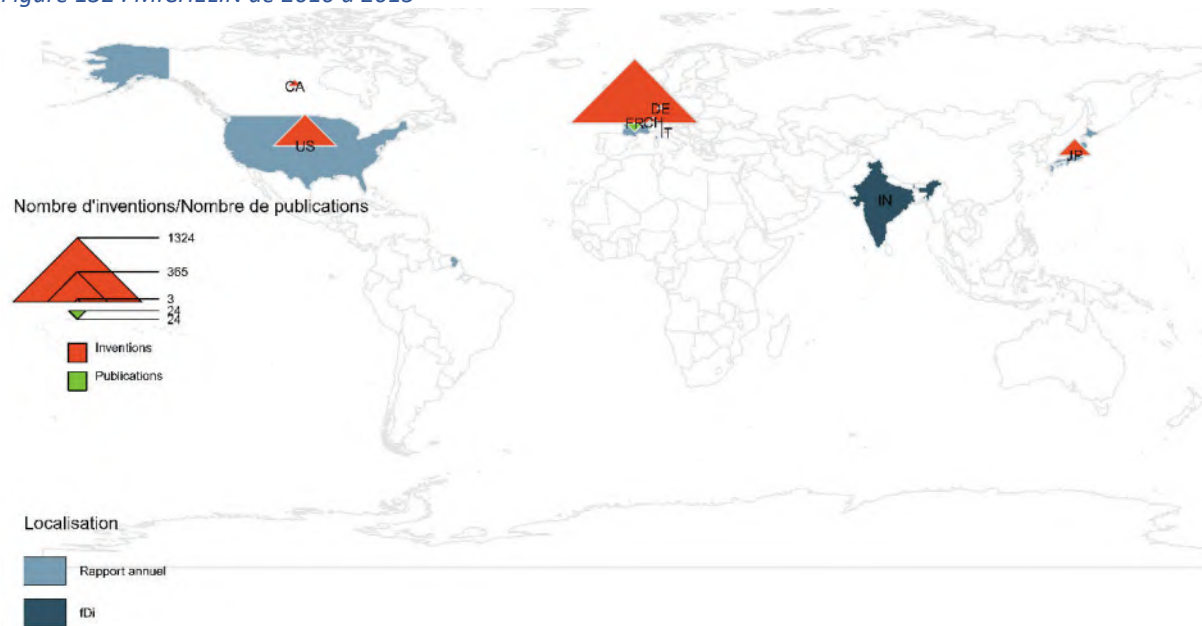


Figure 133 : NEOPOST de 2004 à 2009

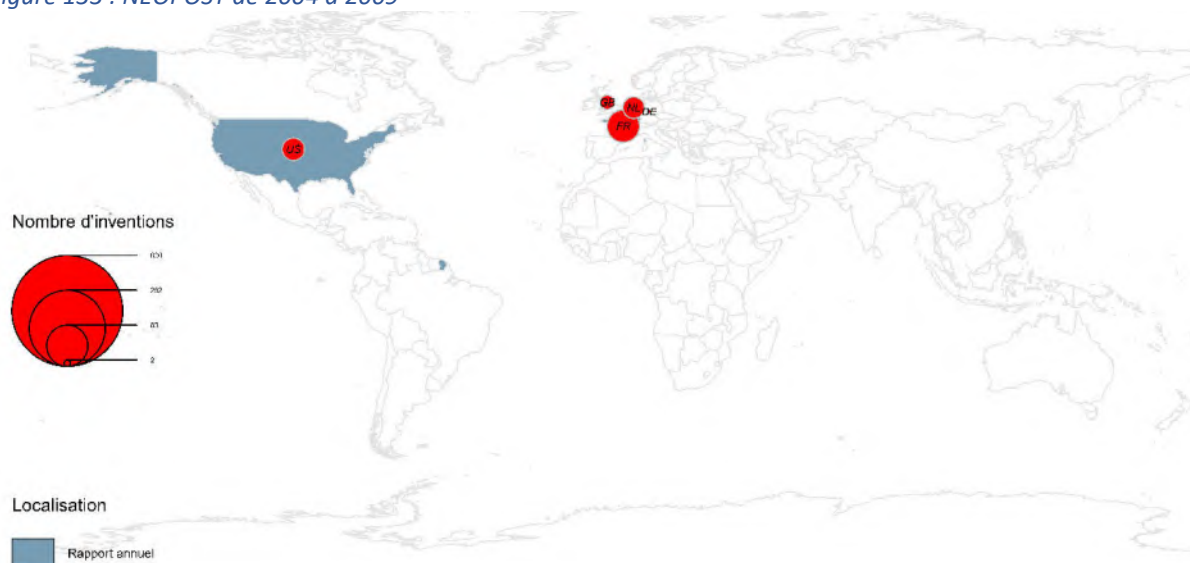


Figure 134 : NEOPOST de 2010 à 2015

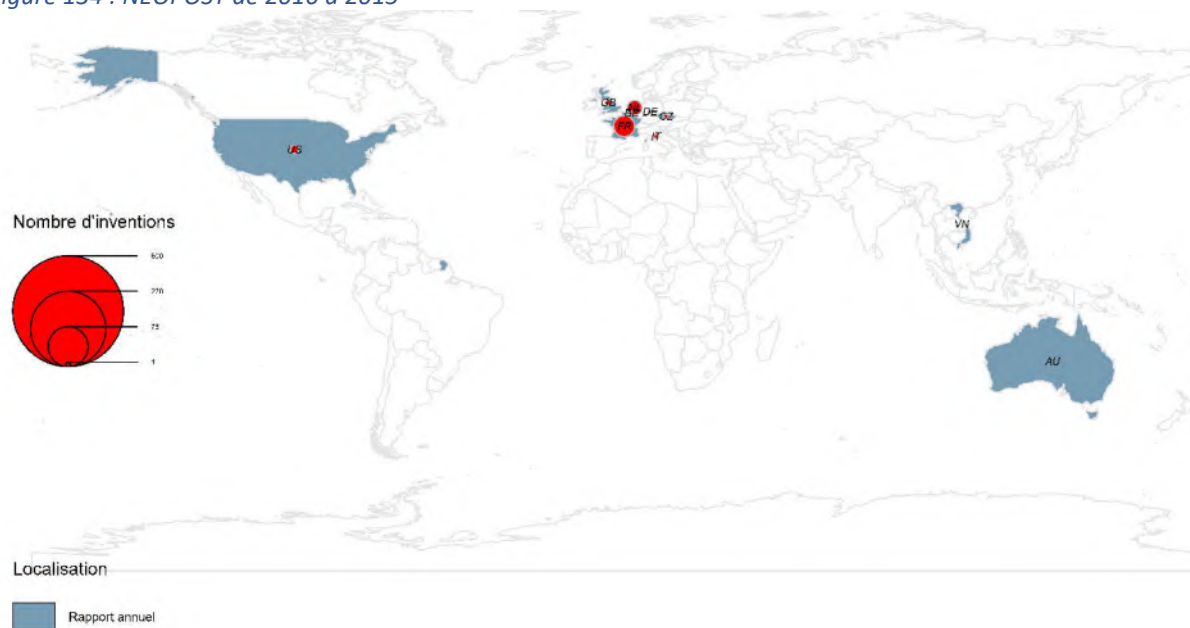


Figure 135 : NEXANS de 2004 à 2009

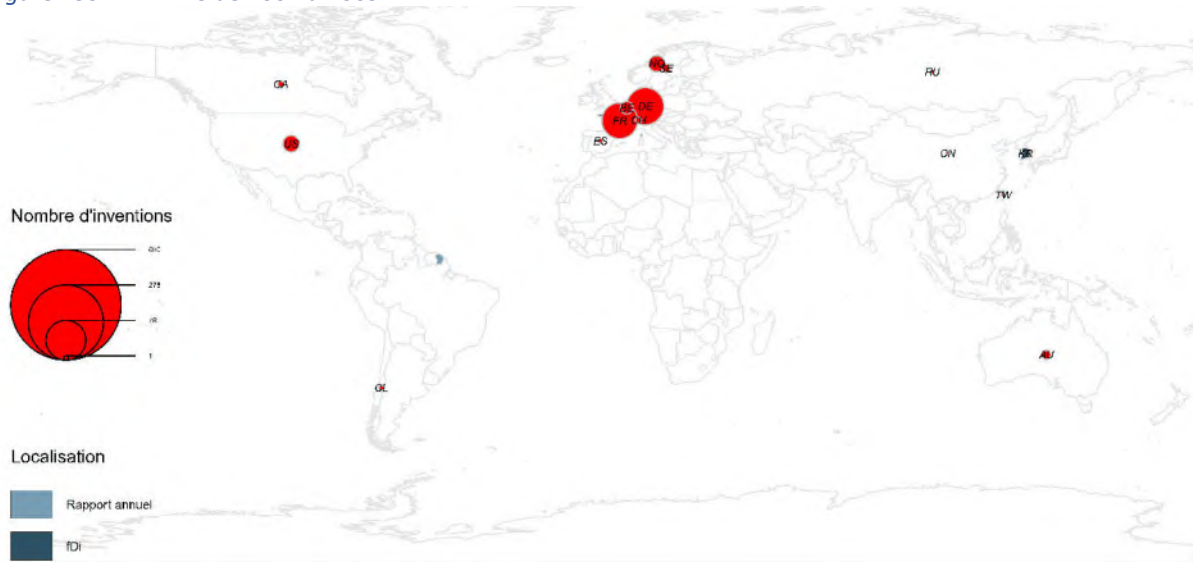


Figure 136 : NEXANS de 2010 à 2015



Figure 137 : ORANGE de 2004 à 2009

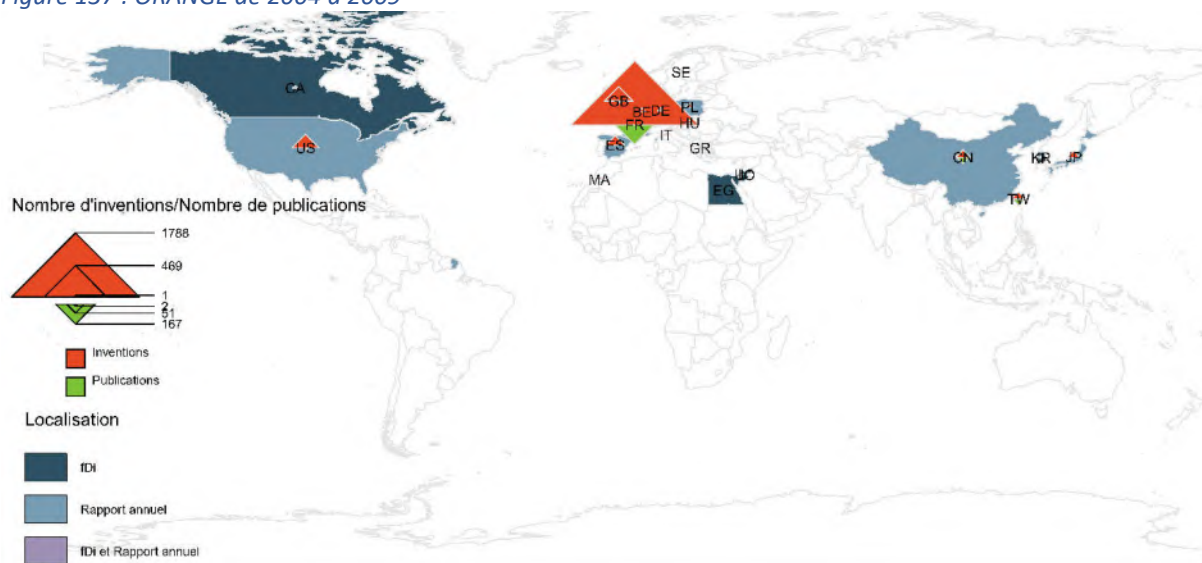


Figure 138 : ORANGE de 2010 à 2015

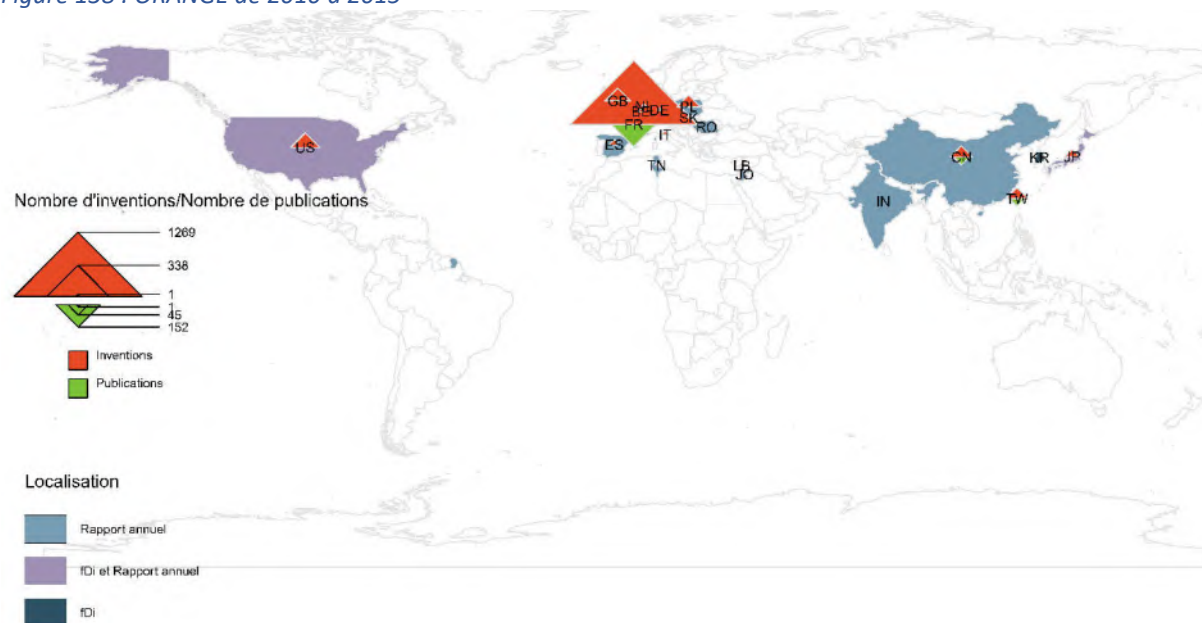


Figure 139 : PARROT de 2004 à 2009



Figure 140 : PARROT de 2010 à 2015



Figure 141 : PSA de 2004 à 2009

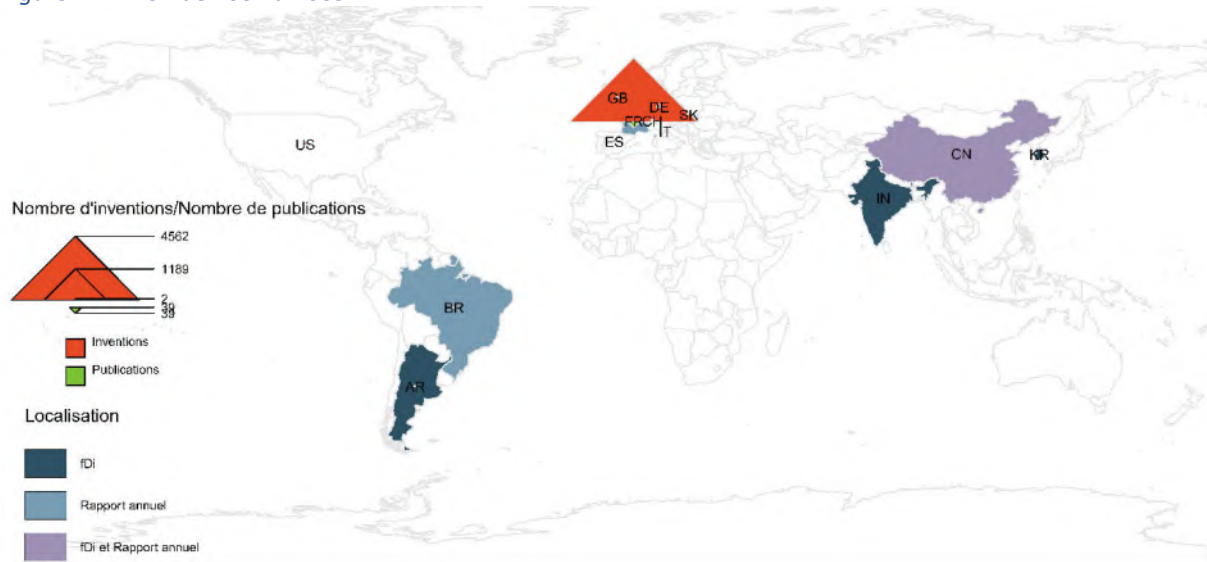


Figure 142 : PSA de 2010 à 2015

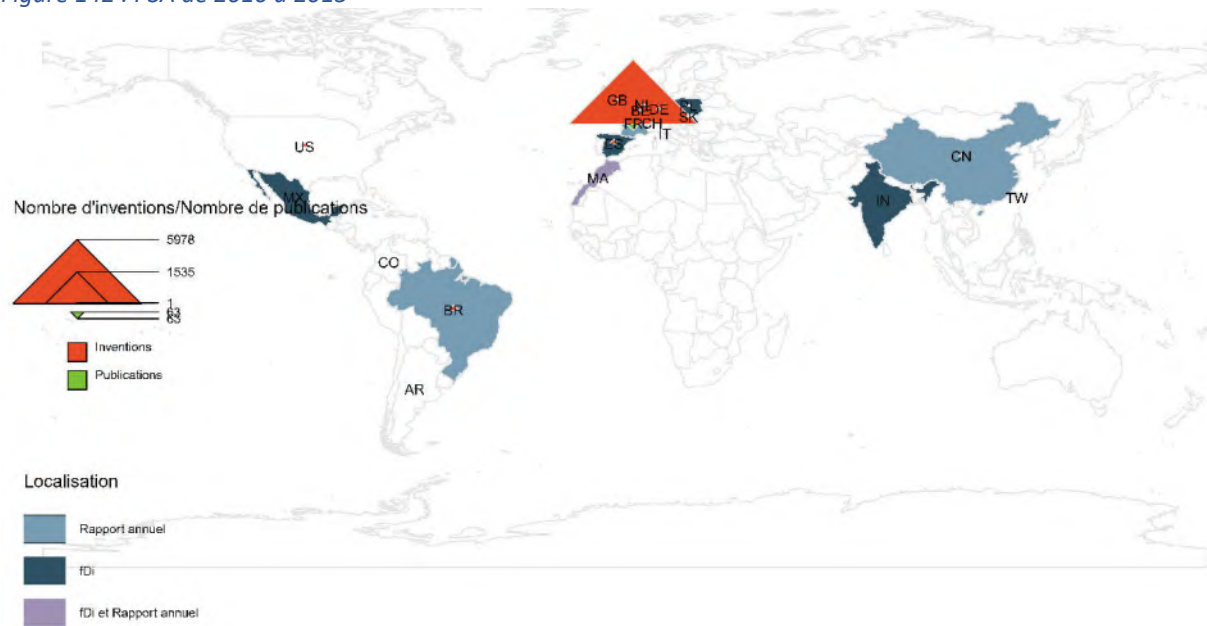


Figure 143 : RADIALL de 2004 à 2009



Figure 144 : RADIALL de 2010 à 2015

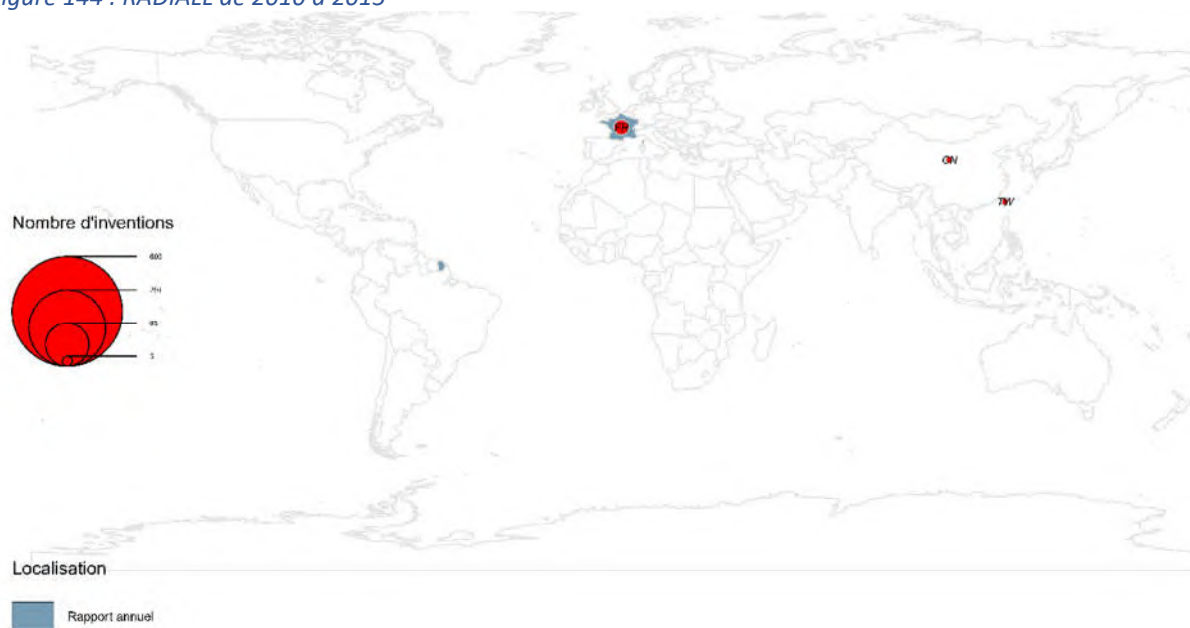


Figure 145 : RENAULT de 2004 à 2009

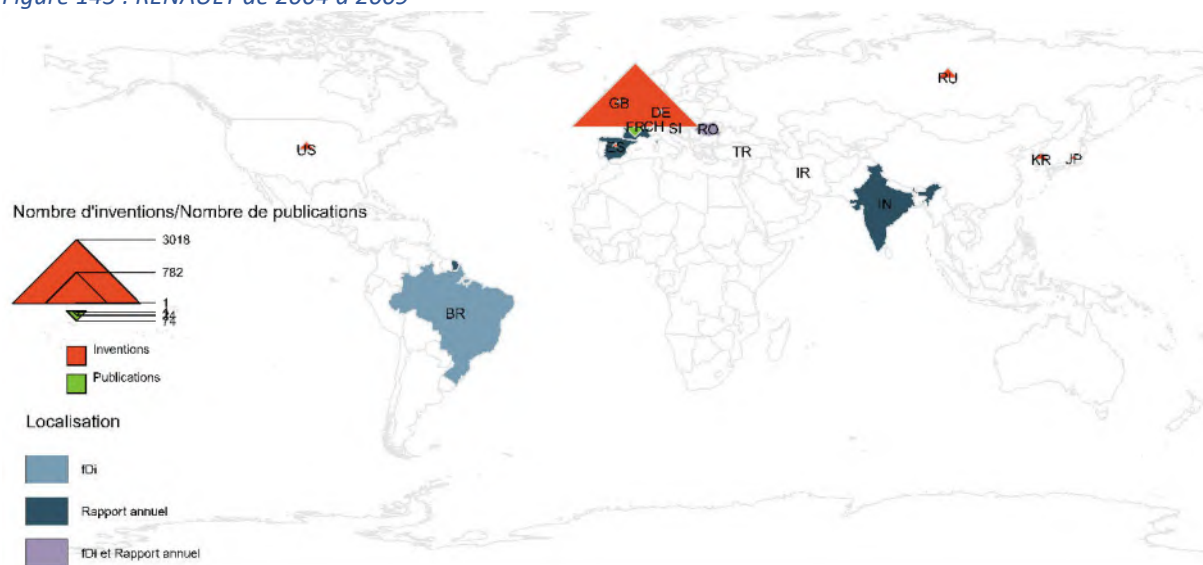


Figure 146 : RENAULT de 2010 à 2015

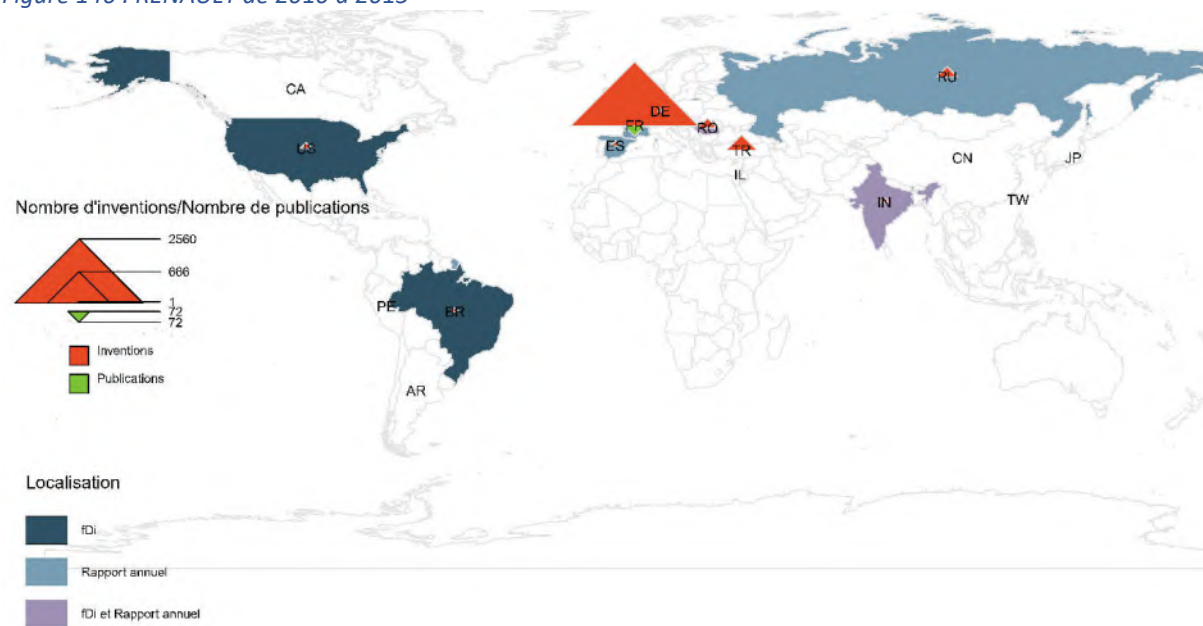


Figure 147 : SAFRAN de 2004 à 2009

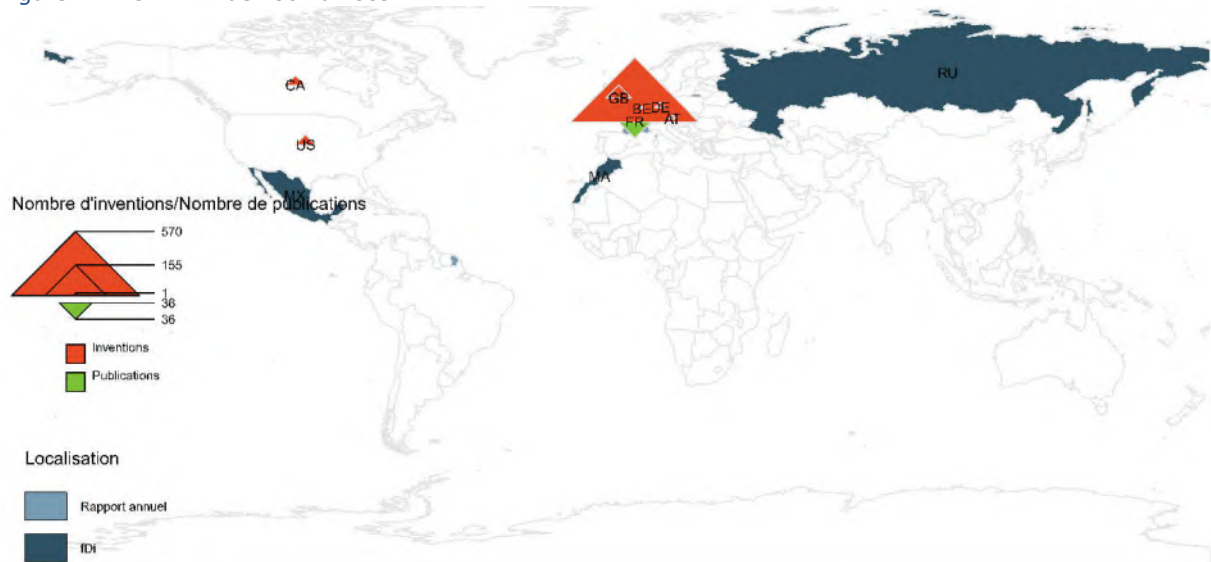


Figure 148 : SAFRAN de 2010 à 2015

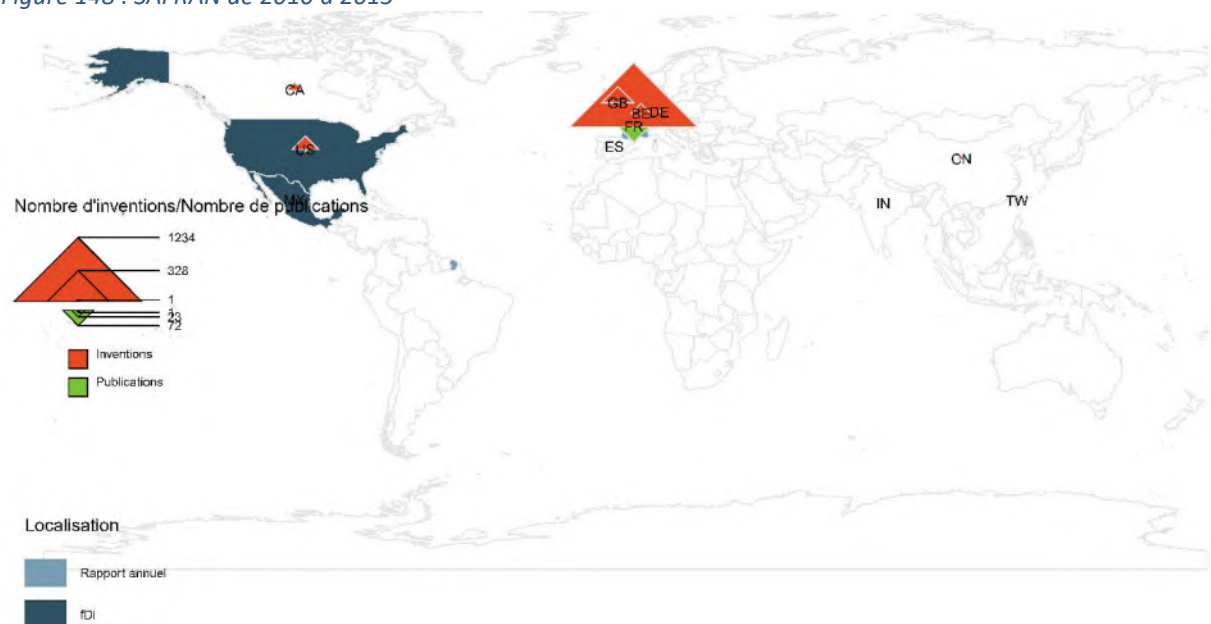


Figure 149 : SAFT de 2004 à 2009

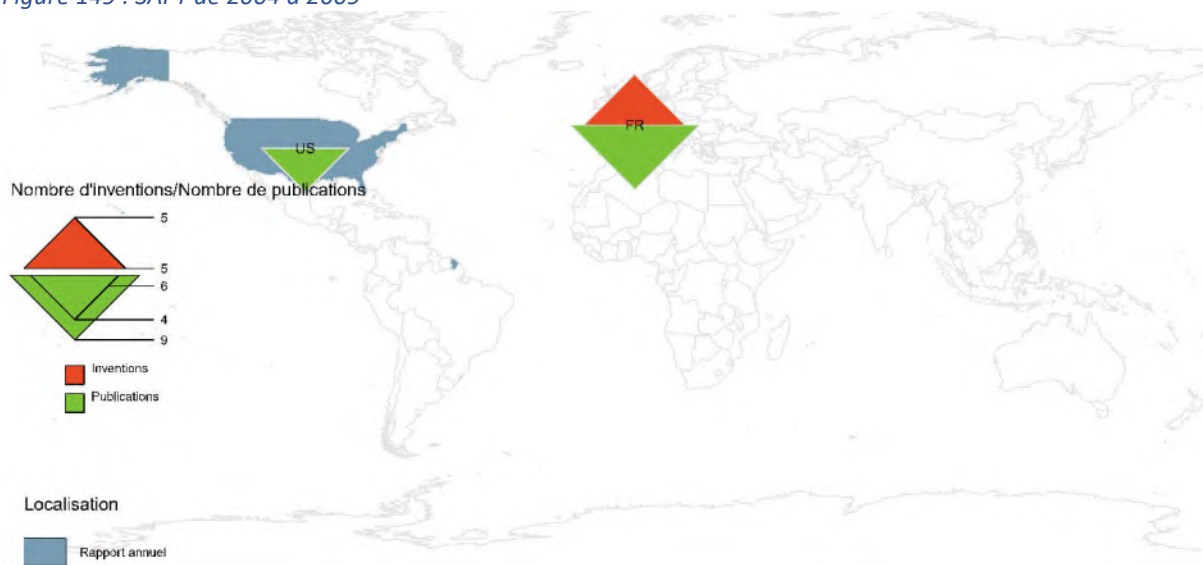


Figure 150 : SAFT de 2010 à 2015

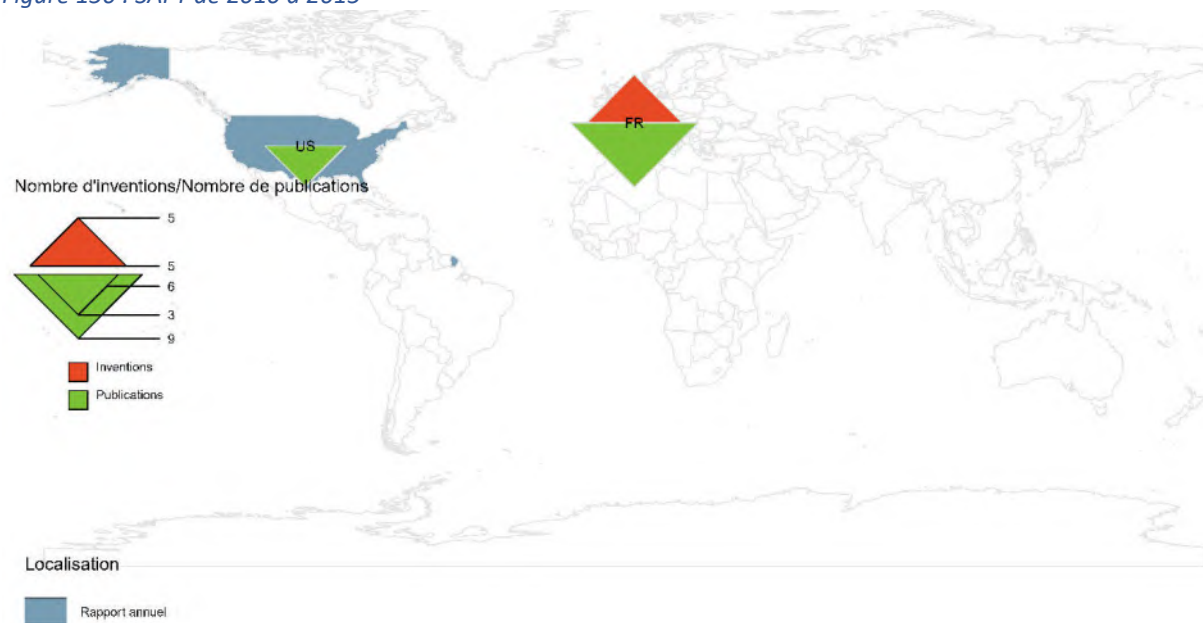


Figure 151 : SAINT-GOBAIN de 2004 à 2009

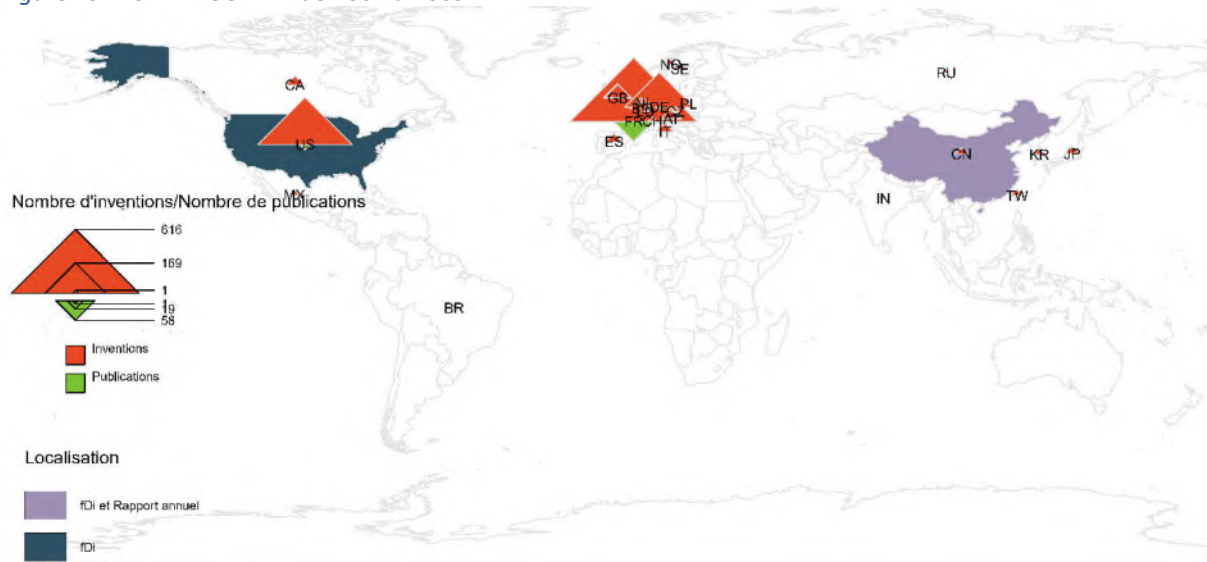


Figure 152 : SAINT-GOBAIN de 2010 à 2015

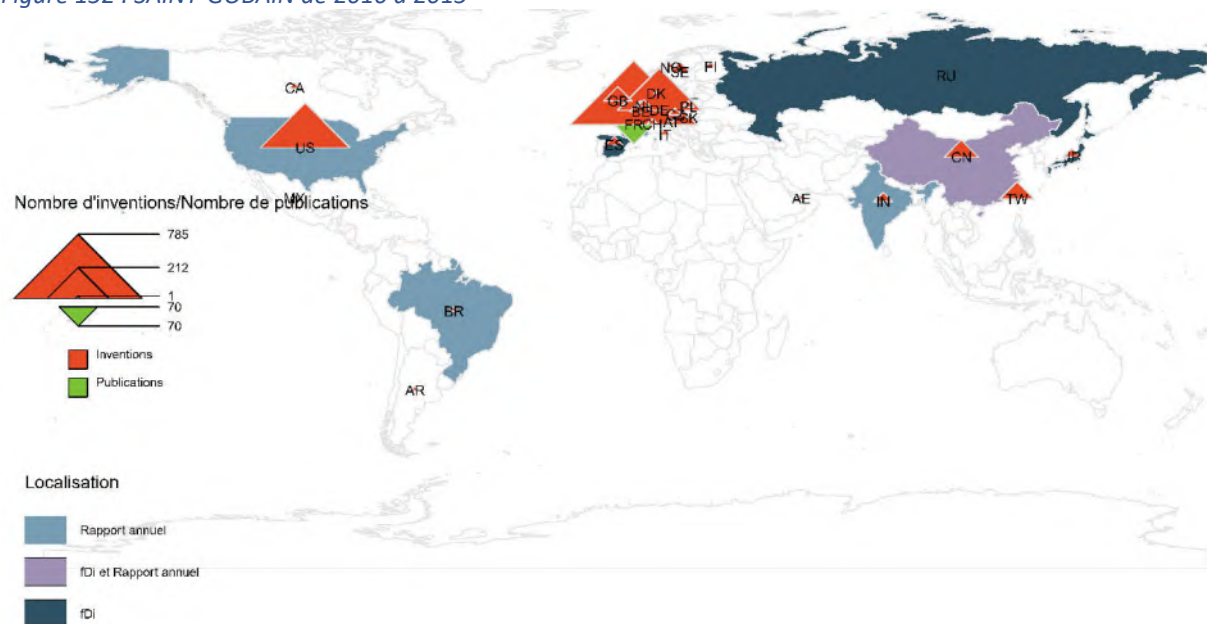


Figure 153 : SANOFI de 2004 à 2009

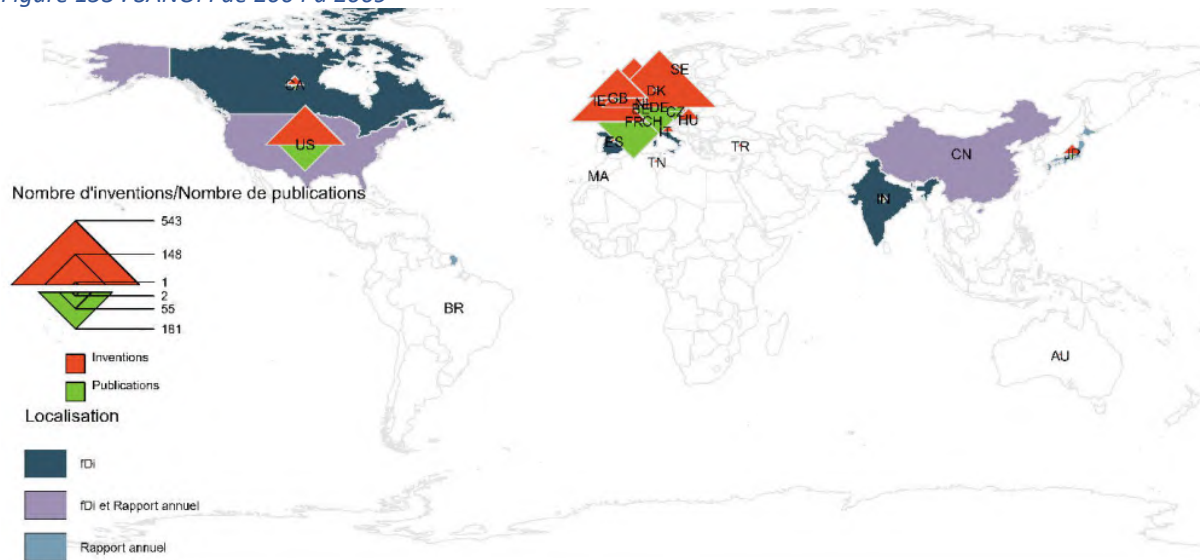


Figure 154 : SANOFI de 2010 à 2015

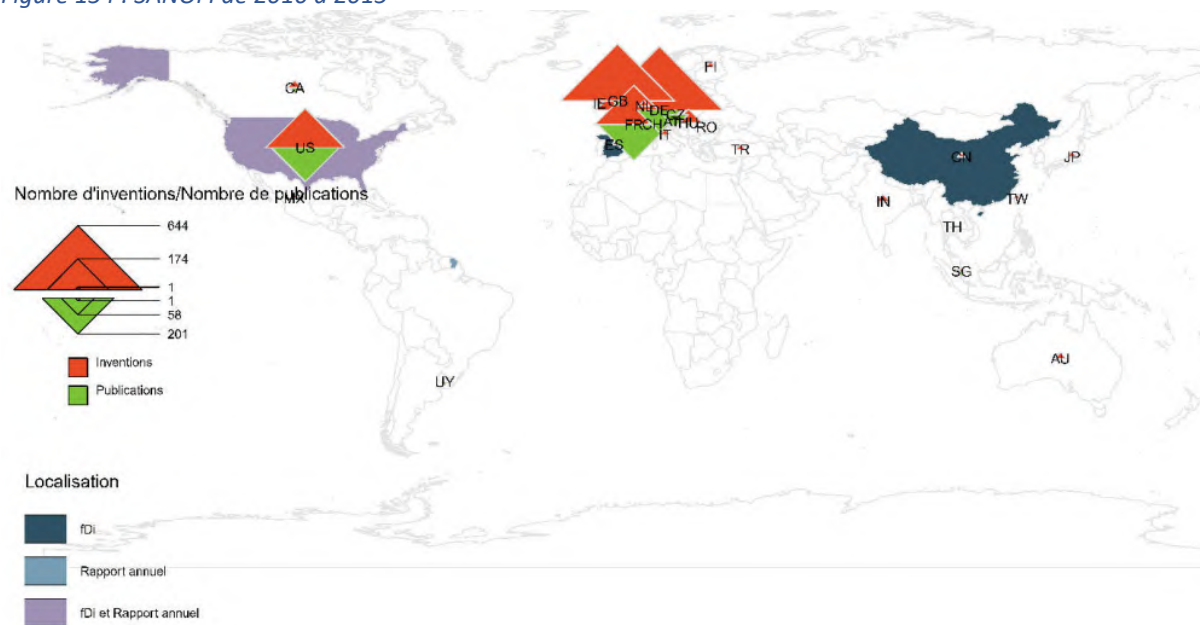


Figure 155 : SCHNEIDER de 2004 à 2009

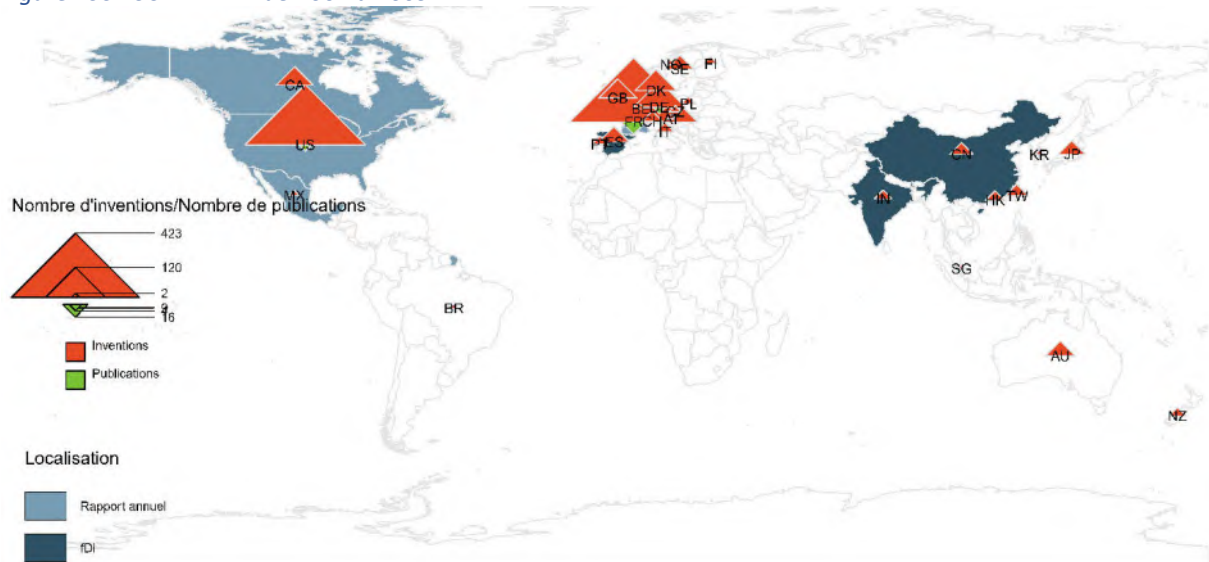


Figure 156 : SCHNEIDER de 2010 à 2015

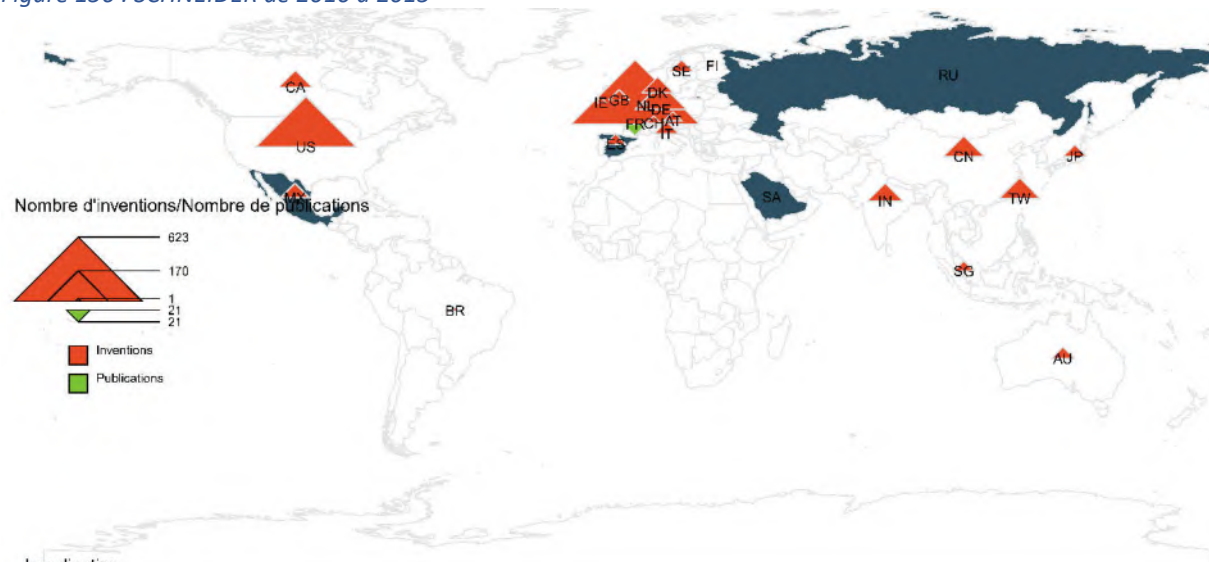


Figure 157 : SCOR de 2004 à 2009

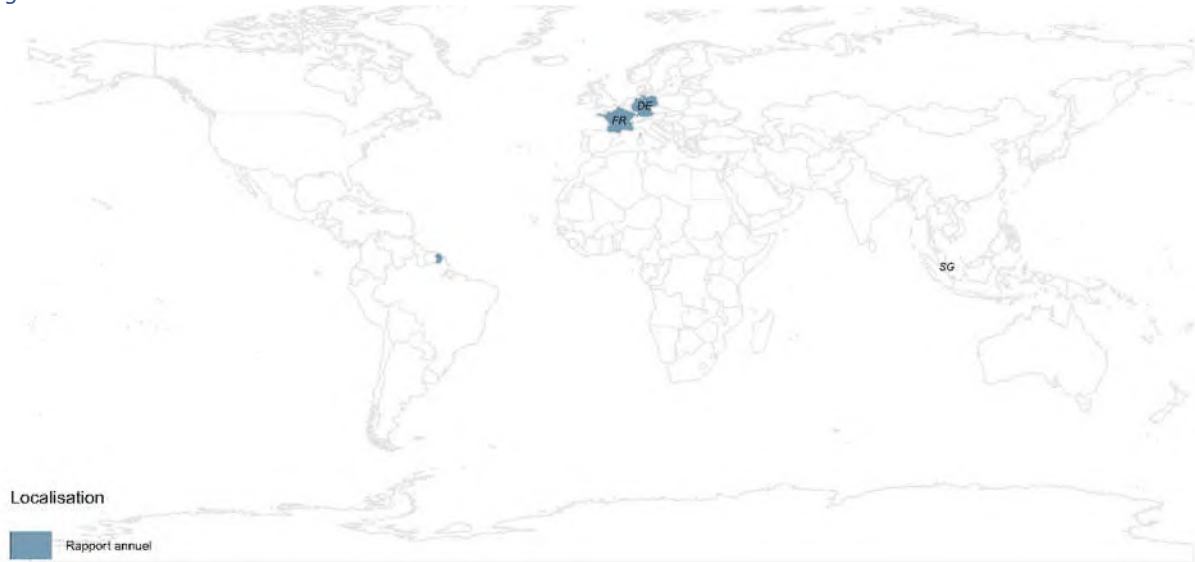


Figure 158 : SCOR de 2010 à 2015

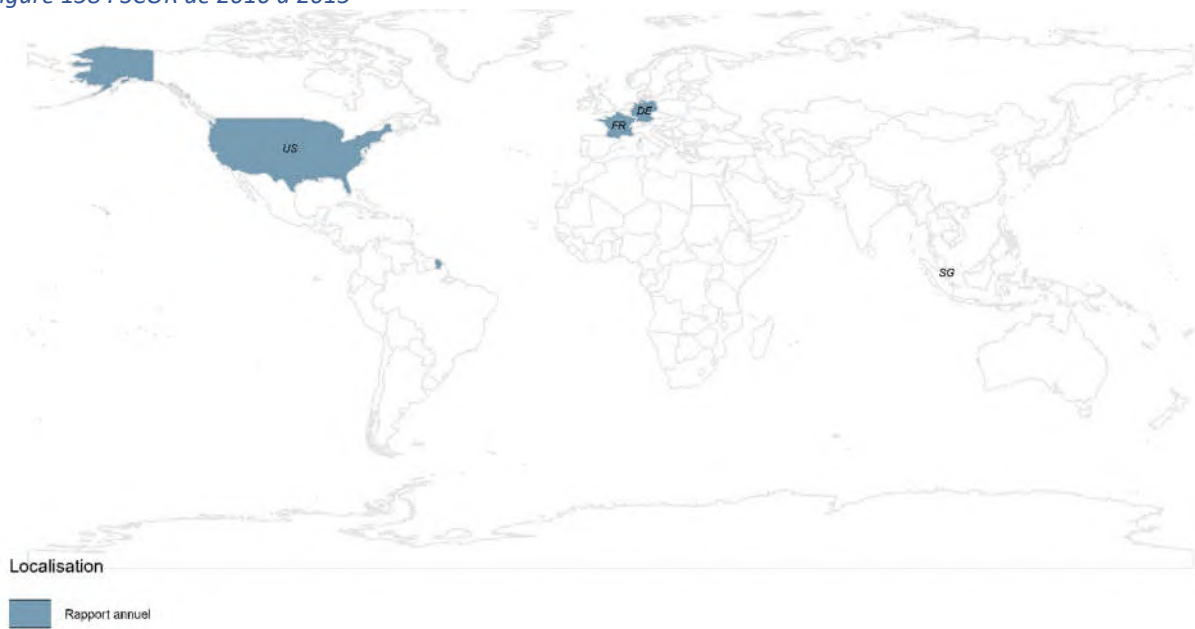


Figure 159 : SEB de 2004 à 2009

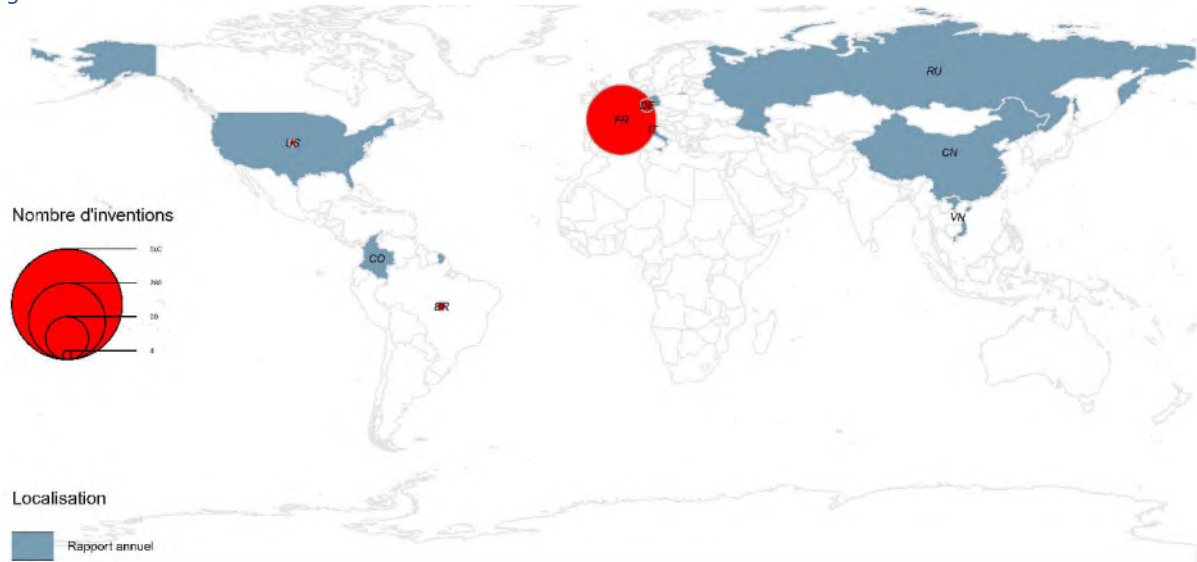


Figure 160 : SEB de 2010 à 2015

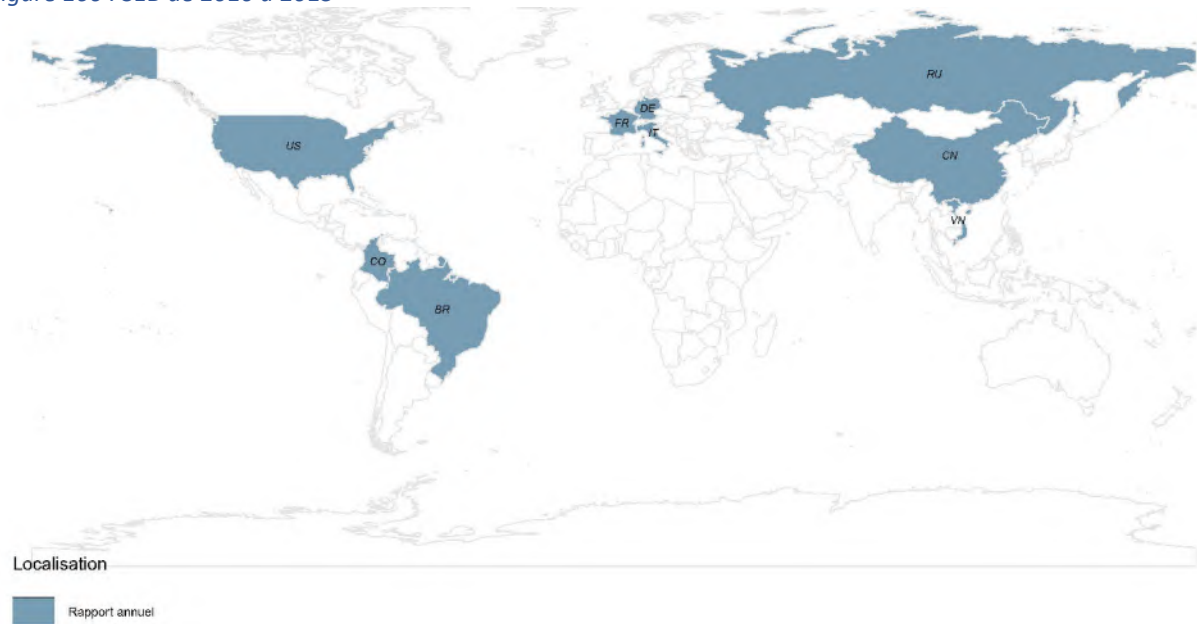


Figure 161 : SERVIER de 2004 à 2009

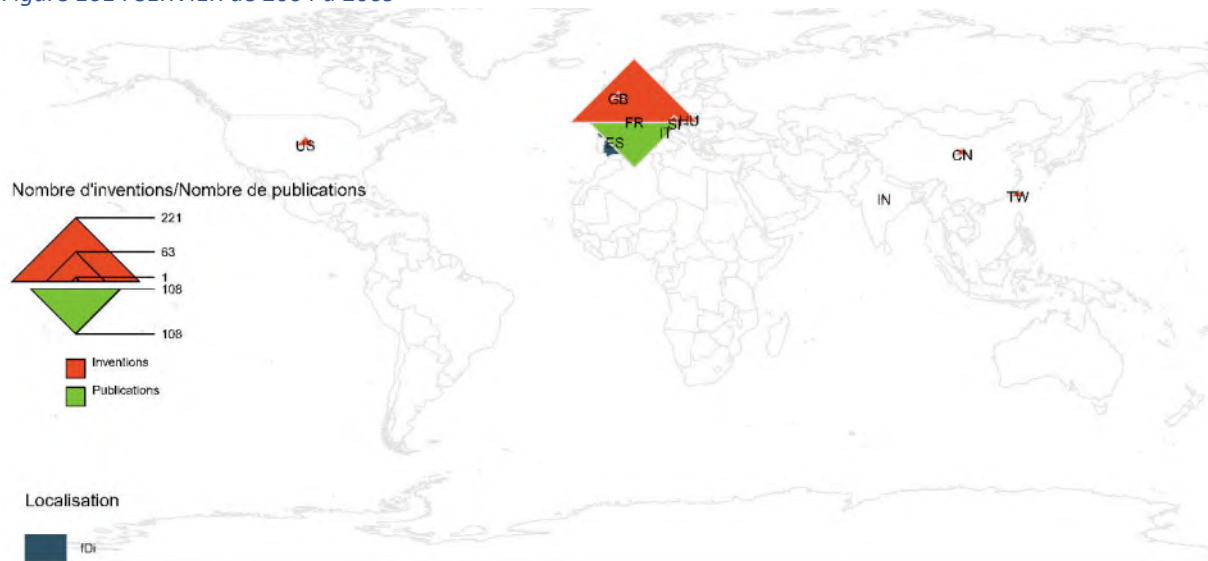


Figure 162 : SERVIER de 2010 à 2015

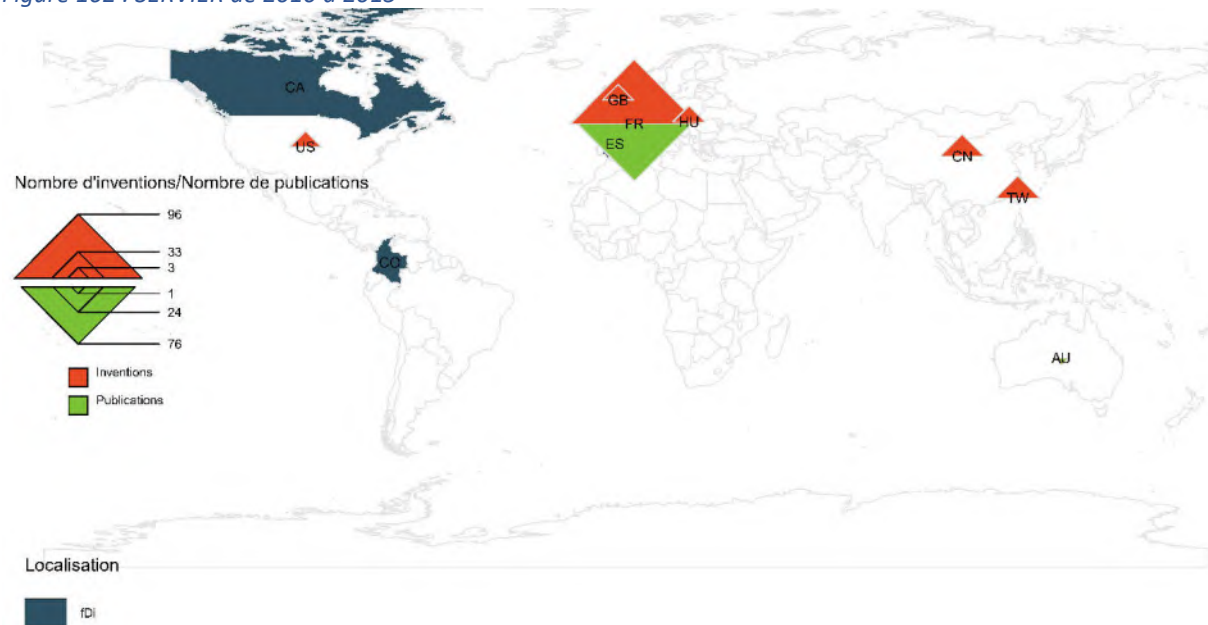


Figure 163 : SNCF de 2004 à 2009

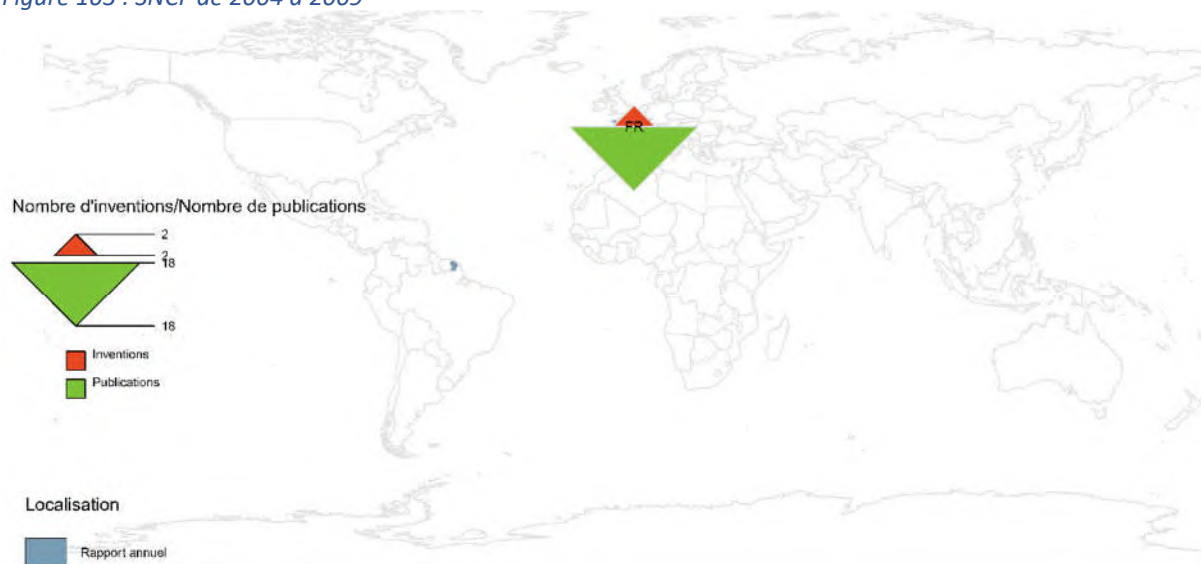


Figure 164 : SNCF de 2010 à 2015



Figure 165 : SOMFY de 2004 à 2009

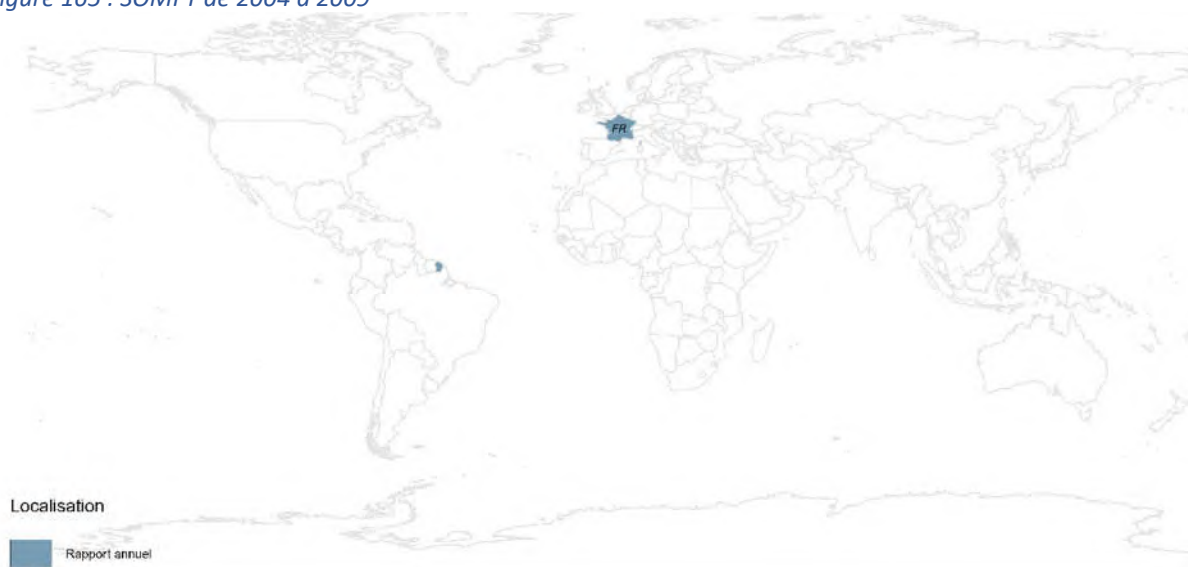


Figure 166 : SOMFY de 2010 à 2015

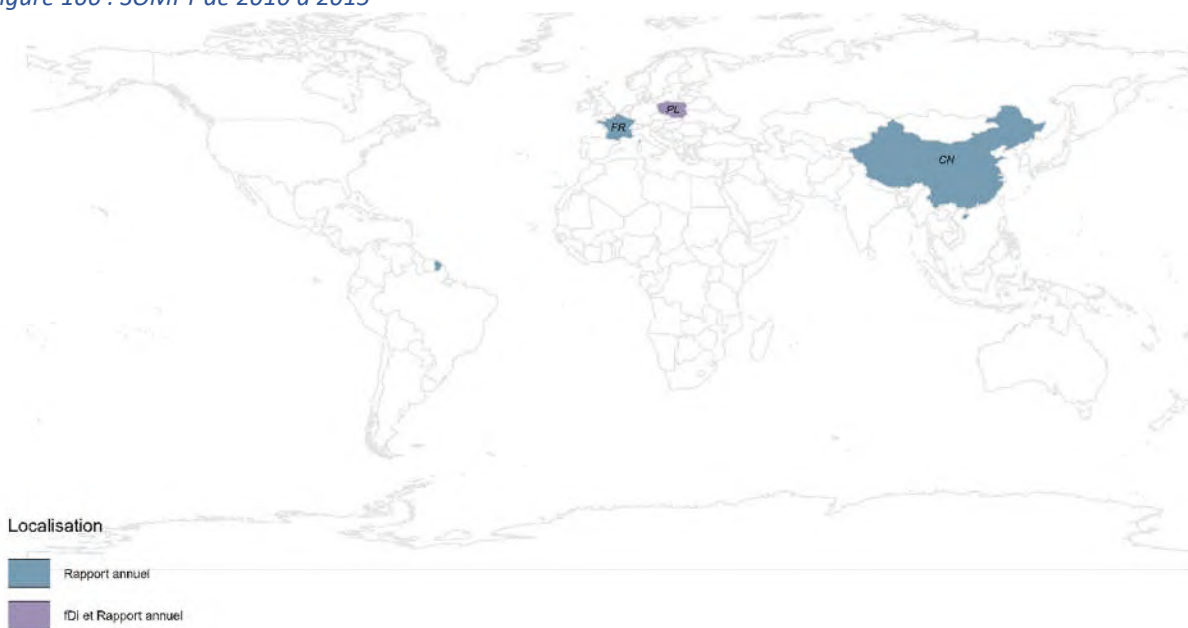


Figure 167 : SOPRASTERIA de 2004 à 2009



Figure 168 : SOPRASTERIA de 2010 à 2015



Figure 169 : SUEZ de 2004 à 2009

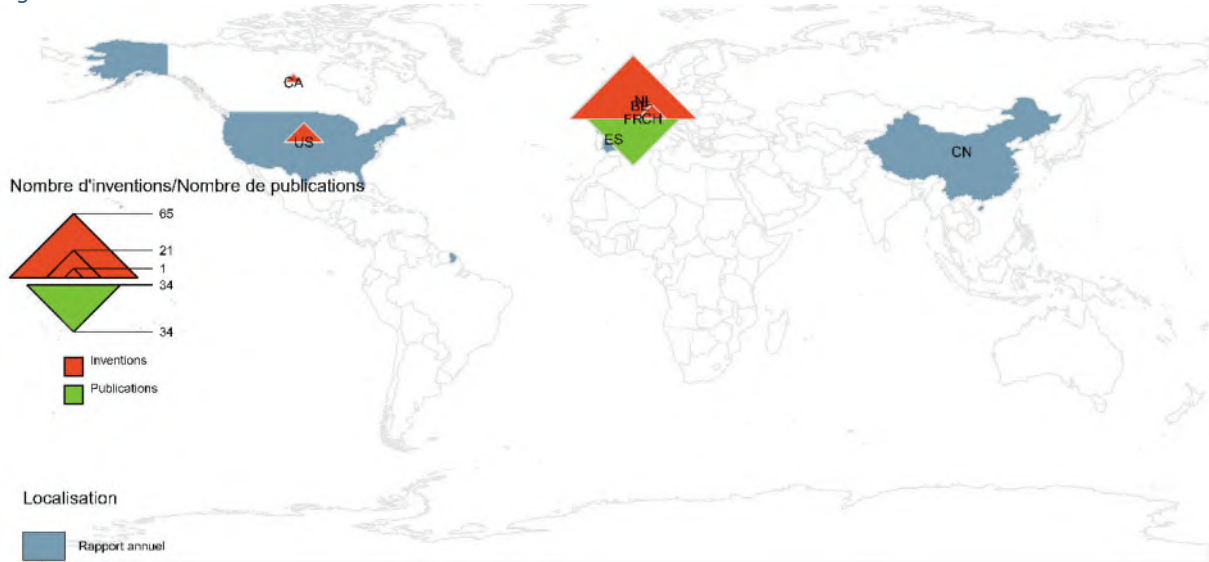


Figure 170 : SUEZ de 2010 à 2015

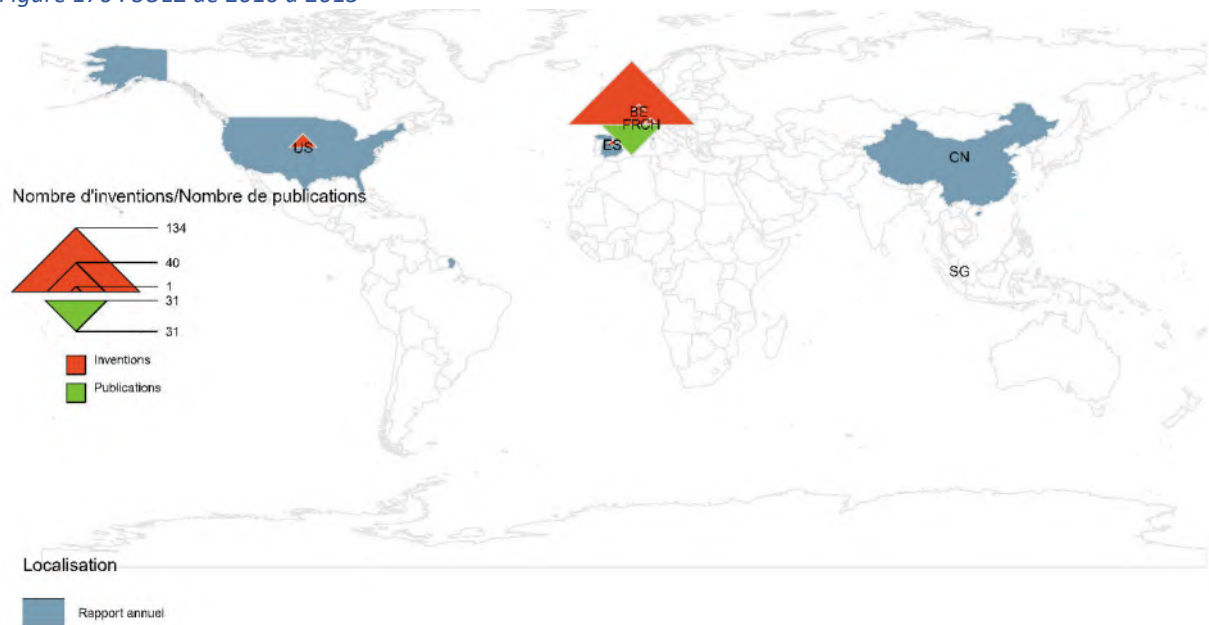


Figure 171 : TARKETT de 2004 à 2009



Figure 172 : TARKETT de 2010 à 2015

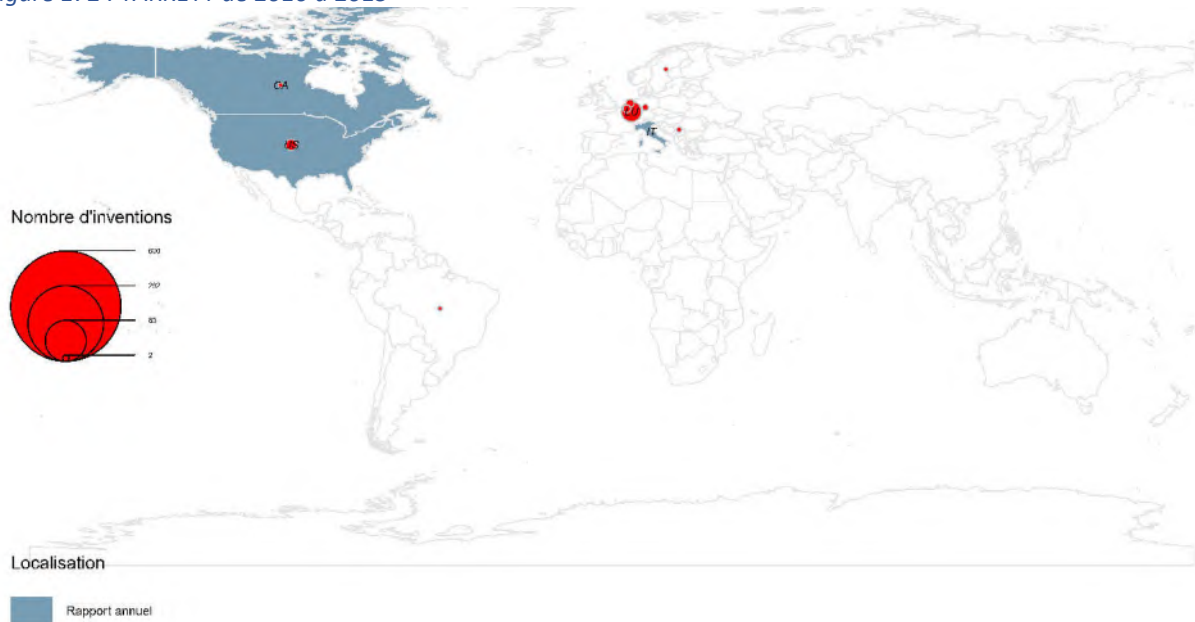


Figure 173 : TECHNICOLOR de 2004 à 2009

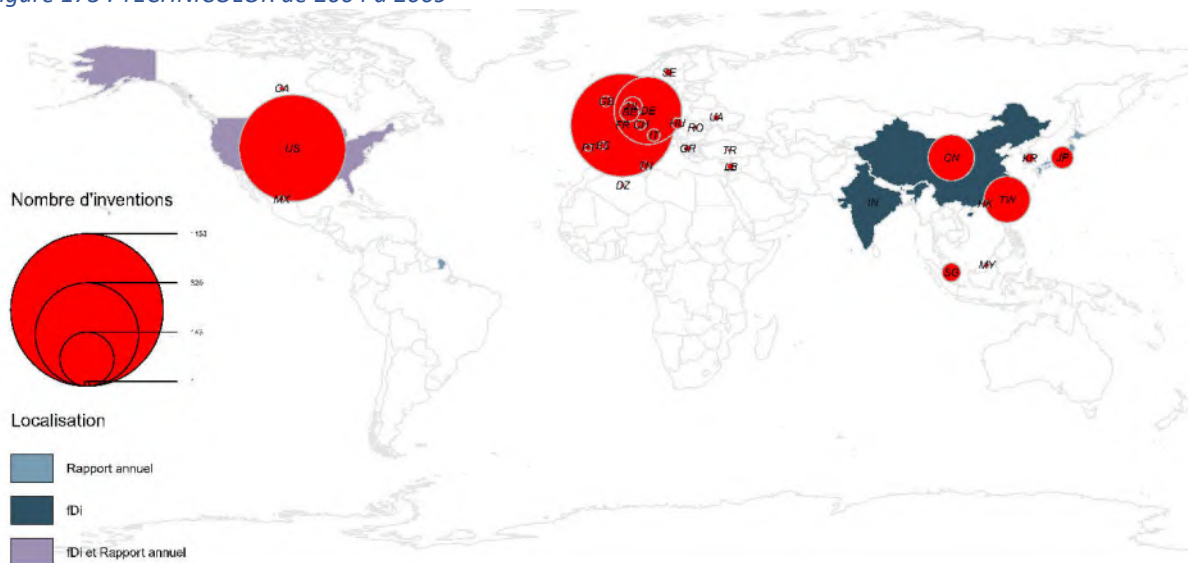


Figure 174 : TECHNICOLOR de 2010 à 2015

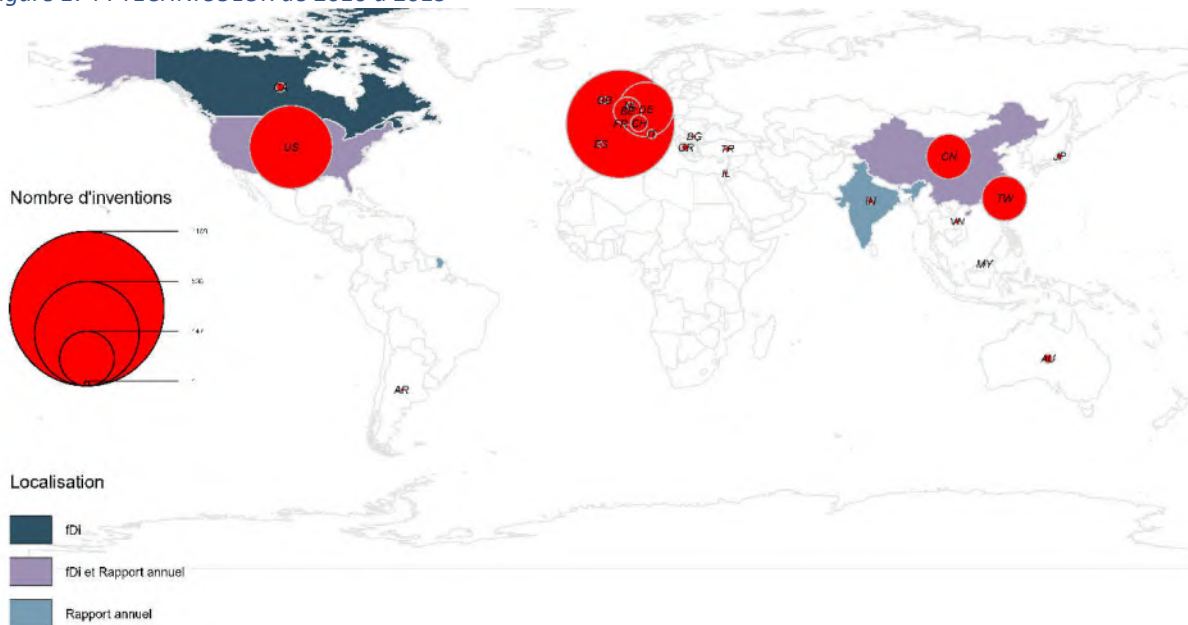


Figure 175 : TECHNIP de 2004 à 2009

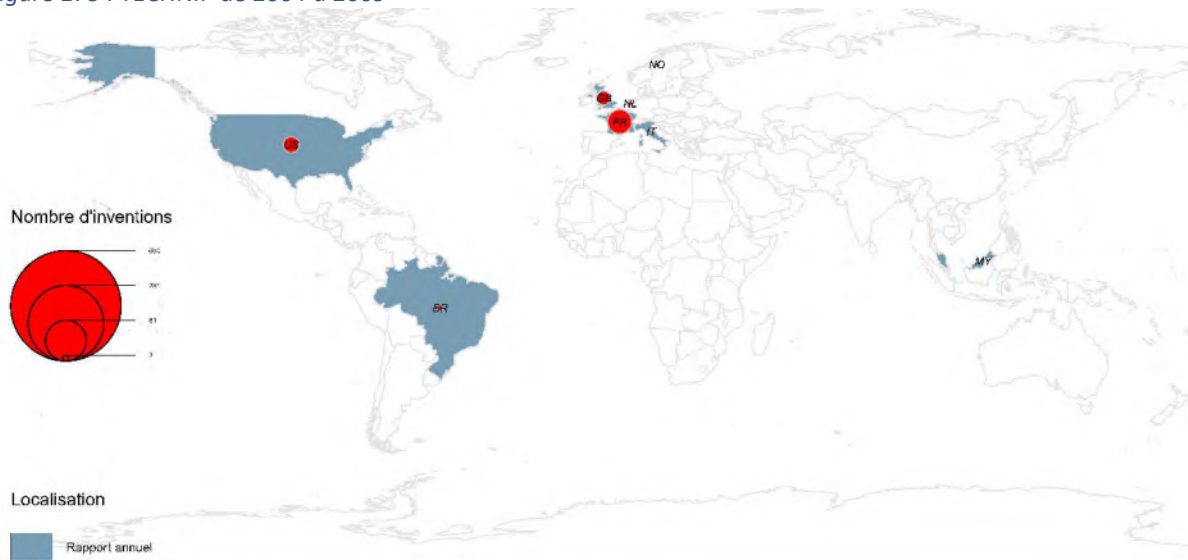


Figure 176 : TECHNIP de 2010 à 2015

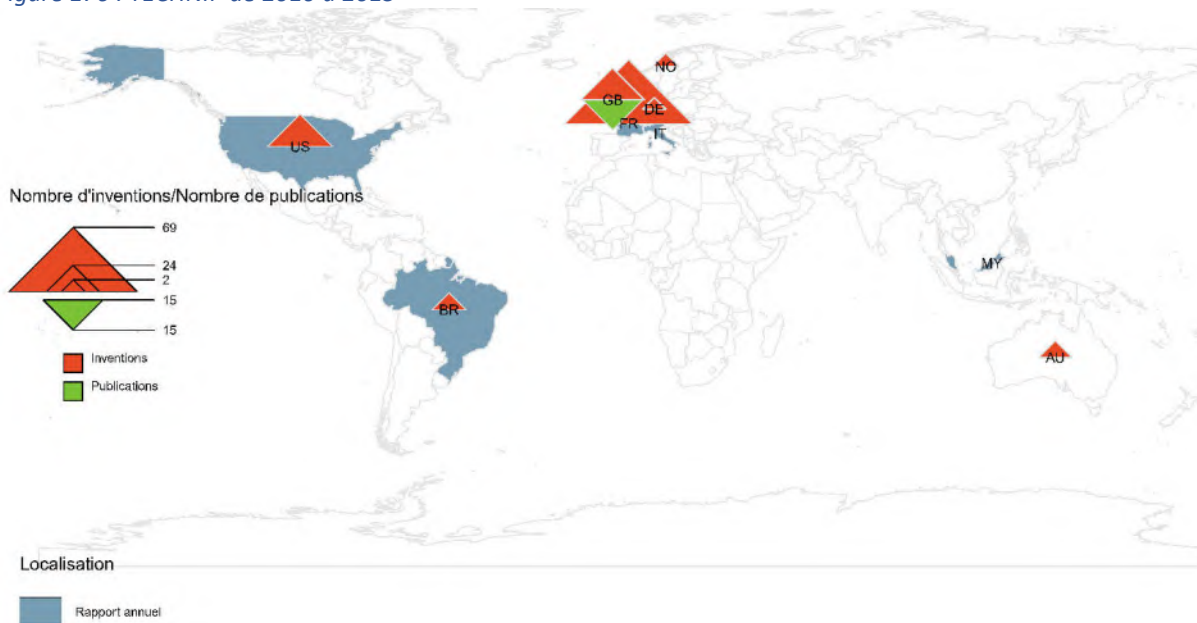


Figure 177 : THALES de 2004 à 2009

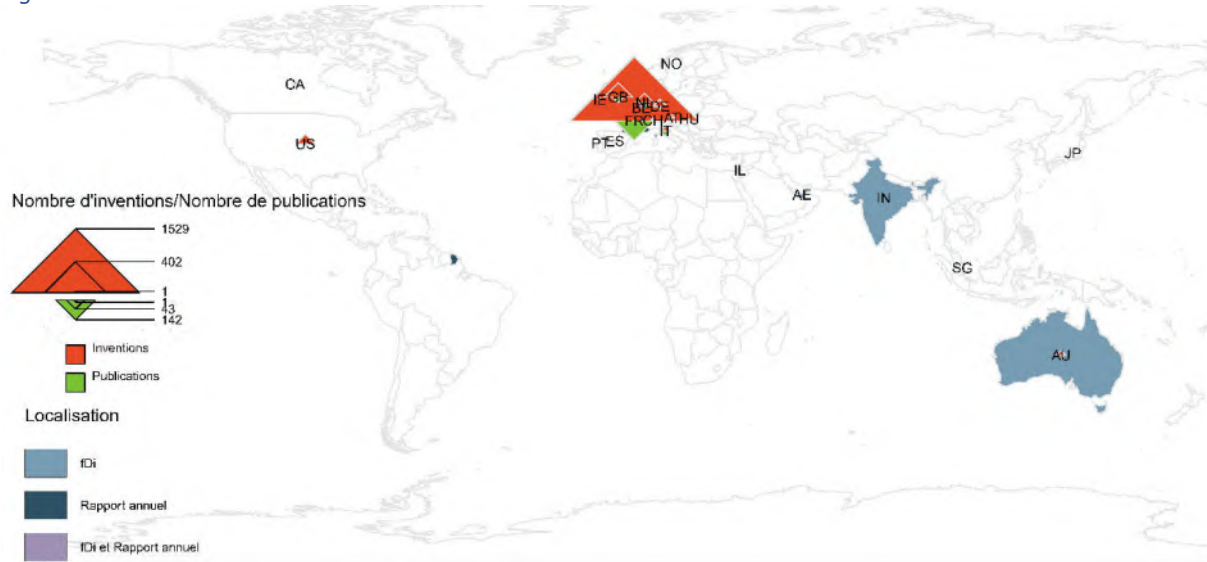


Figure 178 : THALES de 2010 à 2015

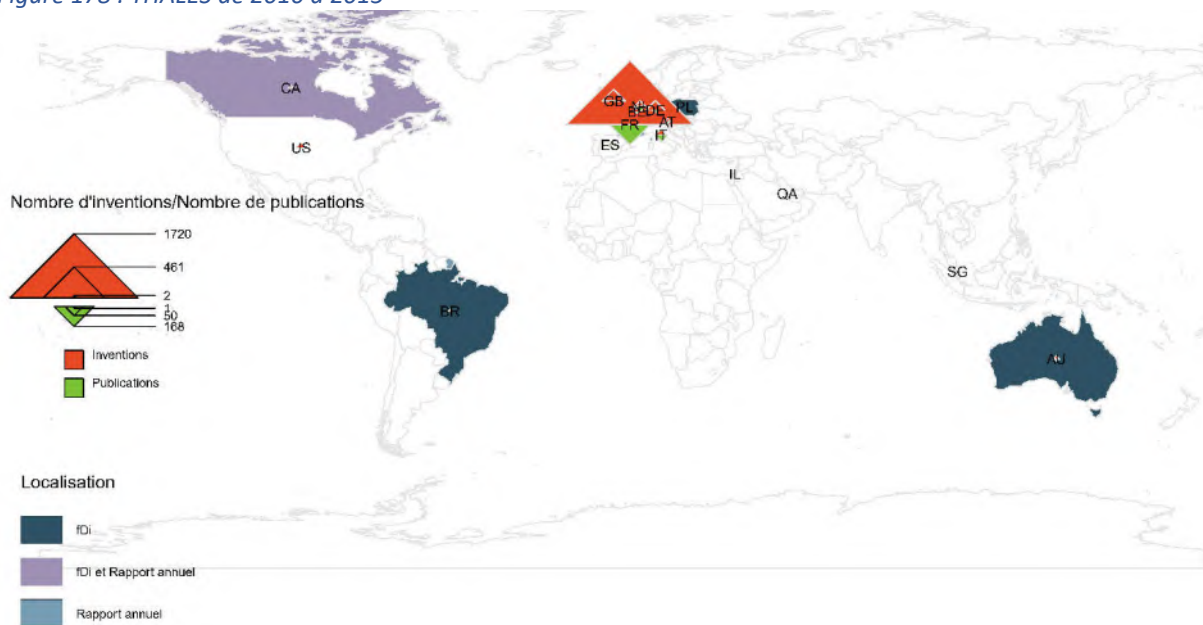


Figure 179 : TOTAL de 2004 à 2009

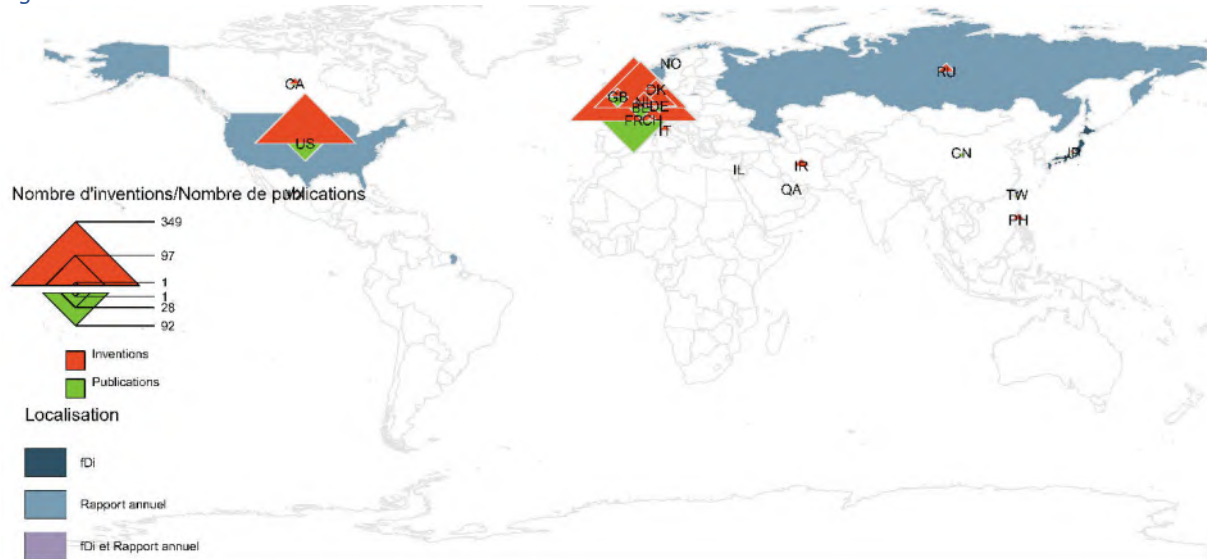


Figure 180 : TOTAL de 2010 à 2015

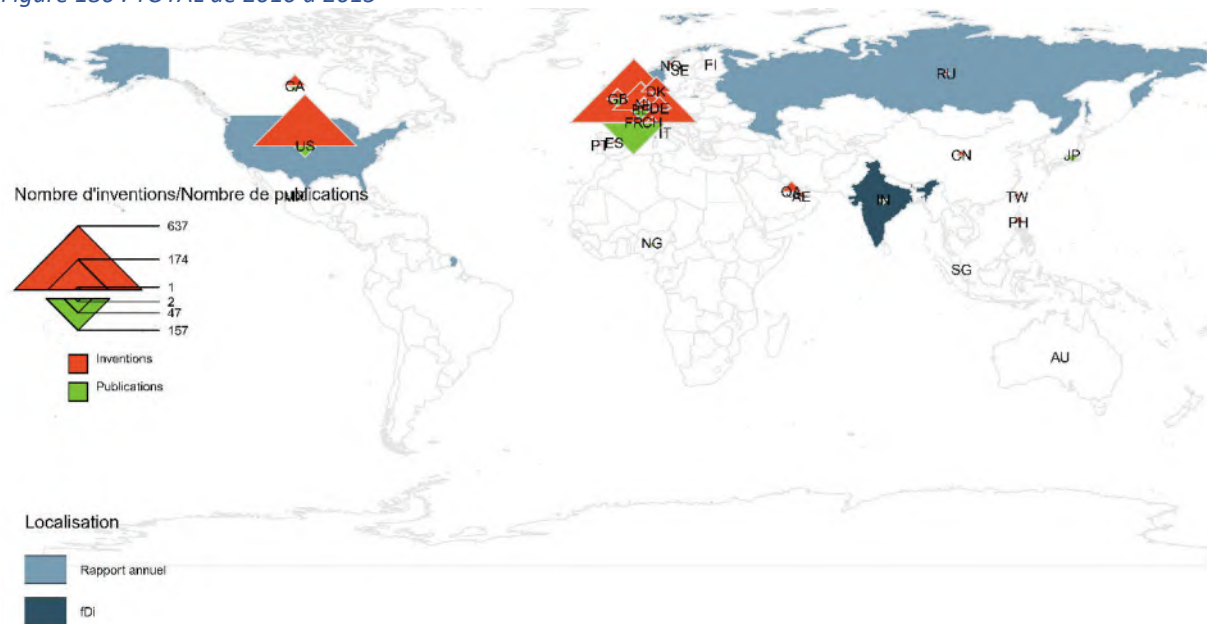


Figure 181 : UBISOFT de 2004 à 2009

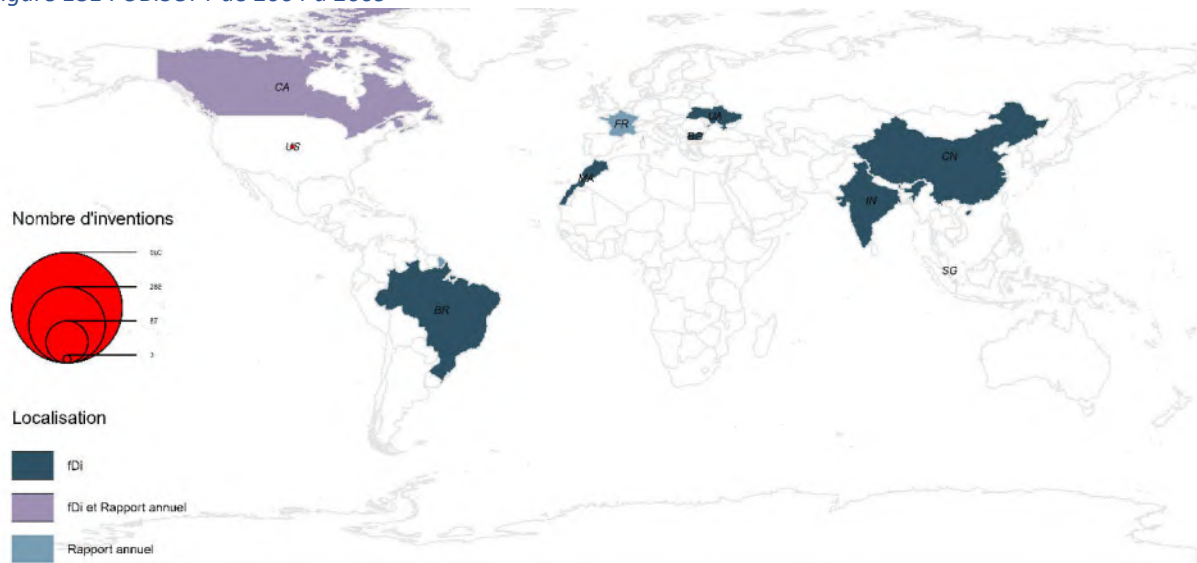


Figure 182 : UBISOFT de 2010 à 2015

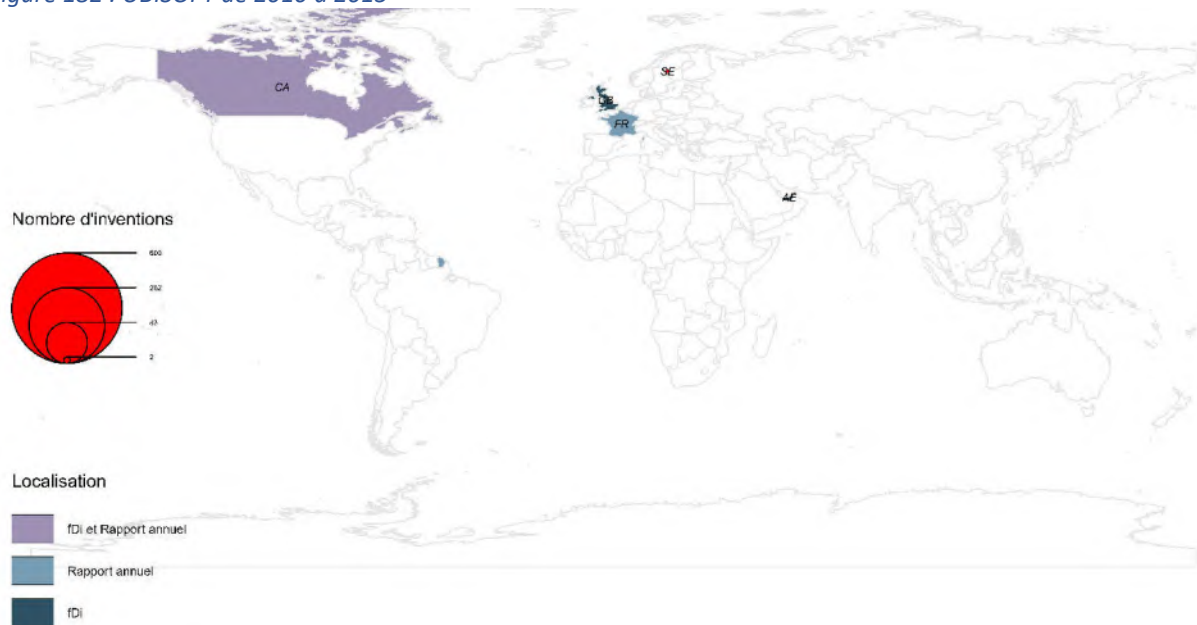


Figure 183 : VALEO de 2004 à 2009

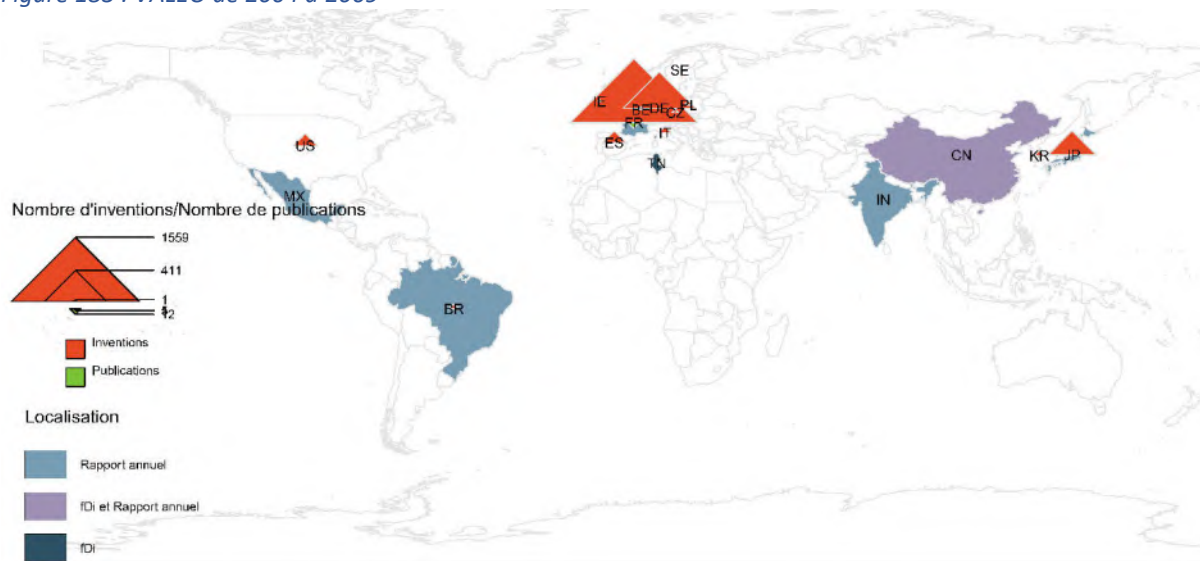


Figure 184 : VALEO de 2010 à 2015

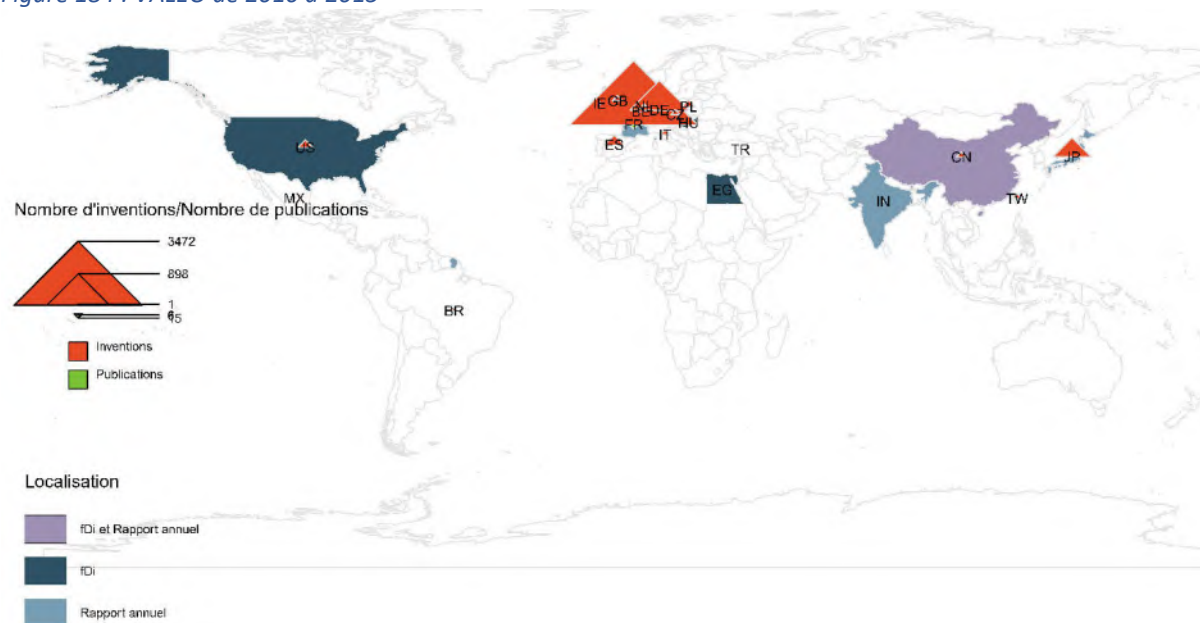


Figure 185 : VALLOUREC de 2004 à 2009

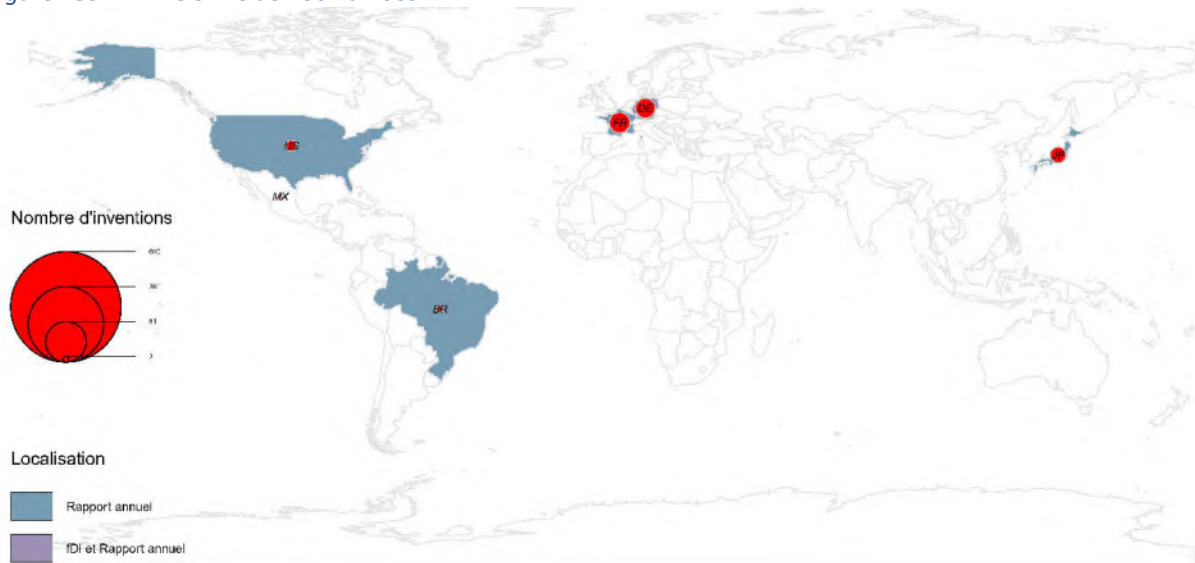


Figure 186 : VALLOUREC de 2010 à 2015

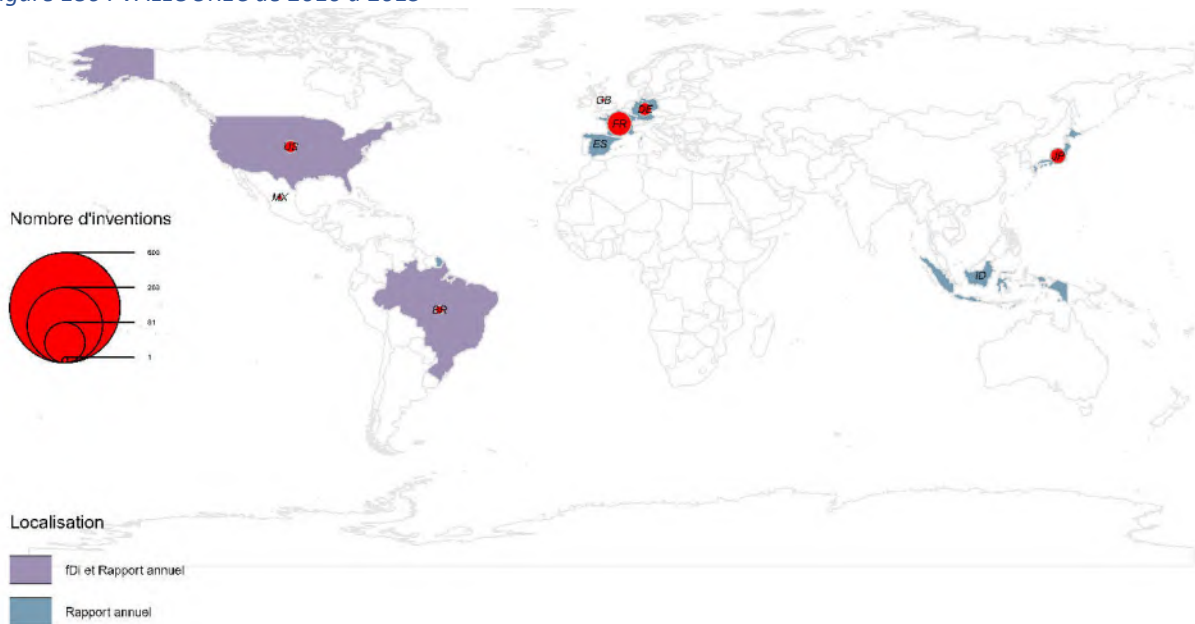


Figure 187 : VEOLIA de 2004 à 2009

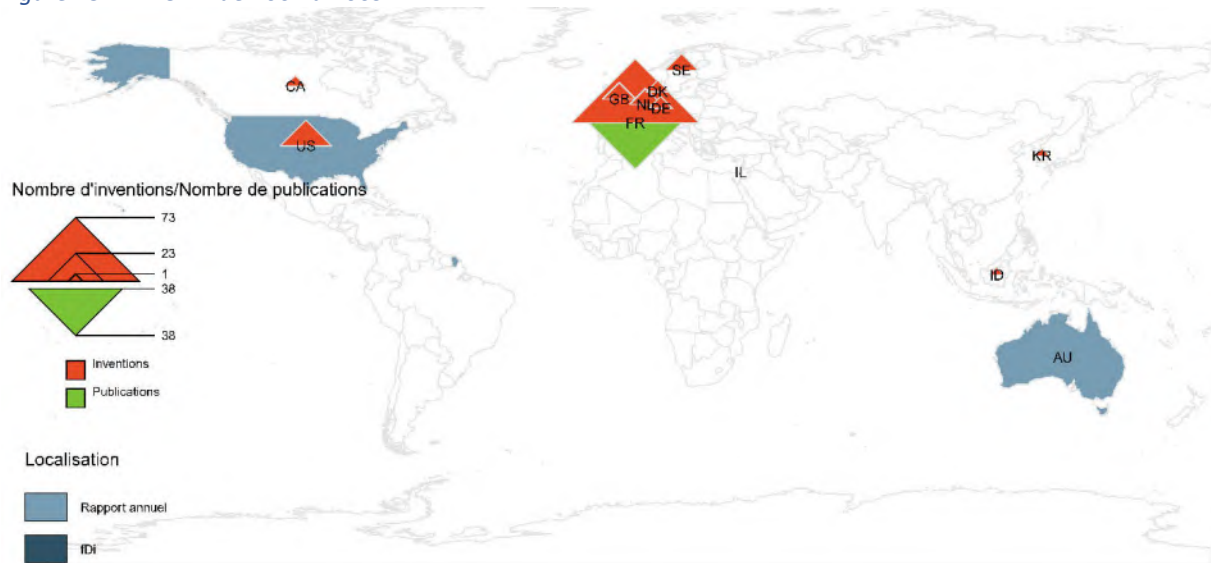


Figure 188 : VEOLIA de 2010 à 2015

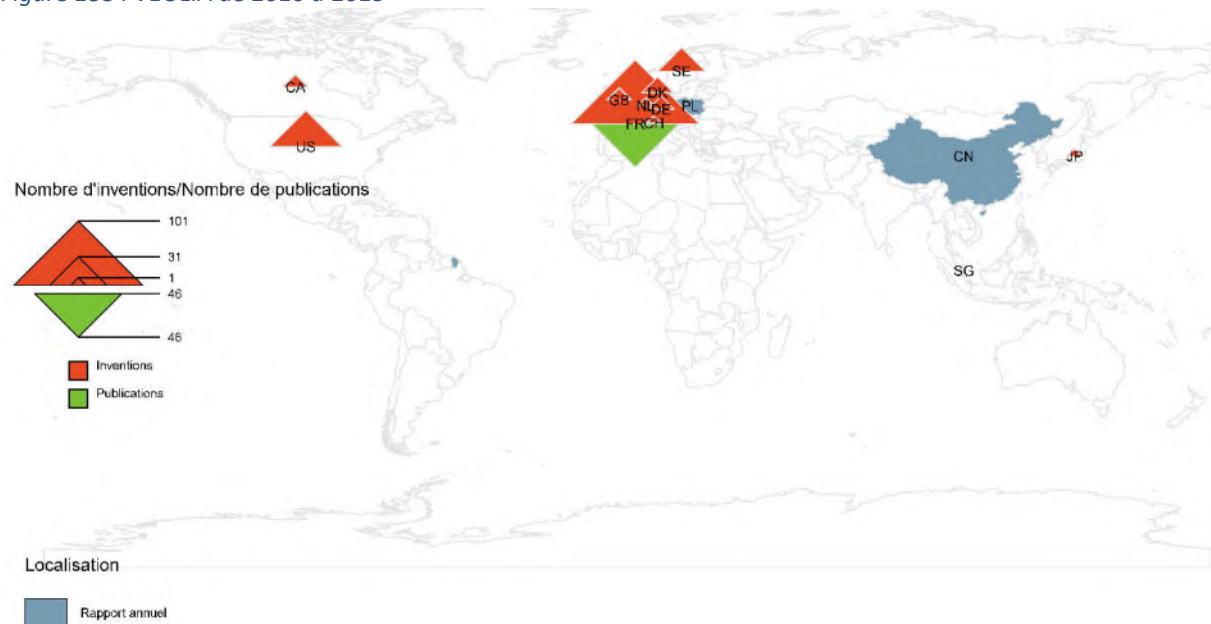


Figure 189 : VILMORIN de 2004 à 2009

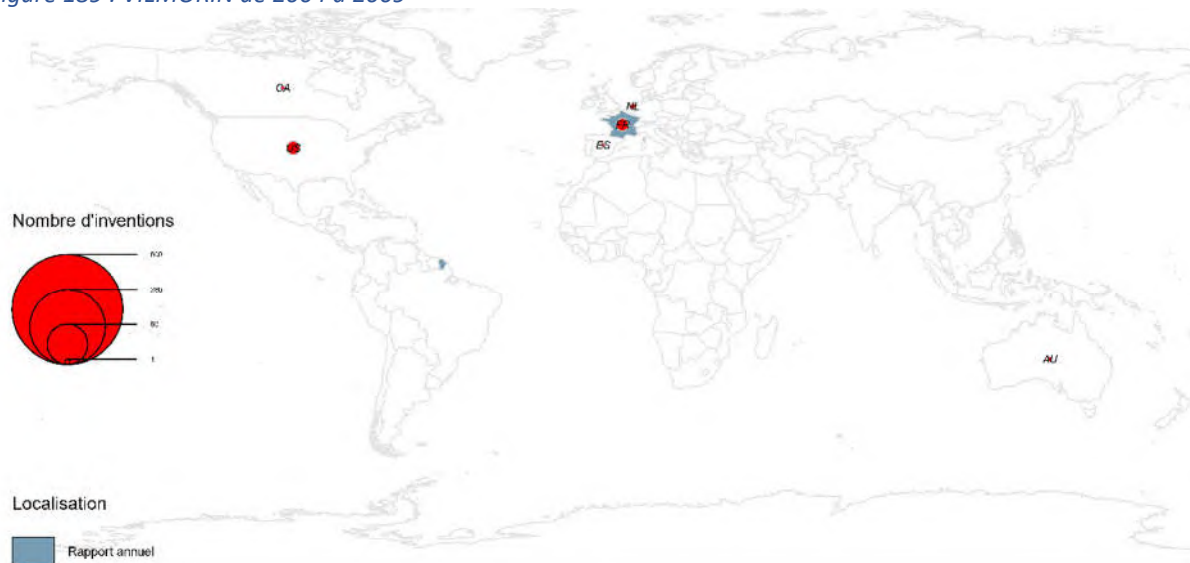


Figure 190 : VILMORIN de 2010 à 2015

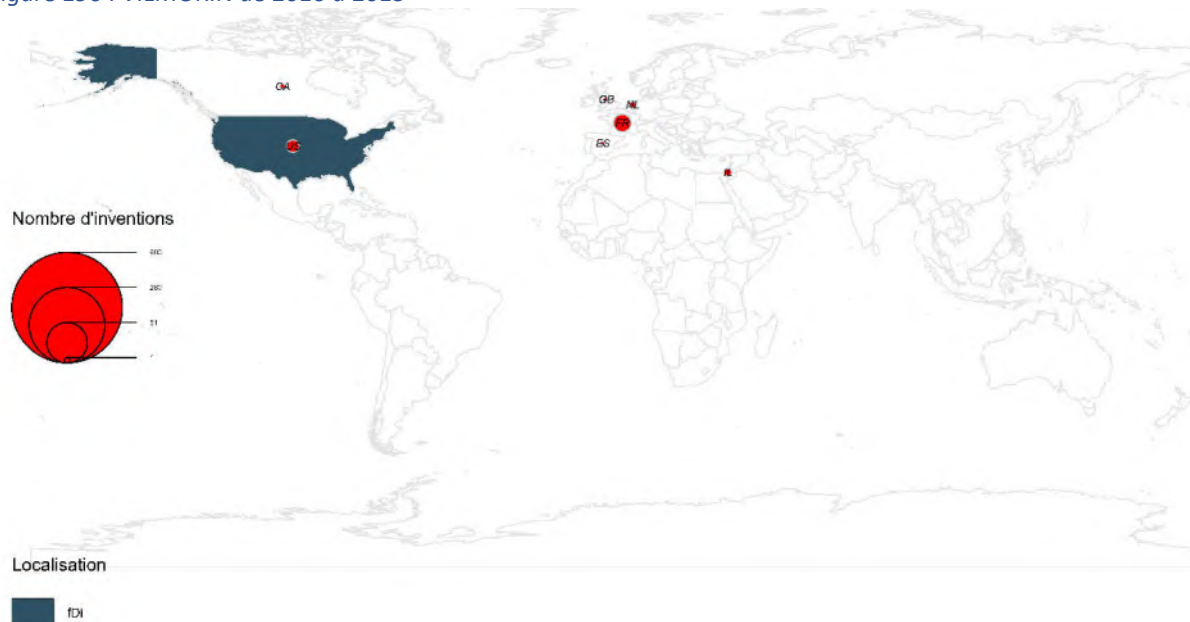


Figure 191 : VINCI de 2004 à 2009



Figure 192 : VINCI de 2010 à 2015



Figure 193 : VIVENDI 2005 à 2009

Pas de carte :

- *Nombre de brevets ou de publications inférieurs au seuil de 1 sur la période,*
- *Absence d'IDE en R&D sur la période,*
- *Absence dans les rapports annuels sur la période.*

Figure 194 : VIVENDI de 2010 à 2015

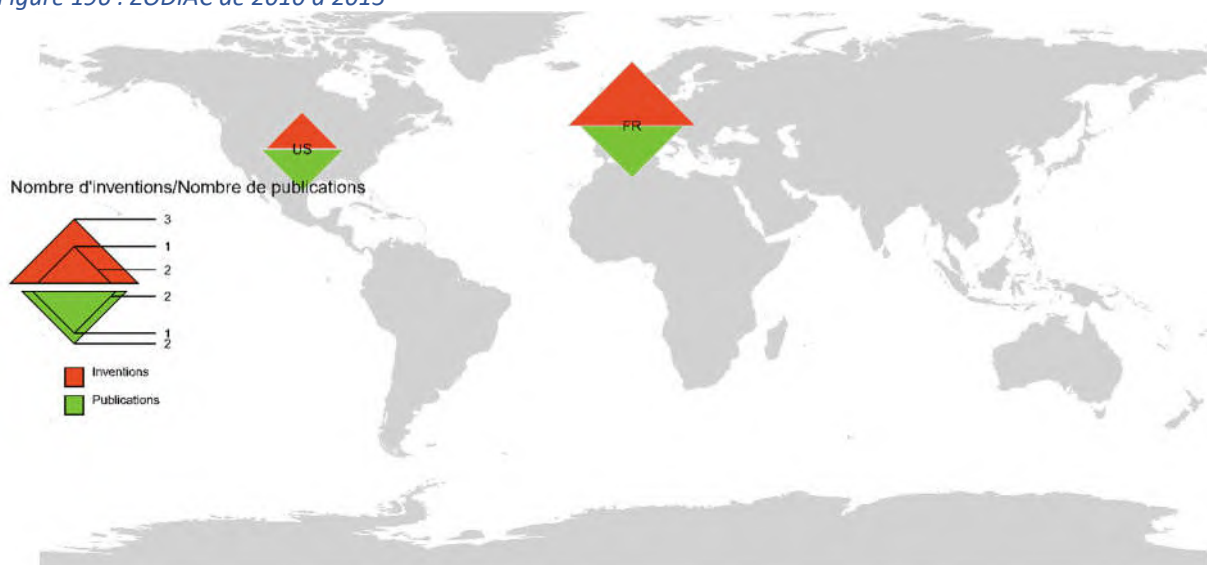


Figure 195 : ZODIAC 2005 à 2009

Pas de carte :

- Nombre de brevets ou de publications inférieurs au seuil de 1 sur la période,
- Absence d'IDE en R&D sur la période,
- Absence dans les rapports annuels sur la période.

Figure 196 : ZODIAC de 2010 à 2015



Annexe 11: Intensité de la R&D à l'étranger et la réforme du CIR

Le modèle explicatif de base est similaire à celui de l'Annexe 2 de la page 131.

Mais il n'explique plus l'intensité de R&D mais l'intensité d'internationalisation de l'activité des chercheurs dans une fonction de production l'intensité de la R&D du groupe est une variable explicative de sa propension à breveter et à publier. Ici, on regarde si le CIR va avoir un impact sur l'expatriation de ces activités.

On a pour cela, le modèle de base suivant :

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{CIR} + \beta_2 \text{Intensité R\&D} + \beta_3 \text{Taille} + \beta_4 \text{Taille}^2 + \beta_5 \text{Productivité}_{it} + \sum \beta_k \text{Industries}_k + \sum \beta_t \text{année}_t + \varepsilon_{it}$$

La variable dépendante Y est la part des brevets réalisés à l'étranger ou la part des publications faites à l'étranger pour le groupe français au cours de l'année t. L'intensité des brevets (publications) étrangers est égale au nombre annuel de brevets (publications) divisé par le nombre total de brevets (publications) de l'année t. Les variables expliquées sont considérées comme étant à 0 en cas de non-dépôt ou de non-publication sur l'année (pas d'internationalisation). La taille est mesurée par le chiffre d'affaires. Elle est introduite au carré pour tenir compte de la non-linéarité. On contrôle pour la productivité apparente du travail mesurée par le chiffre d'affaires divisé par le nombre d'employés. Les brevets et publications à l'étranger sont influencés par l'appartenance du groupe au secteur k. Les variables continues sont en log. On ajoute 0,001 si le groupe n'a pas de brevet ou pas de publication. Les valeurs monétaires ne sont pas déflatées car les ressources sont dispersées au niveau mondial. Une indicatrice par année t est introduite.

Tableau 35 : Explication de l'intensité de l'expatriation de l'activité de recherche

	Taux de Brevets étrangers	Taux de Publications étrangères
Intensité de R&D (log)	0.256 (0.405)	1.533*** (0.353)
CIR	0.047 (0.331)	-0.114 (0.260)
Taille (log)	4.584*** (1.374)	1.172*** (0.254)
Taille ²	-0.251*** (0.079)	
Productivité (Log)	0.442 (0.454)	-0.280 (0.426)
Time dummies	Oui	Oui
Sector dummies	Oui	Oui

Note : 55 groupes sur 2005-2019, en panel cylindré.

On a * p<.05; ** p<.01; *** p<.001, avec les résidus clustérisés sur l'identité des groupes.

Les variables expliquées sont le log du ratio du nombre de brevets ou publications divisé par le nombre de brevets ou de publications de l'année t. La taille est le log du chiffre d'affaire en millions de dollar courant. La productivité est la productivité apparente du travail, le log du chiffre d'affaires divisé par le nombre d'employé dans le groupe.

Il n'y a pas de lag introduit dans ce modèle. Les coefficients des indicatrices de temps (années) et des indicatrices sectorielles (ICB à 2 chiffres) ne sont pas reportées dans le tableau. L'identification des coefficients est faite en utilisant les MCO.

La variable centrale est la variable CIR qui vaut 1 à partir de 2008 est introduite afin de cerner un changement de propension à publier ou breveter avec des chercheurs étrangers. Cette variable peut être croisée avec l'intensité de R&D pour cerner un rendement différent de la R&D dans le groupe à partir de 2008. Cette dernière variable croisée n'est jamais trouvée significative. Nous ne reproduisons que les résultats avec la variable CIR qui mesure le décalage entre les taux d'internationalisation entre les deux périodes.

De manière intéressante, l'internationalisation de la R&D n'est pas trouvée significativement liée à l'intensité de la R&D.

Dans les deux cas la variables CIR n'est pas trouvée significative suggérant que les groupes n'ont pas modifié leur comportement d'invention ou de publication à l'étranger à la suite de la réforme du CIR.



NEOMA
BUSINESS SCHOOL
REIMS · ROUEN · PARIS

59 rue Pierre Taittinger,
51100 Reims, France.



SEURECO
ERAΣME

« Évaluation économique du renforcement du CIR :

Exercice de simulation avec le modèle NEMESIS »

Rapport final

Pierre Le Mouël et Paul Zagamé

04/11/2020

Avant-propos

L'étude présentée dans ce rapport pour France Stratégie¹ fait suite aux travaux économétriques commandés à la mi-2016 par la Commission nationale d'évaluation des politiques d'innovation² (CNEPI), visant notamment à évaluer l'effet de levier du CIR sur les dépenses de recherche et développement des entreprises (R&D), et d'identifier ainsi les montants annuels des investissements en R&D effectivement générés grâce à ce dispositif jusqu'en 2016.

Si l'estimation de l'effet de levier du CIR sur l'effort de recherche des entreprises nous renseigne sur l'efficacité du dispositif en tant que mesure incitative, elle ne permet pas d'appréhender ses conséquences économiques ni le retour sur investissement qu'il représente pour les pouvoirs publics.

La croissance économique repose en effet de façon importante, comme l'ont montré les nouvelles théories de la croissance, sur les efforts de recherche et d'innovation (R&I) des entreprises, et tout surcroît d'investissement dans la R&I génère dans un délai plus ou moins long, selon la montée en puissance des investissements et le délai de maturation des innovations, des gains en termes d'activité et de créations d'emplois.

Quelle est la valeur créée et donc le taux de rendement pour la collectivité et les pouvoirs publics des fonds investis ? Combien d'emplois le CIR a-t-il permis de créer dans la recherche et dans les autres activités économiques ? Comment le CIR a-t-il renforcé la compétitivité des entreprises françaises et contribué à améliorer le solde extérieur de la France ? C'est à la réponse à l'ensemble de ces questions, avec l'appui du modèle NEMESIS, que cette étude est consacrée³.

¹ Ce rapport n'engage que ses auteurs et n'engage pas France Stratégie.

² « L'impact du crédit d'impôt recherche – Avis de la Commission nationale d'évaluation des politiques d'innovations », Président Gilles de Margerie, Rapporteurs Mohamed Harfi et Rémi Lallement, France Stratégie, Mars 2019, <https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/fs-cnepi-avis-impact-cir-06032019-final-web.pdf>

³ Les auteurs remercient à SEURECO Baptiste Boitier et Arnaud Fougeyrollas, et à France Stratégie Cédric Audenis, Vincent Aussilloux, Mohamed Harfi, Rémi Lallement et Boris Le Hir, pour leurs remarques sur des versions antérieures du rapport ayant permis d'améliorer de façon importante la version qui est présentée ici.

Table des matières

Avant-propos.....	2
Synthèse.....	5
Quelles performances pour les sommes dépensées sur la période 2008-2016 ?	6
Les effets à long terme du dispositif lorsqu'il est maintenu « pour toujours »	7
Créer les conditions favorables au fonctionnement des activités de recherche	8
Une autre source de déperdition de croissance.	8
La sensibilité des résultats à l'égard d'incertitudes majeures, appelle de nouveaux travaux.....	9
A quelle condition, les effets du renforcement du CIR dépassent ceux d'une baisse comparable de l'impôt sur les sociétés ?	10
Conclusion	10
1. Introduction.....	12
2. Les enseignements de la littérature empirique et théorique sur les liens entre croissance économique et investissement en R&D des entreprises	14
2.1. Quelques repères théoriques, empiriques et politiques.....	14
2.2. La mesure des rendements privés et des rendements sociaux des investissements en R&D dans la littérature économétrique	20
2.3. L'efficacité de l'action publique dans les nouvelles théories de la croissance	33
3. L'évaluation des politiques de R&I avec NEMESIS, QUEST III et RHOMOLO et les choix méthodologiques retenus avec NEMESIS pour l'évaluation économique du CIR.....	49
3.1. L'innovation dans le modèle QUEST III.....	52
3.2. L'innovation dans le modèle NEMESIS utilisé pour l'étude	56
3.3. L'innovation dans le modèle RHOMOLO	72
3.4. Que nous disent chacun des trois modèles dans le cas d'Horizon Europe ?	74
3.5. La méthodologie de l'évaluation macroéconomique du renforcement du CIR avec le modèle NEMESIS	78
4. L'évolution des montants alloués au titre du CIR depuis son renforcement en 2008 et leur allocation	80
5. Les scénarios simulés avec le modèle NEMESIS pour évaluer les impacts économiques du CIR	83
6. Les impacts économiques des créances accordées au titre du CIR entre 2008 et 2016 (Scénarios « CIR 2008-2016 »)	87
6.1. Les impacts pour le PIB et l'emploi au niveau macroéconomique dans le cas du scénario CIR1	87
6.2. Résultats synthétiques et analyse coût-bénéfice des scénarios « CIR 2008-2016 ».....	93
7. Les impacts économiques des scénarios « CIR forever »	102

7.1. Les résultats du scénario CIR1FE avec effets Phillips et comportements de marge à l'exportation	104
7.2. L'influence à long terme des effets Phillips et des comportements de marge à l'exportation sur les impacts économiques du renforcement du CIR	110
7.3. Résultats synthétiques et analyse coût-bénéfice des scénarios « CIR forever ».....	117
8. Premiers éléments d'analyse du coût d'opportunité du renforcement du CIR en 2008 : le cas d'une diminution du taux d'imposition sur les sociétés (IS)	121
8.1. Comment une baisse d'IS modifie le coût d'usage du capital et l'investissement des entreprises.....	122
8.2. Comment une baisse d'IS impacte l'investissement, le PIB et l'emploi dans le modèle NEMESIS	125
8.3. Quel coût d'opportunité du CIR par rapport à une baisse d'IS ?	127
9. Conclusion	129
10. Bibliographie.....	132

Synthèse

Le modèle macro sectoriel NEMESIS a été retenu par France Stratégie pour réaliser une évaluation économique du renforcement du dispositif du CIR après 2007.

Dans ce rapport, après une première section introductive, la section 2 commence par présenter une revue analytique très détaillée de l'abondante littérature économique qui s'est développée depuis les années 1950 sur les liens entre les investissements en recherche des entreprises et la croissance économique. Au plan empirique, nous insistons sur les principaux éléments qui vont permettre au décideur public d'asseoir sa politique de soutien aux activités de recherche et d'innovation des entreprises. Cela concerne en particulier la valeur de l'élasticité de l'activité économiques aux investissements dans la recherche des entreprises et celles de leur taux de rendement privé et social. Au plan théorique, nous insistons sur la controverse qui continue à opposer les partisans de la croissance semi-endogène à ceux de la croissance endogène. Pour les premiers, la force des externalités de connaissance intertemporelles à la source des rendements croissants que provoquent les investissements dans la recherche est insuffisante pour qu'une politique de soutien à la recherche, comme le CIR en France, puisse avoir une influence à long terme sur le taux de croissance de l'économie. Pour les seconds au contraire, cette force est telle que toute politique de soutien à la recherche qui accroît durablement l'intensité de recherche des entreprises, et leur capacité à transformer les connaissances scientifiques et technologiques générales en innovations technologiques, aura au contraire, un impact durable et permanent sur le taux de croissance de l'économie, à condition d'être maintenue dans le temps.

La troisième section du rapport explique ensuite comment la croissance économique est représentée dans le modèle NEMESIS, qui est depuis bientôt vingt années, le modèle le plus utilisé par la Commission européenne pour l'évaluation de ses programmes de soutien à la recherche publique et privée. On y montre que les mécanismes de croissance du modèle s'appuient sur les deux aspects essentiels de la croissance : l'importance pour le taux de croissance à long terme d'augmenter la « taille » du secteur de la recherche et de créer des connaissances nouvelles et celle d'augmenter l'effort de recherche des entreprises, en particulier leur capacité à transformer les connaissances en innovations. La calibration de ces mécanismes, sur la base des effets moyens mesurés par littérature économétrique sur le sujet, est également expliquée et détaillée dans cette section.

La section 4 rappelle les montants représentés par le renforcement du dispositif du CIR à partir de 2008, soit environ 0,18 point de PIB en rythme de croisière, ainsi que leur répartition entre les entreprises dans les secteurs de production. La section 5 présente ensuite la philosophie des deux familles scénarios qui ont été simulés avec le modèle pour évaluer les impacts du renforcement du CIR sur la compétitivité, la croissance et l'emploi des entreprises. Les scénarios « CIR 2008-2016 » ou « *one shot* » ne prennent en compte que les crédits d'impôts versés entre 2008, l'année du renforcement du dispositif, et 2016, la dernière année observée pour l'allocation des crédits d'impôts au moment de réaliser l'étude. Cette première série de scénarios nous permet d'évaluer les impacts du dispositif mesurés « aujourd'hui », c'est-à-dire en 2020, pour les crédits d'impôts distribués entre 2008 et 2016 au titre du renforcement du dispositif comme si en 2016 le CIR avait été supprimé. Les effets mettent du temps à se matérialiser en raison des délais importants qui existent entre le temps des investissements dans la recherche, que provoque le CIR, et celui de leurs retombées positives en

termes d'innovations, de compétitivité et de croissance. Dans une seconde famille de scénarios, on fait l'hypothèse, au contraire, que le CIR est maintenu après 2016 au niveau moyen constaté entre 2010 et 2016, soit un montant de 0,18 point de PIB. Cette seconde famille de scénarios, dénommée « CIR forever », nous permet de mieux évaluer comme le renforcement du CIR modifie le taux de croissance de l'économie française à long terme, et à quelles conditions son efficacité peut être assurée durablement. Sur ce point, on montre que les propriétés positives de croissance endogène introduites dans le modèle ne peuvent se réaliser à long terme qu'à condition que les effets de rééquilibrage macroéconomique ne l'entravent pas trop. Notamment, il est important que les gains dus aux innovations de productivité et de qualité, qui augmentent la compétitivité, ne se dissipent pas trop rapidement en hausses de prix. De ce point de vue, nous distinguerons encore deux types de simulations, en fonction de l'importance des forces de rééquilibrage macroéconomique. Celles-ci proviennent principalement des tensions à l'embauche des chercheurs sur le marché du travail, décrites dans le modèle par la courbe de Phillips, et des comportements de marge des entreprises qui peuvent être tentés d'utiliser le dispositif pour accroître celles-ci, limitant en retour les gains atteignables en termes de compétitivité extérieure de l'économie française, et les effets sur la croissance et l'emploi.

Les résultats des simulations, qui sont présentés dans la section 6 pour les scénarios « CIR 2018-2017 », et dans la section 7 pour les scénarios « CIR forever », incluent également une analyse de sensibilité sur la valeur utilisée pour l'effet de levier du CIR sur l'investissement en recherche des entreprises. Sur ce point, la section suivante du rapport, la section 8, propose une analyse préliminaire du coût d'opportunité du renforcement du CIR par rapport à une diminution équivalente de l'impôt sur les sociétés. Cela permet de donner un ordre de grandeur de la valeur minimale de l'effet de levier au-dessus duquel le CIR se révèle être « supérieur » à l'IS pour stimuler à la fois la croissance économique et l'emploi.

Nous en venons maintenant à la synthèse des principaux résultats de l'étude avec également un éclairage sur les besoins d'approfondissements futurs de cette étude dont les résultats restent à ce stade exploratoires.

Quelles performances pour les sommes dépensées sur la période 2008-2016 ?

Dans la première famille de simulations, l'accroissement du CIR qui est limitée dans le temps sur la période 2008-2016, engendre dans une première phase, avant que n'arrivent les innovations, un accroissement de la demande sans qu'il y ait de contrepartie du côté de l'offre. Cette phase « keynésienne » où l'accroissement du PIB est tiré par l'investissement et la consommation, est ensuite suivie par une phase d'innovations de procédé et de qualité, qui vont accroître la compétitivité et favoriser la demande intérieure et extérieure. C'est surtout le dynamisme de l'industrie, qui investit beaucoup en recherche et qui va donc recevoir beaucoup de soutien par le CIR, et l'augmentation des exportations, qui vont entraîner cette phase. Puis les effets du dispositif s'estompent progressivement avec l'obsolescence des derniers investissements en R&D, dont les effets disparaissent presque totalement en 2030.

Avec les mécanismes usuels du modèle et un effet de levier de 1⁴ (retenu ici à titre indicatif mais dont l'ampleur est discutée plus bas), le gain annuel moyen de PIB sur la période 2008-2020 serait de 7,5 milliards d'euros sur les 13 années analysées, soit un total de 97,5 milliards d'euros pour l'ensemble de la période. En tenant compte de l'accroissement des dépenses de l'état de 31,6 milliards pour financer le renforcement du CIR entre 2008 et 2016, cela veut dire que chaque euro dépensé aurait augmenté le PIB de 2,9 euros, ce qui est un multiplicateur important pour la dépense publique. Le solde extérieur contribue à ce résultat à hauteur de 0,9 euro, ce qui est considérable. 1 euro de dépenses publiques se retrouve ainsi déjà presque intégralement dans l'amélioration de la balance commerciale, en grande partie des secteurs de la Chimie-pharmacie et du Matériel de transports. Le gain annuel moyen en emplois serait de 61 000, dont 28 000 emplois qualifiés, 33 000 emplois peu qualifiés, et avec un tiers de ces créations d'emplois dans l'industrie et dans la recherche.

Les effets à long terme du dispositif lorsqu'il est maintenu « pour toujours »

La deuxième famille de scénarios, dans lesquels l'accroissement des dépenses de CIR est permanent, se traduit par une augmentation continue de l'effort de R&D de la nation de 0,18 point de PIB au titre du renforcement du CIR, sous l'hypothèse d'un effet de levier de 1. Cela génère les conditions nécessaires pour augmenter, de façon durable, le taux de croissance de l'économie. Mais ces conditions ne sont pas suffisantes, car c'est compter sans les forces de rééquilibrage macroéconomique qui freinent ce processus. Lorsque la croissance endogène est entravée, le principal obstacle vient du marché du travail (de la courbe de Phillips dans le modèle NEMESIS), en raison des tensions inflationnistes d'origine salariale que provoque l'embauche des chercheurs, des ingénieurs et des techniciens, qui remettent en cause les gains de compétitivité. Les simulations du modèle, sont simples à résumer : le processus de croissance endogène augmente le taux de croissance potentiel de l'économie et l'emploi, mais ce processus est freiné par la hausse des salaires et des prix, qui dissipent les gains de compétitivité dus aux innovations. Il reste un niveau faible d'augmentation de la productivité, qui permet de déplacer le chômage d'équilibre à un niveau plus faible, mais quand celui-ci est atteint, l'emploi cesse d'augmenter. L'économie va croître en écart, par rapport à la croissance dans le scénario de référence du modèle où par hypothèse le CIR n'est pas renforcé, avec une augmentation bien plus faible, +0,019%, que celle indiquée par la théorie de la croissance endogène, à ce niveau de renforcement de l'effort de R&D des entreprises. Tout cela produit néanmoins en moyenne une création de valeur annuelle moyenne (mesurée en gains de PIB), sur la période 2008-2030, de 19,4 milliards. Le gain en emplois se stabilise après 2030 à 230 000 emplois supplémentaires. En moyenne sur la période 2008-2030, l'emploi est plus élevé d'environ 160 000 sous l'effet de la réforme du CIR et de son renforcement. Le multiplicateur de la dépense publique, qui mesure le gain moyen de PIB par euro dépensé au titre du CIR, est de 4,6. Les caractéristiques de cette croissance sont, par ailleurs, identiques à celle de la famille de scénarios précédente, avec les impacts les plus importants pour les secteurs industriels et sur le solde extérieur. En 2030, le solde commercial s'améliore de 13,6 milliards en euros constants, dont 4,2 Milliards pour la chimie pharmacie et 5,8 pour le matériel de transport, c'est-à-dire presque le quart du déficit moyen de la balance commerciale de la France enregistré au cours des 5 dernières années.

⁴ Les simulations ont été réalisées sur une plage d'effets de levier compris entre 0,8 et 1,2 tels que ceux-ci ressortaient des études qui ont été menées dans les précédents travaux de la CNEPI (Bozio et al. 2017, Lopez et Mairesse 2018, et Mulkay et Mairesse 2018). Depuis, d'autres travaux ont été menés et ceux-ci pourront amener à reconsidérer cette plage d'effets de levier comme discuté dans la dernière partie du rapport.

On retrouve dans ces résultats une propriété générale que nous livrent les théories de la croissance endogène : les politiques visant à augmenter les efforts de R&D doivent être maintenues, pour bénéficier des externalités intertemporelles et ainsi augmenter durablement le taux de croissance de l'économie. Mais on constate aussi, que ces politiques doivent être accompagnées d'autres mesures, pour assurer leur efficacité dans le temps, comme la formation de chercheurs, d'ingénieurs et de techniciens supérieurs, afin que les gains à en retirer ne se dissipent pas dans le temps avec l'apparition de tensions inflationnistes.

Créer les conditions favorables au fonctionnement des activités de recherche

Le rôle important des tensions salariales dans le freinage de la croissance, impose de réaliser au moins une famille de simulations en supprimant celle-ci dans le modèle, ce qui revient à annuler l'influence de l'« effet Phillips ». En effet, il faut bien constater que l'effet Phillips n'a guère joué durant la période pré-covid, où la réduction du chômage ne s'est pas accompagnée d'une hausse des salaires. L'objectif de cette suppression dans les simulations est cependant différent. Il consiste à comparer une situation où l'offre de travail est par hypothèse totalement « élastique » à une situation où l'offre des qualifications requise pour augmenter l'effort de recherche est totalement « inélastique », et engendre donc une augmentation des rémunérations salariales dans la recherche, un effet d'éviction du personnel de recherche, notamment les ingénieurs, sur le personnel de production, ce qui provoque des hausses de prix et des tensions inflationnistes qui se diffusent dans toute l'économie. En supprimant ces tensions sur le marché du travail, la croissance du PIB est moins entravée par les forces macroéconomiques rééquilibrantes et elle se rapproche des valeurs théoriques de la croissance endogène. Ainsi, sur la période 2008-2030, les impacts mesurés avec le modèle du renforcement du dispositif se renforcent un peu, par rapport au cas précédent où ces tensions sont présentes : le multiplicateur progresse de 4,6 à 5,7 et le gain annuel moyen en emplois de 135 000 à 160 000. À plus long terme, c'est-à-dire passé 2030, l'impact du renforcement du CIR sur le taux de croissance de l'économie est également plus important, ce qui accroît les écarts dans le temps entre les deux scénarios. En 2038, l'écart de PIB atteint 1,55 % dans le scénario avec effets Phillips, et 1,85 % dans le nouveau scénario sans ces effets, soit un impact renforcé sur le taux de croissance potentiel de l'économie d'environ 0,04 point. À cet horizon de 2038, les créations d'emplois sont également plus importantes dans le nouveau scénario, avec à cette date + 320 000 contre seulement + 230 000 dans le scénario initial. La suppression de l'effet Phillips revient à enlever la contrainte de chômage d'équilibre ce qui explique cette amélioration.

Soulignons que l'écart de résultats entre ces deux simulations n'a qu'une valeur indicative, car il ne s'appuie pas sur une analyse empirique fine de la situation française, qui doit tenir compte de toutes les données du marché du travail liées à la recherche : situation actuelle des chercheurs, rémunérations, emploi, chômage, attractivité des métiers de la recherche en France, capacité du système éducatif à offrir des qualifications adaptées, etc. Mais il a le mérite de donner des ordres de grandeur sur ce que pourrait être le gain d'un fonctionnement « idéal » de ce marché en invitant à réfléchir aux réformes qui permettraient de l'assurer.

Une autre source de déperdition de croissance.

Les exportateurs qui innovent se trouvent dans une situation un peu particulière, dans la mesure où, contrairement à leurs concurrents qui sont spécialisés sur le marché intérieur, ils affrontent une concurrence extérieure qui n'a pas bénéficié d'innovations entraînées par le CIR. La tentation est

grande, pour eux, d'utiliser les baisses de coûts entraînés par les innovations pour augmenter leur taux de marge à l'exportation, et stériliser ainsi une part des impacts positifs du CIR sur la croissance et sur l'emploi. Ce comportement d'accroissement des marges à l'exportation fait partie des hypothèses de base du modèle. En supprimant cette hypothèse, la baisse supplémentaire du prix des exportations qui en résulte permet également de réduire davantage le taux de chômage naturel et d'augmenter le niveau de l'emploi. Par rapport à la simulation du modèle dans le cas « standard », le multiplicateur estimé sur la période 2008-2030 pour le CIR passe de 4,6 à 5,7, le gain annuel moyen en exportations nettes de 6,2 à 8,2 milliards d'euros, et le gain annuel moyen en emplois de 230 000 à 300 000.

La sensibilité des résultats à l'égard d'incertitudes majeures, appelle de nouveaux travaux

Dans les simulations du modèle NEMESIS, trois « paramètres » de l'innovation jouent un rôle très important pour déterminer l'efficacité de la politique analysée : l'effet de levier (combien un euro de CIR va-t-il entraîner de dépenses de R&D des entreprises), les externalités de connaissances (les transferts de savoir qui augmentent la productivité collective de la recherche) ainsi que la performance économique de la R&D. Le rapport montre comment, à partir de travaux académiques, les externalités et la performance de la recherche ont été représentées dans NEMESIS. En ce qui concerne l'effet de levier, il a été repris pour ces simulations de résultats de travaux micro-économétriques commandés par la CNEPI (Cf *infra*).

Mais plusieurs études menées dans un cadre européen montrent que, pour les politiques d'aide à la R&D, la valeur de ces paramètres dépendent beaucoup de qui les met en place (L'Europe ou ses États membres) et de qui les financent. Sans rentrer dans les détails, on peut concevoir qu'une subvention des seuls investissements additionnels dans la recherche, comme c'est le cas pour les programmes européens, doit induire un effet de levier sur les investissements dans la recherche des bénéficiaires supérieur à celui d'un dispositif qui subventionne la « masse » de ces investissements, comme aujourd'hui le CIR. De la même manière, la mise en concurrence des projets de recherche qui sont aidés, comme pour les programmes européens mais également pour des dispositifs comme le PIA ou les financements de l'ANR, augmente *a priori* également la productivité de la recherche. Ainsi, comment se situent, par rapport à la moyenne, les paramètres spécifiques au CIR en ce qui concerne l'effet de levier et la performance économique des investissements en R&D qu'il provoque ? Difficile de le dire, mais il est sûr qu'avec mode d'attribution sans sélection, la valeur de ces paramètres doit être inférieure, avec également des impacts économiques moins importants que ceux des programmes cités précédemment.

D'après d'autres études menées sur les programmes européens de recherche avec le modèle NEMESIS, que nous illustrons dans le rapport, nous savons que les impacts économiques mesurés pour les programmes de recherche sont relativement proportionnels aux hypothèses retenues pour ces deux paramètres. Pour l'effet de levier, dans le cas du renforcement CIR, nous montrons également que les impacts à attendre du dispositif sont relativement linéaires avec l'hypothèse qui est retenue, dans l'intervalle [0,8 et 1,2], faisant varier les résultats d'environ -20% à +20% autour des résultats pour une valeur « centrale » de 1 pour l'effet de levier, utilisée dans la plupart des scénarios. Enfin, en comparant les résultats de tous scénarios qui ont été simulés avec le modèle NEMESIS pour évaluer l'impact économique du renforcement du CIR, il ressort que selon les hypothèses retenues pour l'effet

de levier, sur l'existence ou non de tensions sur le marché des qualifications requises pour les activités de recherche, et sur les comportements de marge à l'exportation des entreprises bénéficiaires du CIR, les résultats peuvent varier du simple à près du double.

A quelle condition, les effets du renforcement du CIR dépassent ceux d'une baisse comparable de l'impôt sur les sociétés ?

La dernière section du rapport présente les résultats d'une analyse préliminaire de coût d'opportunité, visant à déterminer la valeur minimale de l'effet de levier du CIR sur les investissements en R&D des entreprises, pour que les bénéfices à attendre du dispositif soit supérieures à ceux d'une diminution du même montant du taux d'imposition sur les sociétés. Cette comparaison est logique puisque le CIR est lui-même une baisse de l'impôt payé par les sociétés. Et, comme pour le CIR, l'impact à attendre d'une baisse d'IS doit lui-même transiter par l'intermédiaire d'une augmentation de l'investissement des entreprises, mais de nature différente que dans le cas du CIR, puisqu'il s'agit pour le CIR d'une augmentation des investissements en R&D, et pour l'IS d'une augmentation d'ensemble des investissements des entreprises, avec cependant une proportion moyenne d'investissement dans la recherche et dans d'autres actifs d'innovation à hauteur de 25 %.

Ces premiers résultats d'analyse du coût d'opportunité du renforcement du CIR par rapport à une diminution de même montant de l'IS doivent être pris avec précaution, la méthodologie utilisée pour traduire les effets de la baisse de l'IS dans le modèle n'ayant pu être éprouvée, en l'absence d'études significatives sur le sujet. Ils indiquent toutefois avec la méthodologie utilisée que le renforcement du CIR reste préférable à la diminution de l'IS, tant que l'effet de leviers du CIR sur les investissements en recherche des entreprises est supérieur à 0,3 pour le PIB, et à 0,4 pour l'emploi.

Conclusion

Au terme de ce parcours, que reste-t-il de cet ensemble volumineux de simulations ? Quelques résultats robustes, des limites et d'importantes marges d'incertitudes, mais l'ordre de grandeur des résultats conduit à des conclusions qualitatives ainsi qu'à la définition de nouvelles pistes d'investigation.

Les résultats robustes sur les effets du renforcement du dispositif du CIR sont les suivantes : un effet positif sur la compétitivité, la croissance et l'emploi, sans préjuger de son ampleur exacte ; l'intérêt à maintenir le dispositif dans la durée, mais cette propriété n'est pas spécifique au CIR et s'applique à toute politique visant à accroître l'effort de R&D ; les effets très favorables sur le commerce extérieur et l'activité industrielle, ce qui, replacé dans la perspective des difficultés de compétitivité industrielle de la France aujourd'hui n'est pas anodin.

Du côté des limites, elles sont multiples. Il y a d'abord celles qui tiennent aux caractéristiques du modèle utilisé qui se fonde sur certains mécanismes tout en ignorant d'autres, car par définition un modèle macroéconomique ne peut rendre compte de tous les mécanismes de l'économie réelle. Une autre limite réside dans le manque de raccordement des conditions de l'offre de personnels de recherche dans le modèle aux données précises concernant la France sur ce sujet. Il n'y a par ailleurs pas de prise en compte des « fuites de production », qui correspondent aux situations où la recherche et l'innovation est réalisée en France, avec une mise en production des innovations dans des pays où les coûts des facteurs de production sont plus avantageux. Il serait également nécessaire d'élargir les simulations du modèle à davantage de comparaisons des effets du renforcement du CIR, à ceux

d'autres politiques de soutien à la recherche et à l'innovation, par exemple *via* d'autres modes d'aides à la R&D des entreprises, un soutien plus important à la recherche fondamentale dans les laboratoires publics, dont les effets positifs sont plus importants mais plus longs à apparaître que pour la recherche appliquée, ou d'autres politiques de soutien à l'économie de la connaissance comme celles axées sur la formation du personnel qualifié nécessaire aux activités de R&D.

Ces limites et les incertitudes qui entourent les résultats ne permettent pas de considérer cette politique comme la meilleure face à d'autres types d'interventions publiques. Cependant, la multiplicité des résultats quantitatifs produits avec le modèle NEMESIS peut permettre de mieux définir le paysage de ce dispositif d'aide à la recherche, d'en cerner les contours et d'ouvrir de nouvelles questions et de nouveaux débats.

1. Introduction

La Commission nationale d'évaluation des politiques d'innovation (CNEPI), qui est en charge sous l'égide de France Stratégie de l'évaluation des politiques d'innovation, et le Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation (MESRI), ont commandé depuis 2016 plusieurs études sur les impacts du Crédit d'impôt recherche (CIR), et plus spécifiquement sur les impacts de sa transformation en 2008. A partir d'un système combinant depuis 2004, une part en accroissement et une part en volume, qui a augmenté jusqu'en 2007, la réforme de 2008 a fondé le dispositif du CIR uniquement sur le volume des dépenses des entreprises en la matière, avec un taux de crédit d'impôt de 30 % pour les dépenses inférieures à 100 millions d'euros et de 5 % au-delà de ce seuil. Ces études de Bozio et al. (2017), Lopez et Mairesse (2018) et Mulkay et Mairesse (2018) avaient pour objectif principal⁵, d'évaluer l'efficacité de cette aide fiscale à renforcer la capacité des entreprises à investir dans la R&D. La question ainsi posée était : combien chaque euro dépensé par l'État au titre du CIR a-t-il augmenté l'investissement en R&D des entreprises ? Les résultats de ces études ont permis de fournir une réponse plutôt favorable à cette question, avec une dépense de R&D estimée généralement supérieure à 1 € à court terme, et proche de 1 € à long terme. La CNEPI a ainsi rendu un avis favorable sur l'impact du CIR en mars 2019, qui aurait contribué avec la réforme de 2008 à stabiliser et même à renforcer l'effort de R&D des entreprises, contrecarrant ainsi en partie les effets négatifs de la crise de 2008-2009. Par contre, toutes ces études nous renseignent assez peu sur les impacts du CIR sur toutes les activités d'innovation en aval des investissements en R&D, et surtout sur tous les effets indirects du CIR sur l'activité économique et les créations d'emplois, aux niveaux sectoriel et macroéconomique. Pour cette raison, la CNEPI a lancé début 2019 une seconde phase d'évaluation des effets du CIR, visant à mieux éclairer ses effets sur son « objectif implicite, qui est l'amélioration de la performance de notre économie, notamment *via* des gains en termes d'attractivité et de compétitivité internationale ».

Les résultats présentés dans ce rapport sont ceux d'une étude commandée par France Stratégie à la société de recherche et de conseil SEURECO visant à mieux cerner quels ont été, jusqu'ici, les impacts du CIR sur l'activité économique, la compétitivité et les créations d'emplois en France, et quels pourraient être ses impacts au cours des prochaines décennies, si le dispositif est maintenu. Au niveau de la méthodologie, l'étude utilise comme information de départ les résultats des études économétriques commandées par la CNEPI et le MESRI, sur l'effet de levier du CIR sur l'investissement

⁵Mais pas seulement : Suivant le cahier des charges défini par la CNEPI, les travaux de Bozio et al. (2017) et de Lopez et Mairesse (2018) ont aussi eu pour objectif de quantifier les impacts plus en aval de la R&D : innovation, emploi productivité, etc. Et ils y sont arrivés en partie, notamment concernant les impacts sur l'innovation et la productivité.

en R&D des entreprises. Le modèle macro économétrique NEMESIS, qui est le modèle de simulation économique le plus utilisé par la Commission Européenne pour l'évaluation de ses politiques de recherche, développement et innovation (RD&I), est ensuite simulé pour décrire, à un niveau sectoriel détaillé, tous les enchaînements allant des crédits d'impôts reçus par les entreprises bénéficiaires du CIR dans les différents secteurs de production, à leurs effets en termes d'innovations, de compétitivité extérieure, de créations d'emplois et de valeur ajoutée, détaillés au niveau de 38 activités économiques. Le bouclage macroéconomique du modèle permet également de calculer l'ensemble des impacts directs et indirects du CIR sur le PIB et ses composantes (solde extérieur, investissement, consommation finale, ...), sur les créations d'emplois totales par catégorie (emploi qualifié, peu qualifié, emploi industriel, emploi de recherche, ...) et sur les finances publiques, cela année après année à partir de 2008 et à un horizon temporel de 30 ans afin de bien décrire les effets de long terme des innovations que le CIR aura contribué à financer. Deux catégories de scénarios sont simulées et analysées. Tout d'abord, des scénarios que nous avons appelés « CIR 2008-2016 » qui ne retiennent que les créances qui ont été accordées entre 2008 et 2016 au titre du renforcement du dispositif après 2007⁶. Les résultats nous indiquent quels sont « aujourd'hui », c'est-à-dire en 2020, les impacts sur l'activité économique et sur l'emploi que le renforcement du dispositif a déjà produits. Une analyse coût-bénéfice du dispositif est également proposée (gain de PIB par euro de CIR distribué, taux de rendement social, impact sur les finances publiques, ...). Ensuite, dans les scénarios que nous avons appelés « CIR *forever* » nous faisons l'hypothèse que le CIR est maintenu constant après 2016, la dernière année connue au moment de réaliser l'étude, et qu'il continuerait à représenter un coût pour l'État de 0,28 points de PIB, dont 0,18 points au titre de son renforcement sur lequel l'étude est centrée. Cette seconde série de scénarios permet, notamment, de mieux apprécier l'efficacité du dispositif à influencer l'activité et les créations d'emplois de l'économie française à long terme. Nous verrons que, selon le comportement de marge des entreprises à l'exportation, et l'importance du pouvoir de négociation des salariés sur le marché du travail, les impacts à long terme du dispositif peuvent varier du simple à près du double.

Au niveau de l'organisation du rapport, nous commençons dans la section 2 par rappeler les principaux résultats de l'abondante littérature à la fois théorique et empirique analysant l'impact des investissements en R&D sur le taux de croissance de l'économie. La section 3 présente ensuite les principaux mécanismes qui sont utilisés pour représenter les activités de recherche et d'innovation dans le modèle NEMESIS, qui ont été inspirés directement des résultats de la littérature théorique et

⁶ L'évaluation ne porte ainsi que sur le « renforcement du CIR » et non pas sur l'ensemble du dispositif. Par exemple, sur les 0,28 point de PIB environ qu'a représenté en moyenne le CIR entre 2011 et 2016, seuls 0,18 points (64 % du montant total) sont ainsi pris en compte dans l'étude.

empirique que nous résumons dans la section 2. Après un rappel dans la section 4 de l'évolution des montants alloués aux entreprises dans les différents secteurs de production au titre du CIR depuis 2007, la section 5 détaille ensuite les deux catégories de scénarios qui ont été simulés avec le modèle pour évaluer les impacts du renforcement du CIR après 2007 sur la croissance et sur l'emploi. Les résultats des scénarios de type « CIR 2008-2016 » sont ensuite présentés dans la section 6, puis ceux des scénarios de type « CIR *forever* » dans la section 7. La section 8 propose une analyse préliminaire du coût d'opportunité du renforcement du CIR par rapport une diminution du taux d'imposition sur les sociétés. Enfin, la section 9 conclut le rapport en résumant les principales conclusions de l'étude, avec également un rappel de ses limites que pourront permettre de pallier des études complémentaires dans le futur.

2. Les enseignements de la littérature empirique et théorique sur les liens entre croissance économique et investissement en R&D des entreprises

Cette section présente les principaux enseignements, à la fois théoriques et empiriques, de l'abondante littérature académique qui s'est développée depuis le milieu des années 1950 sur les liens entre la croissance économique et les investissements en R&D des entreprises.

2.1. Quelques repères théoriques, empiriques et politiques

Avant d'aller plus loin, il est nécessaire de rappeler que les investissements dans la recherche, qu'ils soient réalisés et financés par les entreprises ou par l'État à travers les laboratoires de recherche publics, les partenariats publics/privés, et les différents dispositifs d'aide à la recherche privée avec les subventions directes ou les crédits d'impôt recherche comme le CIR en France, ne représentent qu'un élément, dans tous les moyens et les phénomènes conduisant à l'innovation et à la performance économique des entreprises et des pays. Les investissements dans la recherche fondamentale et appliquée, dans la mise au point et le développement des technologies, sont bien l'élément central qui a été à l'origine de toutes les innovations majeures du vingtième siècle, comme par exemple l'invention de l'électricité, celles du transistor, des premiers ordinateurs et de l'internet, le développement des nano- et des biotechnologies aujourd'hui et peut-être l'apparition des premiers ordinateurs quantiques demain. Mais dans la société de services qui est la nôtre aujourd'hui, le lien entre innovation et investissement dans la recherche est devenu moins direct et moins prééminent. Par exemple, la révolution des technologies de l'information et de la télécommunication (TIC) qui a débuté dans les années 1980-1990, et ses développements récents dans le domaine de l'intelligence

artificielle, sont en train de transformer complètement les façons de concevoir, de fabriquer, de commercialiser et de consommer les produits, à partir d'investissements dans des actifs intangibles autres, et/ou complémentaires à la R&D. Les entreprises du secteur industriel restent bien à l'origine des principales innovations technologiques en exploitant les droits de propriété intellectuelle, les brevets et les licences, qui viennent récompenser les investissements en R&D, mais la majeure partie des innovations aujourd'hui est de nature immatérielle et/ou organisationnelle, et réalisée par les secteurs de services. On pense, par exemple, aux innovations réalisées par les entreprises des secteurs dits créatifs et culturels ou reliées à des activités comme l'Édition et le Logiciel, l'Audiovisuel et la Diffusion, l'Informatique et les services d'information, les Autres activités spécialisées scientifiques et techniques, les Arts, le Spectacle et activités récréatives, ou encore à toutes les innovations mises en place dans l'Enseignement, la Santé, les Activités financières et d'assurance, la Distribution, etc. Les innovations sont ainsi partout dans les services, et si les investissements en R&D contribuent bien à les produire, celles-ci passent pourtant davantage par des investissements dans la formation pour accompagner les changements organisationnels et la transformation des tâches et des métiers, par des investissements en logiciels et en matériel, les instruments scientifiques et le matériel informatique notamment, et par des investissements dans tout un ensemble encore d'actifs immatériels comme les design et les marques, etc.

Face à cette servicisation de l'économie, qui concerne également les entreprises industrielles puisque celles-ci réalisent une part croissante de leur chiffre d'affaires sous la forme de la vente de services et non plus sous la forme directe de biens⁷, le regard des économistes de l'innovation s'est alors penché progressivement sur l'innovation dans les secteurs de services, et plus particulièrement sur le rôle joué dans l'innovation par les achats de matériels innovants comme les TIC, et par des investissements en autres actifs intangibles que nous avons évoqués plus haut, comme les logiciels et la formation professionnelle. On peut, par exemple, au plan théorique considérer le concept de TIC comme celui d'une technologie générique ou « habilitante » introduit en 1995 par Bresnahan et Trajtenberg (1995), décrivant les complémentarités d'innovation entre les secteurs industriels qui investissent en recherche, et produisent les nouvelles technologies, ici les TIC, et l'ensemble des secteurs qui les

⁷ Sissons (2011) dans son étude intitulée « *More than making things* », appelle ainsi « manuserVICES » ces industries qui se sont « servicisées » et qui, pour paraphraser l'auteur, décrit un modèle de possession des biens où le consommateur ne détient pas un bien, mais paie un droit régulier pour le louer ou en dériver un service, impliquant une redistribution du risque entre l'acheteur et le vendeur, avec le producteur supportant plus du risque associé au produit et avec des contrats de services longs plutôt que des transactions ayant lieu en une fois. Dans ce modèle, les consommateurs sont également plus impliqués dans la conception et la fabrication des produits (fabrication sur mesure). Pour Sissons, en 2011 les entreprises manufacturières du Royaume-Uni généraient déjà 15 % à 20 % de leurs revenus en vendant des services, et les manu-services représentaient ainsi autour de 2 % du PIB. Il évalue la proportion des firmes qui ont « servicisé » en 2011 autour de 28 % au Royaume-Uni, loin derrière les États-Unis où cette proportion aurait été de 55 %.

achètent et les utilisent pour produire et innover à leur tour, en adaptant les nouvelles technologies à leurs besoins, au moyen de ces investissements complémentaires que nous venons de décrire. Les producteurs de technologies vont à leur tour réinvestir en R&D, pour adapter au mieux leurs technologies aux besoins des utilisateurs, terminant ainsi de former la boucle vertueuse entre secteurs producteurs et secteurs utilisateurs des nouvelles technologies décrite par Bresnahan et Trajtenberg (1995). Au plan empirique, des progrès importants sont en cours ou ont déjà eu lieu au niveau des bases de données pour mieux décrire l'innovation et les moyens utilisés pour innover dans les secteurs de services. On peut citer pour commencer l'extension de l'enquête européenne sur l'innovation (CIS) aux secteurs de services, à partir de sa sixième édition qui couvre la période 2006-2008, et qui suite aux recommandations de la troisième édition du manuel d'Oslo sur l'innovation de l'OCDE en 2005, donne plus de poids aux indicateurs relatifs aux innovations de type organisationnelle ou marketing, et qui inclut aujourd'hui des indicateurs pour quatre type d'innovations : de produit, de procédé, de marketing ou organisationnelle. Le CIS donne également beaucoup d'information sur les moyens utilisés par les entreprises pour innover, et son couplage avec des bases de données d'entreprises dans les nombreuses études sur l'innovation qui l'utilisent, a permis de fournir une description complète au niveau microéconomique de toute la chaîne allant des moyens utilisés pour innover, aux innovations, puis aux impacts des innovations sur la productivité, la croissance et les créations d'emplois des entreprises. Aux niveaux sectoriel et macroéconomique, le développement de la base de données EU-KLEMS à partir de 2003 a permis d'obtenir des indicateurs sur les investissements en TIC et en logiciels remontant à 1970 pour 34 industries, et à partir de 2015 la création de la base de données INTANinvest fournit des données débutant en 1995 sur les investissements en actifs intangibles des entreprises regroupées en dix secteurs d'activité. On trouve par exemple dans INTANinvest les investissements en R&D, en logiciels, en publicité, en design, en formation professionnelle et en compétences. Enfin il faut ajouter à ces sources de données les bases de données sur les brevets comme PATSTAT, qui permettent de décrire les inventions industrielles, et les enquêtes sur l'emploi, les conditions de travail et la formation professionnelle, pour mieux décrire par exemple les effets des innovations sur l'évolution des compétences.

Alors pourquoi nous limiter ici à l'analyse du seul lien entre les investissements en R&D des entreprises privées et leur performance en termes d'innovation et de croissance ? Et cette analyse est-elle pertinente car en se limitant à la R&D on focalise implicitement le regard sur les entreprises industrielles qui sont à l'origine de plus de 50 % de l'ensemble des investissements en R&D⁸ ? Enfin, en excluant de l'analyse les autres moyens utilisés par les entreprises pour innover, notamment par

⁸ Environ 54 % en 2018, alors que l'industrie ne représente en 2019 qu'environ 17 % du PIB.

celles des secteurs de services, on risque de surévaluer les effets des investissements en R&D sur la croissance économique, par exemple si ceux-ci sont corrélés positivement aux effets sur la croissance des autres facteurs d'innovation. Une étude de Lopez et Mairesse (2011) pour un panel de 20 pays de l'OCDE pour la période 1985-2004 trouve dans ce sens que l'élasticité de l'activité économique aux investissements en TIC est grandement modifiée à la baisse lorsque l'on inclut également dans la relation les investissements en R&D des entreprises, et *vice-versa*, confortant l'idée que ces deux types d'investissements seraient complémentaires. Ce résultat est conforté par le large spectre d'élasticités obtenues selon les pays, avec des élasticités plus fortes pour les TIC dans les pays qui investissent beaucoup en R&D, et inversement. Enfin, au niveau agrégé où est conduite l'étude, les élasticités de l'activité aux TIC qui sont estimées sont comprises entre 0,1 et 0,18, soit un intervalle similaire à celui obtenu pour les élasticités de la R&D, avec des valeurs comprises entre 0,07 et 0,18. En ce qui concerne les effets des investissements dans d'autres intangibles que la R&D, une étude de Corrado *et al.* (2014) qui ont établi la base de données INTANinvest qu'ils croisent avec la base de données EU-KLEMS, trouve que pour la période 1998-2007, les effets des investissements en TIC sur la productivité sectorielle dans les pays de l'Union Européenne est grandement renforcée lorsque leur complémentarité avec ces autres actifs intangibles est prise en compte dans l'analyse. Sur les effets spécifiques des investissements dans la formation professionnelle sur la productivité et la croissance, on peut citer par exemple une étude de O'Mahory et Peng (2010) pour les pays de l'Union Européenne à un niveau sectoriel, qui montre en combinant la base de données EU-KLEMS avec les données sur la formation issues de l'enquête européenne sur les forces de travail, un impact d'autant plus positif des investissements dans la formation sur la productivité que les investissements dans les TIC sont eux-mêmes élevés, avec également des effets très hétérogènes entre les secteurs de services et les secteurs industriels, pointant ainsi le rôle très important des changements organisationnels associés à la reformation permanente de la force de travail pour la diffusion des nouvelles technologies. Les études de Bresnahan *et al.* (2002) pour les États-Unis, de Crass et Peters (2014) pour l'Allemagne et de Crespi *et al.* (2007) pour le Royaume-Uni soulignent dans le même sens le rôle très important des investissements dans les technologies de l'information ou dans les autres matériels innovants pour provoquer les changements organisationnels et les investissements en capital humain, et pour tirer la productivité à la hausse.

Ces quelques exemples illustratifs des résultats de la littérature économétrique récente sur les complémentarités existant dans le processus d'innovation entre les investissements dans la R&D, dans les nouvelles technologies, dans la formation et dans d'autres catégories d'actifs intangibles, confirment ainsi bien, empiriquement, le cadre théorique proposé par Bresnahan et Trajtenberg dans leur article de 1995. Alors n'est-il pas trop restrictif, de limiter l'analyse ici aux seuls articles et études

centrés sur les liens entre les investissements en R&D des entreprises privées et la croissance économique ?

Pour finir de répondre à cette question tout d'abord d'un point de vue empirique, il faut souligner que la littérature appliquée sur les liens entre les investissements en R&D des entreprises et la croissance de la productivité est extrêmement riche. Elle a permis depuis les années 1950 avec la disposition des premières données de comptabilité nationale harmonisées suivant les travaux coordonnés par Richard Stones aux Nations Unies, et la mise en place des premières enquêtes sur la R&D dans de nombreux pays au cours de la même période, d'élaborer progressivement des méthodologies très robustes pour estimer les rendements, à la fois privé et sociaux, des investissements en R&D. Un élément central de ces travaux concerne ainsi la mesure des externalités de recherche, lesquelles, selon la distinction initiale de Zvi Griliches (1979), sont de deux types. Il y a d'un côté les externalités de connaissances (*knowledge externalities*), qui courent entre les entreprises qui réalisent les investissements en R&D, et qui vont accroître les rendements de la recherche dans le temps, à mesure que les connaissances scientifiques et technologiques se diffusent entre les entreprises et les chercheurs, et se banalisent. Il y a de l'autre côté les externalités de marché (*rent spillovers*), qui courent cette fois depuis les entreprises dans les secteurs qui inventent, développent et produisent les nouvelles technologies, vers les entreprises dans les secteurs qui les utilisent⁹. La prise en compte de ce second type d'externalités entre secteurs producteurs et utilisateurs des nouvelles technologies permet ainsi une prise en compte indirecte des effets des nouvelles technologies développées par les secteurs industriels, sur la productivité des secteurs qui les utilisent, notamment les services où des technologies comme les TIC vont avoir des effets importants sur la productivité même si les services investissent eux-mêmes très peu en R&D. Ce qui différencie les différentes études est ainsi surtout la façon dont elles prennent en compte ces externalités, et leur capacité à bien séparer, dans les estimations, la mesure des rendements privés de la recherche, de la mesure de ses rendements sociaux qui ajoute à ces rendements privés les rendements provenant à la fois des externalités émises par les autres entreprises, secteurs ou pays, et des investissements réalisés dans la recherche publique. Ainsi les études sur le lien entre investissements en R&D privée, productivité et croissance permettent, pour les plus élaborées, même si elles peuvent conduire à majorer les résultats, de donner des estimations satisfaisantes à la fois des taux de rendements privés et des taux de rendements sociaux de la recherche, dans les différents secteurs et dans les différents pays. C'est important, car les études étendant l'analyse à la prise en compte explicite des autres facteurs d'innovation que la R&D, que nous

⁹ L'importance de ces *rent spillovers* dépend de la structure de marché et de l'importance des « transferts de surplus » entre les secteurs qui produisent les nouvelles technologies et ceux qui les adoptent. Soulignons que ce ne sont pas de « vraies » externalités dans la mesure où elles transitent par des transactions de marché.

avons évoqués plus haut, sont beaucoup moins nombreuses en raison de la limitation des sources de données, ou utilisent des données de nature seulement qualitative ou semi-quantitative, comme l'enquête européenne sur l'innovation, qui ne permettent pas de représenter de façon satisfaisante les différentes formes d'externalités qui se forment entre les entreprises, les secteurs et les pays, ce qui limite leur capacité à fournir des estimations satisfaisante des rendements à la fois privés et sociaux des investissements en R&D des entreprises.

Du point de vue théorique maintenant, il faut commencer par rappeler que depuis les articles fondateurs de Solow et Swan en 1956 et l'élaboration du premier modèle de croissance néoclassique, la technologie et les externalités de connaissance qui lui sont associées ont toujours tenu un rôle central. La solution imaginée par Solow (1956) et Swan (1956) pour représenter la croissance du produit par tête a été d'introduire une tendance de progrès technique exogène dans le modèle, une solution qui présentait l'avantage, associée à la décroissance des rendements marginaux sur les facteurs de production traditionnels, le capital et le travail, d'assurer l'obtention d'un équilibre unique et stable de l'économie, et une croissance à taux constant du PIB par tête. En appliquant pour la première fois son modèle de croissance aux données américaine en 1957, Solow (1957) estima que 87,5 % de la croissance de la productivité du travail aux États-Unis entre 1909 et 1949 était attribuable au progrès technique exogène, le fameux « résidu de Solow ». Si cette étude majeure confirma le rôle du progrès technique comme véritable moteur de la croissance économique à long terme, pour Solow il faut comprendre avec le terme de progrès technique une « expression abrégée » pour tout changement intervenant dans la fonction de production¹⁰, comme l'amélioration des technologies de production bien entendu, mais également celle des infrastructures publiques, l'allongement de l'espérance de vie, les améliorations dans l'éducation et la formation de la main-d'œuvre, etc. L'idée générale est ainsi que tous les phénomènes qui peuvent générer des rendements croissants et améliorer la productivité des ressources économiques participe à ce qui a été appelé « changement technique » dans la littérature économique théorique. Le fait que les théories modernes de la croissance endogène aient privilégié les investissements en R&D des entreprises comme phénomène à l'origine des rendements croissants et de la croissance peut ainsi paraître restrictif, mais ne change rien analytiquement. Le résultat central dans tous les travaux sur la croissance, est ainsi qu'il est impossible de générer de la croissance par tête à long terme en l'absence d'externalités. C'est bien le cas, nous l'avons vu, avec les externalités de connaissances pures¹¹ que provoquent les

¹⁰ Pour citer Solow dans son article de 1957 : *"I am using the phrase 'technical change' as a shorthand expression for any kind of shift in the production function. Thus slowdowns, speed-ups, improvements in the education of the labor force, and all sorts of things will appear as 'technical change'".*

¹¹ Les externalités de marché que nous avons évoquées ne sont pas pour leur part de « vraies » externalités puisqu'elles transitent par des transactions pécuniaires sur les marchés.

investissements en R&D. Et le fait que les investissements en recherche aient toujours été perçus comme le principal moteur des avancées technologiques, et que les données en R&D soient disponibles depuis longtemps à un niveau de détail important, ont conduit naturellement à ce choix analytique. Tout autre facteur d'innovation, pourvu qu'il génère des externalités comme les investissements en capital humain qui provoquent également un accroissement général du savoir dans le temps, peut être préféré ou ajouté à l'analyse, mais ça ne change pas fondamentalement la principale conclusion théorique qui est qu'il est nécessaire de disposer d'externalités positives pour générer de la croissance à long terme. Le véritable débat qui a opposé les théoriciens s'est ainsi plutôt concentré sur la force de ces externalités. Pour les partisans de la croissance endogène celles-ci sont suffisamment fortes pour soutenir la croissance à long terme, et un dispositif de soutien à la R&D des entreprises comme le CIR, s'il exerce un effet de levier positif sur les investissements en R&D des entreprises, permet d'augmenter de façon permanente le taux de croissance de l'économie. Pour les partisans de la croissance semi-endogène au contraire, ces externalités sont trop faibles pour soutenir le taux de croissance de l'économie à long terme, et toute politique de soutien à la recherche et à l'innovation n'aura qu'un effet transitoire sur la croissance économique. C'est ainsi sur ce débat que nous allons centrer notre exposé sur ces nouvelles théories de la croissance.

Ayant refermé cette longue parenthèse qui a permis de resituer la discussion, nous allons maintenant présenter successivement les principaux résultats empiriques puis théoriques sur les liens entre les investissements en R&D des entreprises et la croissance économique. Du côté des résultats empiriques, nous allons nous limiter aux éléments essentiels pour l'évaluation des politiques de soutien à la recherche, qui sont la mesure des externalités de recherche, et celles des taux de rendement privés et sociaux des investissements en R&D des entreprises. Puis nous reviendrons, au plan analytique, sur ce débat qui continue à opposer les partisans de la croissance endogène à ceux de la croissance semi-endogène.

2.2. La mesure des rendements privés et des rendements sociaux des investissements en R&D dans la littérature économétrique

S'il ne fallait retenir que deux résultats des nombreuses études économétriques qui se sont développées depuis les années 1950 pour mesurer les rendements des investissements en R&D des entreprises, il y aurait tout d'abord les rendements « en excès » qui sont estimés pour ces investissements, par rapport aux rendements habituellement estimés pour le capital physique qui doivent sous l'hypothèse de concurrence pure et parfaite et de profit nul permettre tout juste de compenser le coût d'utilisation du capital. Or pour la R&D il n'est pas rare que les rendements marginaux estimés dépassent d'au moins deux à quatre fois le coût d'usage. On trouve dans la

littérature économique deux explications principales à ce résultat. La première est la nature risquée de la R&D que viendraient compenser des rendements élevés en cas de succès de ces investissements pour innover. La seconde est que la R&D n'est pas un bien de production ordinaire, puisque le principal résultat des investissements en recherche est la production de connaissances nouvelles. Or les connaissances scientifiques et technologiques, même si elles peuvent pour un temps être gardées secrètes ou être protégées par un brevet, deviennent vite un bien public comme l'a si bien décrit Arrow (1969). Il est ainsi impossible de s'approprier pleinement les résultats de sa propre recherche, ce qui ajoute au risque mais a surtout l'effet de produire des externalités intertemporelles de connaissances qui vont accroître la productivité de la recherche dans le temps et engendrer les rendements croissants à l'origine du processus de croissance. La conséquence de ces externalités de connaissances, et nous en venons au deuxième résultat, est que les rendements sociaux de la recherche sont eux-mêmes estimés généralement une fois et demie à deux fois supérieurs à ses rendements privés. L'existence de risque, la présence d'externalités et l'impossibilité pour les entreprises de s'approprier pleinement les résultats de leur recherche, conduisent ainsi à des défaillances de marché qui vont pousser les investisseurs privés à spontanément sous-investir en R&D par rapport à ce qui serait socialement optimal, justifiant en retour l'intervention publique pour soutenir les investissements en recherche des entreprises et maximiser ainsi le bien-être social. Alors comment sont mesurés les externalités de recherche et les taux de rendements privés et sociaux des investissements en R&D des entreprises qui vont permettre d'éclairer le décideur public pour la mise en place de ses politiques d'innovation ?

La mesure du taux de rendement privé des investissements en R&D

Nous commençons par introduire ici de premiers concepts en présentant comment sont généralement estimés les rendements privés des investissements en R&D dans les études économétriques. La démarche consiste principalement en une « extension » de la fonction de production des entreprises¹² au « facteur de recherche ». Dans cette fonction, le facteur de recherche est censé représenter le stock de « connaissances propres » accumulé par les entreprises au cours du temps, mesuré traditionnellement par la constitution d'un « stock de R&D » à partir de la méthode de l'inventaire perpétuel comme l'a proposé pour la première fois Griliches (1979)¹³. Si nous appelons R ce stock de R&D, nous avons alors :

$$(1) \quad R_t = (1 - \delta_r) \cdot R_{t-1} + IRD_t$$

¹² Ce peut être également la fonction de production de secteurs de production ou de pays selon le niveau d'analyse.

¹³ Comme le décrit Griliches (1979), implicitement les activités de R&D s'ajoutent au stock de connaissances déjà accumulé par les entreprises, permettant d'accroître la qualité de leurs produits ou de réduire leurs coûts de production et ainsi d'améliorer leur productivité.

avec δ_r le taux de dépréciation de la R&D, c'est-à-dire le taux d'obsolescence des connaissances ou des idées nouvelles qui est le plus souvent fixé à 15 % à la suite de Griliches (*ibid*), R_{t-1} le stock de connaissances hérité de la période précédente et IRD_t l'investissement en R&D réalisé au cours de la période courante.

En introduisant maintenant cette variable dans la fonction de production néoclassique on obtient la formalisation suivante :

$$(2) \quad Y_t = C \cdot K_t^{\alpha_k} \cdot L_t^{\alpha_l} \cdot R_t^{\alpha_r} \cdot e^{\theta_t \cdot t}$$

avec C un paramètre d'échelle, Y_t la variable mesurant le niveau d'activité, la valeur ajoutée généralement, ou le PIB selon le niveau d'analyse, K_t le stock de capital physique, L_t la quantité de travail utilisée et $e^{\theta_t \cdot t}$ la tendance de progrès technique exogène introduite initialement dans cette formulation de type Cobb-Douglas par Solow (1956) et Swan (1956).

La principale question empirique qui s'est posée sur la base de cette fonction est la valeur des paramètres α_k , α_l et α_r , mesurant l'élasticité de la production à l'augmentation respectivement du stock de capital physique, de la quantité de travail utilisée et du stock de R&D. Si la somme des trois élasticités est égale à 1, $\alpha_k + \alpha_l + \alpha_r = 1$, les rendements d'échelle de production sont constants, et tout l'accroissement de la productivité totale des facteurs de production dans le temps peut être attribué à la tendance de progrès technique exogène, $e^{\theta_t \cdot t}$, avec $\theta_t > 0$ mesurant le rythme d'augmentation du progrès technique exogène, c'est-à-dire la contribution du résidu du Solow à la croissance annuelle de l'activité économique. Par contre si la somme des trois élasticités est supérieure à l'unité, $\alpha_k + \alpha_l + \alpha_r > 1$, les rendements d'échelle de production sont globalement croissants, et une part au moins de la croissance la productivité totale des facteurs de production peut leur être attribuée.

Les estimations économétriques indiquant que le capital physique et le travail sont rémunérés à leur productivité marginale, on pose généralement dans l'analyse la valeur des paramètres d'élasticité de la production au travail et au capital physique égaux respectivement à la part du travail, s_l , avec $\alpha_l = s_l$, et à la part du capital physique, s_k , avec $\alpha_k = s_k$, dans le coût total de production. Reste alors à estimer les valeurs de α_r , l'élasticité de la production au stock de R&D, et celle du paramètre de progrès technique exogène, θ_t . Pour cela, en posant préalablement $\alpha_l = s_l$ et $\alpha_k = s_k$, comme le font les études de comptabilité de la croissance dans la veine de l'article de Solow de 1957, on peut s'appuyer sur l'équation (2) ci-dessus pour dériver l'expression suivante pour la croissance de la productivité totale des facteurs de production :

$$(3) \quad \frac{\Delta PTF_t}{PTF_{t-1}} = \alpha_r \cdot \frac{\Delta R_t}{R_{t-1}} + \theta_t$$

reliant la croissance de la productivité totale des facteurs de production à gauche, à la croissance du stock de R&D, avec l'élasticité α_r , et à celle du progrès technique exogène, avec l'élasticité θ_t , à droite. Dans cette équation, la croissance de la productivité totale des facteurs de production est en principe calculée en utilisant un indice de Törnqvist, soustrayant à la croissance annuelle de la production la contribution productive moyenne du capital et du travail entre les périodes t et $t-1$:

$$(4) \quad \frac{\Delta PTF_t}{PTF_{t-1}} = \frac{\Delta Y_t}{Y_{t-1}} - \bar{s}_{k_t} \cdot \frac{\Delta K_t}{K_{t-1}} - \bar{s}_{l_t} \cdot \frac{\Delta L_t}{L_{t-1}},$$

avec $\bar{s}_{k_t} = \frac{s_{k_t} + s_{k_{t-1}}}{2}$ et $\bar{s}_{l_t} = \frac{s_{l_t} + s_{l_{t-1}}}{2}$ les part moyennes du capital et du travail dans le coût de production entre t et $t-1$.

Il faut encore souligner, du point de vue méthodologique, que les dépenses de R&D correspondant pour l'essentiel à des dépenses en travail et en capital, il est préférable de « corriger » les mesures du stock de capital physique et de la quantité de travail utilisés dans la production des montants correspondant effectivement à des dépenses de R&D, autrement les élasticités estimées pour la R&D risquent d'être fortement biaisées à la baisse, comme l'ont montré Cunéo et Mairesse (1985). Du côté de la mesure de la production, si on utilise pour cela la valeur ajoutée, comme c'est le cas dans notre exemple, les investissements en R&D doivent également être ajoutés à la production au risque de biaiser cette fois à la hausse la valeur de l'élasticité. Cette dernière correction est plus rare dans la littérature, mais elle est aujourd'hui systématique dans les données de comptabilité nationale depuis les changements de méthodologie introduit aux États-Unis en 2012 et en Europe en 2014 pour comptabiliser la R&D dans le PIB et dans la mesure de la valeur ajoutée sectorielle.

Ces possibilités de biais dans les estimations précisés, les principaux enjeux aux plans empirique et analytique vont être de déterminer si les investissements en R&D ont comme pour le capital physique des rendements « normaux », c'est-à-dire permettant au mieux de tout juste compenser le coût d'usage du stock de R&D, ou alors s'il existe des rendements « en excès » des investissements en R&D, qui en font un facteur de production non ordinaire. Si la R&D est rémunérée à son coût marginal et est un facteur de production ordinaire, la valeur estimée pour l'élasticité α_r doit ainsi être proche de la part de la R&D dans le coût total de production, s_r , avec $\alpha_r = s_r$. Par contre si la valeur de l'élasticité est significativement supérieure à la part de la R&D dans le coût total de production, c'est qu'il s'agit d'un facteur de production non ordinaire permettant de générer des rendements d'échelle croissants, et potentiellement d'influencer positivement le taux de croissance de l'économie.

Au niveau des concepts maintenant, et pour clarifier encore l'exposé, il faut souligner qu'il existe une relation directe entre la valeur de l'élasticité α_r et la mesure du taux de rendement des investissements en R&D. Si on pose pour simplifier le prix de la production égal à 1 on peut, en dérivant l'équation 2 par rapport au stock de R&D, calculer le taux de rendement brut, c'est-à-dire avant dépréciation, du dernier euro investi dans la R&D, comme l'a défini initialement Terleckyj (1974) :

$$(5) \quad \rho R_t^B = \frac{\partial Y_t}{\partial R_t} = \alpha_r \cdot \frac{Y_t}{R_t}.$$

Nous voyons immédiatement que ce taux de rendement brut, ρR_t^B , est une fonction positive de la valeur de l'élasticité α_r , et inversement proportionnelle de l'intensité de R&D mesurée ici par le ratio $\frac{R_t}{Y_t}$. Cette relation inverse entre l'intensité de R&D des entreprises, des secteurs ou des pays que fournit l'équation 5 est *a priori* contre-intuitive, laissant à supposer que les rendements de la recherche seraient supérieurs pour les entreprises qui réalisent elles-mêmes peu de recherche. Mais le raisonnement théorique voudrait plutôt que les rendements marginaux de la recherche tendent à s'égaliser dans les différentes activités économiques et dans les différents pays, ce qui suppose que l'élasticité de l'activité au stock de R&D, α_r , soit elle-même une fonction croissante de l'intensité en R&D. Ce point est ainsi un élément central que les études économétriques ont visé à confirmer. On définit ensuite, toujours d'après Terleckyj (*ibid*), le taux de rendement net, ρR_t^N de la R&D comme le taux de rendement brut auquel on retranche le taux de dépréciation annuel du stock de R&D :

$$(6) \quad \rho R_t^N = \rho R_t^B - \delta_r.$$

Nous voyons que si le taux de déclassement de la R&D n'influence pas la mesure du taux de rendement brut, la valeur du taux de rendement net est cette fois directement dépendante de l'hypothèse retenue sur le taux de déclassement dans les études. La valeur de 15 % proposée par Griliches (1979) pour le taux de déclassement semble toutefois assez robuste. Hall *et al.* (2009) rapportent dans ce sens, page 17, que les chercheurs ont essayé par bien des moyens d'estimer ce taux de déclassement, par exemple en étudiant le renouvellement des droits de brevets, en procédant à des estimations directes de ce taux, ou encore en utilisant la théorie du q de Tobin pour l'estimation de la valeur de marché des entreprises innovantes. D'autres expérimentations ont montré que la valeur de l'élasticité de l'activité au stock de R&D était très peu modifiée par l'hypothèse retenue sur le taux de déclassement pour construire ce stock, pour des valeurs comprises entre 8 % et 23 %, ce qui a fini de valider cette valeur moyenne de 15 %.

Il est utile finalement de souligner, avant d'en venir à la présentation des résultats d'estimation, qu'il existe une relation directe, entre les valeurs de ces taux de rendements brut et net, et deux autres

indicateurs très utilisés pour évaluer l'efficacité des politiques d'aides à la recherche que sont le « multiplicateur » et le taux de rendement interne. Le multiplicateur mesure le rapport entre l'intégrale des gains, de valeur ajoutée ou de PIB, provoqués directement par les soutiens publics à la recherche, et l'intégrale des soutiens publics à la recherche sur la même période. Par exemple, si l'on retient un effet de levier moyen de 1 du CIR sur les investissements en R&D (Cf. *infra*), un taux de déclasserement de 15 % par an du stock de R&D et un taux de rendement marginal brut de 15 % des investissements dans la recherche provoqués par le dernier euro versé au titre du CIR, on obtient un revenu total, RT égal à :

$$(7) \quad RT = 0,15 \cdot \sum_{s=t}^{+\infty} (1 - 0,15)^s = 1.$$

Dans ce cas, le revenu total généré par le dernier euro versé au titre du CIR est égal à 1. La valeur du multiplicateur, c'est-à-dire le rapport entre le revenu total, RT , et ce dernier euro versé, est également égale à 1. Donc, dans notre exemple, pour un taux de rendement marginal brut du dispositif de 15 %, c'est-à-dire exactement égal au taux de déclasserement du stock de R&D, le taux de rendement marginal net est nul, le multiplicateur vaut 1, et le taux de rendement interne du dispositif, c'est-à-dire le taux d'actualisation qui annulerait le bénéfice du dispositif, est également nul. Ainsi, on retrouve bien par ce calcul comptable le résultat précédent (équation 6) : tant que le taux de rendement marginal brut du dispositif est inférieur au taux de déclasserement, le taux de rendement marginal net est négatif et le dispositif n'est par définition pas rentable. Si cette fois le taux de rendement marginal brut est de 30 %, le rendement total du dispositif est doublé par la formule précédente, c'est-à-dire égal à 2 tout comme la valeur du multiplicateur, et le taux de rendement marginal net, toujours égal au taux de rendement interne du dispositif, est cette fois de 15 %. Pour obtenir une valeur de multiplicateur comprise entre 3 et 6, un intervalle habituel pour les politiques de soutien à la R&D des entreprises (Cf. *infra*), il faut ainsi une valeur du taux de rendements marginal brut comprise entre 50 % et 95 %, et une valeur du taux de rendement marginal net comprise entre 35 % et 80 %, correspond également aux bornes de l'intervalle pour le taux de rendement interne.

Au niveau maintenant des résultats des études économétriques¹⁴, nous trouvons la confirmation que la valeur des élasticités de l'activité au stock de R&D des entreprises, α_r , augmente avec le niveau de l'intensité en R&D, suggérant que le taux de rendement marginal de la recherche tend à s'égaliser entre les entreprises, les secteurs et les pays, qui sont analysés. Par exemple en 1984 Griliches et Mairesse (1984) avaient déjà obtenus pour les États-Unis des élasticités significativement plus fortes,

¹⁴ Dans les études la tendance temporelle mesurant le progrès technique « exogène », c'est-à-dire la part de la croissance de la productivité « non expliquée » par les investissements en recherche, est le plus souvent supprimée, le paramètre associé étant le souvent proche de zéro et « non significatif » au sens statistique.

d'environ 0,20, pour les entreprises des secteurs impliqués dans la recherche de base (« *scientific firms* », par rapport aux élasticités estimées pour les entreprises des autres secteurs (« *other firms* »), avec une élasticité plus proche de 0,10. Verspagen (1995) montrait de façon similaire, pour un panel d'entreprises des pays de l'OCDE, que les investissements en R&D ont un effet significatif sur l'activité pour les entreprises des secteurs de haute technologie (« *high-tech firms* »), mais pas pour celles avec un niveau technologique seulement moyen (« *medium-tech firms* ») ou bas (« *low-tech firms* »). Des résultats similaires sur le lien positif entre la valeur de l'élasticité de l'activité aux investissements en R&D des entreprises et le niveau de leur intensité en R&D ont été trouvés par Harhoff (1998) pour les entreprises allemandes, Kwon et Inui (2003) pour les entreprises japonaises, Wang et Tsai (2004) pour les entreprises taïwanaises et Hernandez *et al.* (2011) pour les entreprises de l'Union Européenne. Plus récemment, une étude de Kancs et Siliverstovs (2016) a permis de généraliser ce résultat pour un panel très important d'entreprises de l'OCDE¹⁵, en utilisant une méthodologie¹⁶ permettant une estimation directe de la relation entre la valeur de l'élasticité de l'activité aux investissements en R&D et le niveau de l'intensité en R&D, alors que dans les études précédentes la méthodologie reposait sur la comparaison des résultats obtenus pour des groupes d'entreprises avec des investissements en R&D d'intensité différente. Les auteurs montrent que :

1. En moyenne, les investissements en R&D augmentent la productivité des entreprises avec une élasticité de 0,15 ;
2. L'impact de ces investissements sur la productivité des entreprises est différent selon le niveau de l'intensité en R&D, avec des élasticités comprises entre -0.02 pour des niveaux faibles de l'intensité de R&D, à plus de 0,33 pour les niveaux d'intensité les plus élevés, impliquant que la relation entre R&D et productivité est « hautement » non-linéaire, et que c'est seulement après qu'une « masse critique » de connaissances ait été accumulée par les entreprises, que leur productivité est améliorée significativement par les investissements en R&D ;
3. Il existe d'importantes différences intersectorielles dans la relation entre R&D et productivité et non seulement les entreprises de haute technologie investissent beaucoup en recherche, mais ce sont également elles qui en retirent les bénéfices les plus importants en termes de gains de productivité.

¹⁵ La principale source de données utilisée par les auteurs est le tableau de bord de « l'Union Européenne sur les investissements en R&D des entreprises industrielles, qui couvre plus de 750 entreprises de l'UE et d'autres pays de l'OCDE.

¹⁶ Les auteurs utilisent la méthode généralisée des coefficients de propension (GPS) proposée par Hirano et Imbens (2004).

Ces résultats de Kancs et Siliverstovs (*ibid*) confirment ceux de la très riche revue de littérature de Hall *et al.* (2009, *ibid*) sur le lien entre R&D et productivité, qui montre en résumé que :

1. L'élasticité de la productivité aux investissements en R&D des entreprises est comprise entre 0,01 et 0,23, mais centrée autour de 0,08 ;
2. Les élasticités de l'activité à la R&D sont élevées et « excèdent » entre deux et quatre fois la part de la R&D dans le coût de production des entreprises, compris en moyenne entre 2 % et 4 % de la valeur ajoutée ;
3. Les taux de rendements privés nets de la R&D sont très supérieurs à ceux estimés généralement pour le capital physique et d'une magnitude de l'ordre de 20 % à 30 % ;
4. Les élasticités de l'activité à la R&D sont corrélées positivement à l'intensité de R&D, comme l'avait déjà illustré Griliches (1980) en 1980, et comme le confirment les résultats des études citées plus haut ;
5. Enfin, les taux de rendement marginaux de la R&D tendent bien à s'égaliser entre les secteurs, ce qui est une conséquence des deux points précédents.

Deux méta-analyses viennent confirmer les résultats précédents sur la « taille » des élasticités de la productivité à la R&D. Celle de Donselaar et Koopmans¹⁷ (2016) rapporte une élasticité moyenne de l'activité à la R&D de 0,11, et celle de l'OECD (2015), qui résume les résultats de 200 études, évalue cette élasticité à 0,12. Sur la différence de taille des élasticités entre firmes, secteurs et pays, l'étude d'Ortega-Argilès (2015) qui trouve des élasticités plus élevées pour les entreprises des secteurs de haute technologie, confirme les résultats de Kancs et Siliverstovs (*ibid*), et ce résultat qu'il faut investir soi-même beaucoup en R&D pour obtenir des impacts significatifs sur la productivité est également valable pour les pays, comme l'avaient montré initialement Coe et Helpman (1995).

L'ensemble des résultats que nous venons de présenter souligne ainsi la valeur élevée des élasticités de la productivité et de l'activité des entreprises à leurs investissements en R&D, avec une valeur moyenne proche de 0,1. La valeur relative estimée pour cette élasticité entre les entreprises est une fonction croissante de l'intensité en R&D, traduisant ainsi une tendance à l'égalisation des rendements marginaux de la R&D entre les entreprises, les secteurs et les pays. A cette élasticité moyenne de 0,1, sont associés des rendements marginaux nets de la R&D de l'ordre de 20 % à 30 %, soit environ 2 à 4

¹⁷ L'étude est basée sur 28 études économétriques réalisées après 1980 et qui incluent les estimations de 1214 élasticités l'activité à la R&D. 17 sont des études au niveau de l'entreprise, 7 des études au niveau sectoriel et 15 des études réalisées au niveau macro-économique, dont une dans la dimension macro-sectorielle.

fois ce que l'on obtiendrait si la R&D était rémunérée à son coût marginal, comme c'est généralement le cas pour le capital physique.

Mais ces premières conclusions des études économétriques appellent plusieurs remarques conduisant à relativiser leurs résultats.

La valeur du taux de rendement privé de la R&D estimée dans les études peut être biaisée à la hausse de façon importante si l'analyse ne prend pas en compte le rôle joué par les externalités de recherche. L'aspect risqué des activités de R&D peut bien expliquer une partie de l'écart entre les rendements privés estimés et ceux que l'on obtiendrait si la R&D était rémunérée à un taux de rendement « normal », mais comme le soulignent Hall *et al.* (2009, *ibid*), cet écart est surtout le signe qu'il y a des externalités de connaissance qui poussent les élasticités et les taux de rendements mesurés à la hausse. Par exemple les études passées en revue par Hall *et al.* (2009, *ibid*), Donselaar et Koopmans (2016, *ibid*) et d'Ortega-Argilès (2015, *ibid*) montrent toutes que la valeur des élasticités estimées chute drastiquement lorsque les externalités entre les entreprises et/ou les pays sont prises en compte dans l'analyse.

Si les taux de rendement privés estimés ont des valeurs élevées, celles-ci restent très inférieures à celles des taux de rendement sociaux des investissements en R&D habituellement estimés, qui sont de l'ordre de 50 % à 100 %.

Finalement, et pour paraphraser Cameron (1998), ce qui différencie les études entre elles est ainsi surtout la mesure dans laquelle elles ont tenté de prendre en compte dans l'analyse les différentes formes d'externalités de recherche, et de séparer de la mesure des rendements privés des activités de R&D, celle de ses rendements sociaux.

Les mesures des externalités de recherche et du taux de rendement social de la R&D

A côté de la mesure du taux de rendement privé, la littérature économétrique s'est également abondamment penchée sur le rôle joué par les externalités de recherche et sur la mesure du taux de rendement social de la R&D. Nous rappelons que les externalités de recherche, qu'il s'agisse, selon la distinction de Griliches (1979, *ibid*), d'externalités de connaissances (*knowledge spillovers*) ou d'externalités de marché (*rent spillovers*), ont pour effet de conduire à des rendements sociaux de la recherche supérieurs à la mesure de ses rendements privés. Quel que soit le concept d'externalité considéré, l'idée commune est la distinction entre la R&D qui est « exécutée » et la R&D qui est « acquise », ou dit autrement, entre les connaissances « internes » et les connaissances « externes », ou encore entre le stock de R&D « propre » et le stock de R&D « externe ».

Le stock de R&D « externe » se mesure habituellement comme une somme pondérée des stocks de R&D extérieurs à l'entreprise, au secteur ou au pays considéré dans l'analyse, comme dans l'équation suivante :

$$(8) \quad S_{it} = \sum_{j \neq i} \omega_{ji} \cdot R_{jt}$$

où les poids ω_{ji} sont des paramètres de « diffusion » proportionnels à quelque mesure de proximité entre les entreprises, les secteurs ou les pays i , qui reçoivent les externalités, et les entreprises, les secteurs ou les pays j , qui les émettent. La façon de construire ces « poids » a pris des formes variées dans la littérature, en fonction de la nature des externalités à mesurer et des méthodologies disponibles. Pour les externalités de marché, qui transitent par des transactions pécuniaires, le plus naturel a été ainsi d'utiliser des métriques basées sur des mesures de transaction, comme dans l'étude originale de Terleckyj (1980) qui utilise comme poids les coefficients des matrices d'échanges interindustriels. La mesure des externalités de connaissances est plus problématique. Il ne s'agit plus d'externalité « verticales » incorporées aux biens, comme entre industries aéronautiques et compagnie aériennes, ou entre l'industrie informatique et l'industrie bancaire, mais d'externalités « horizontales » désincorporées. Cette fois, la méthodologie la plus utilisée a consisté à construire des matrices mesurant la « proximité » entre les activités d'innovations des entreprises des différents secteurs et des différents pays, comme l'a proposé pour la première fois Jaffe (1986). Les études les plus récentes utilisent aujourd'hui les techniques de citations de brevets qui se sont développées à la fin des années 80 avec l'essor de l'informatique, permettant, comme l'explique Trajtenberg (2001), de retracer les externalités de connaissance rattachées à chaque brevet dans les dimensions intra sectorielle, intersectorielle et internationale en même temps. Les techniques de citation de brevets permettent également, à la suite des travaux de Scherer (1982), de construire des matrices de « transferts technologiques », où les poids retracent cette fois les transferts de connaissances entre les secteurs qui réalisent les investissements dans la recherche et développent les nouvelles technologies, et ceux qui les utilisent. Nous voyons que cette dernière forme de matrices, qui retracent les transferts de technologies entre secteurs, comme les matrices d'échanges interindustriels, mais également les échanges de connaissances entre entreprises, comme les matrices de proximité technologique, représente une forme intermédiaire qui peut être intéressante dans la mesure où si les deux types d'externalités, de marché et de connaissance, sont bien distinctes conceptuellement, elle sont le plus souvent très difficiles à séparer empiriquement. Les externalités de marché et de connaissance sont en effet pour une large part concomitantes, comme dans l'industrie informatique qui achète une part importante de ses intrants à l'industrie électronique et peut également, ce faisant, empruntant une part important de ses idées à cette dernière, à l'image de l'industrie pharmaceutique avec l'industrie chimique.

Pour en venir maintenant à la mesure de la contribution des externalités de recherche à la croissance de la productivité des entreprises, des secteurs ou des pays, l'approche la plus couramment utilisée a encore une fois été d'introduire ce dernier dans la fonction de production néoclassique :

$$(9) \quad Y_t = C \cdot K_t^{\alpha_k} \cdot L_t^{\alpha_l} \cdot R_t^{\alpha_r} \cdot S_t^{\alpha_s} \cdot e^{\theta_t \cdot t}$$

avec comme précédemment (équation 2) C le paramètre d'échelle, Y_t la variable mesurant le niveau d'activité, K_t le stock de capital physique, L_t la quantité de travail utilisée, R_t , le stock de recherche, et $e^{\theta_t \cdot t}$ la tendance de progrès technique exogène. La nouveauté vient de l'introduction de la variable S_t dans l'équation (9), construite d'après l'équation (8) ci-dessus, et dont les poids sont obtenus à partir de matrices de transaction, de proximité technologique ou de transferts technologiques. De la même façon que l'élasticité α_r mesure la contribution productive du « stock de R&D propre », l'estimation économétrique de l'élasticité α_s va permettre de mesurer la contribution productive du « stock de R&D externe ». Puis de la même manière que l'on déduit de la valeur de l'élasticité α_r les taux de rendements privés brut et net des investissements dans la recherche, par les équations (5) et (6) ci-dessus, l'estimation de l'élasticité α_s va nous permettre de calculer similairement son taux de rendement social. On peut ainsi définir le taux de rendement social net des investissements dans la recherche, ρR_t^S , en ajoutant au rendement privé (le bénéfice revenant sous la forme d'une augmentation de sa TFP ou de sa production, $\frac{\partial Y_{it}}{\partial R_{it}}$, à l'entreprise, au secteur ou au pays i qui accroît son investissement dans la recherche) la somme des rendements pour tous les receveurs des externalités que cet investissement va engendrer ($\sum_{j \neq i} \frac{\partial Y_{jt}}{\partial S_{jt}} \cdot \frac{\partial S_{jt}}{\partial R_{jt}}$). En prenant également en compte le taux de dépréciation de la R&D, δ_{ri} , on obtient finalement :

$$(10) \quad \rho R_t^S = \frac{\partial Y_{it}}{\partial R_{it}} + \sum_{j \neq i} \frac{\partial Y_{jt}}{\partial S_{jt}} \cdot \frac{\partial S_{jt}}{\partial R_{jt}} - \delta_{ri}$$

ce qui peut s'écrire également (en fonction des paramètres α) :

$$(11) \quad \rho R_t^S = \alpha_{ri} \cdot \frac{Y_{it}}{R_{it}} + \sum_{j \neq i} \alpha_{sj} \cdot \frac{R_{jt}}{S_{jt}} - \delta_{ri}$$

Ces définitions posées, nous voyons que le taux de rendement social qui est mesuré augmente avec le nombre de receveurs potentiels d'externalités (le nombre d'entreprises, de secteurs, de pays) qui est considéré, comme c'est apparent dans le Tableau 1 qui résume à titre illustratif les résultats d'études qui estiment à la fois les taux de rendements de la « R&D propre » et de la « R&D externe » - comme par l'équation (9) ci-dessus. Dans le tableau, les deux taux de rendement varient également de façon très importante selon les études. Le taux de rendement de la R&D propre est estimé dans un intervalle entre 7 % et 56 %, mais centré entre 10 % et 20 % dans la plupart des études, avec une moyenne de

28 %. Pour la R&D externe, comme nous l'avions annoncé les taux de rendement dépassent le plus souvent les taux de rendement privé de 50 % ou 100 %. Ils s'élèvent en moyenne à 45 % pour les 12 études considérées dans le tableau, soit 1,6 fois plus que le taux de rendement privé moyen. La méta-analyse de Donsellar et Koopmans (2016, *ibid*) qui compare les élasticités de l'activité à la R&D propre et à la R&D externe de 38 études au niveau « micro », « meso » et « macro », avec 1214 élasticités estimées, fournit des résultats similaires, avec une élasticité moyenne mesurée à 0,11 pour la R&D propre, et à 0,2 pour la R&D externe. Wieser (2005) qui analyse les résultats de plus de 50 études au niveau micro obtient également une valeur moyenne de 28 % pour le taux de rendement privé, et de 0,13 pour l'élasticité de l'activité à la R&D propre. Les taux de rendement et les élasticités qu'il obtient pour la R&D externe sont également, en moyenne, 50 % à 100 % supérieurs que pour la R&D propre, conduisant à des taux de rendement sociaux moyens des investissements dans la recherche¹⁸ (en additionnant les taux de rendements de la R&D propre et de la R&D externe) de l'ordre de « 90-100 % ».

Tableau 1 : Résumé des résultats d'études estimant à la fois les taux de rendement privé et sociaux de la recherche

<i>Étude</i>	<i>Échantillon</i>	<i>Période</i>	<i>Mesure des externalités</i>	<i>Taux de rendement de la R&D propre</i>	<i>Taux de rendement de la R&D externe</i>
Griliches-Lichtenberg (1984)	US, 193 ent. Indus.	1959-78	Flux technol.	11 % to 31 % (8 %)	50 % to 90 % (36 %)
Sterlacchini (1989)	UK, 15 ent. Indus.	1960-77	Transactions inter-indus. Flux d'innovations	12 % to 20 %	19 % to 20 % 15 % to 35 %
Goto-Suzuki (1989)	Japon, 50 ent. Indus.	1978-83	Transactions inter-indus.	26 %	80 %

¹⁸ Cette mesure du taux de rendement social de la recherche, en additionnant les taux de rendement de la R&D propre et de la R&D externe, reste ainsi une approximation du « vrai » taux de rendement social dont la définition est donnée par les équations (10) et (11).

Bernstein (1989)	Canada, 11 ent. Indus.	1963-83	Stocks de R&D des autres secteurs (pas de matrices)	24 % to 47 %	29 % to 94 % (social)
Bernstein-Nadiri (1989)	US, 4 industries	1965-78	Stocks de R&D des autres secteurs (pas de matrices)	7 %	9 % to 13 %
Mohnen-Lepine (1991)	Canada, 12 industries	1975, 77, 79, 81-83	Flux technol.	56 % (5 % to 275 %)	30 % (2 % to 90 %)
Wolff-Nadiri (1993)	US, 19 industries	1947, 58, 63, 67, 72, 77	Transactions inter-indus. (biens d'invest.)	11 % 11 %	14 % 0 %
Wolff-Nadiri (1993)	US, 50 industries	1947, 58, 63, 67, 72, 77	Transactions inter-indus. (biens d'invest.)	19 % 19 %	8 % 9 %
Bernstein-Yan (1997)	Canada and Japan, 10 industries	1964-82	Stocks de R&D des autres secteurs (pas de matrices)	17 % (Canada) 17 % (Japan)	62 % to 183 % (Canada) 9 % to 56 % (Japan)
Bernstein (1998)	Canada and US, 11 industries	1962-89	Stocks de R&D des autres secteurs (pas de matrices)	16 % (US) 13 % (Canada)	28 % to 167 % (US) 19 % to 145 % (Japan)
Bernstein-Mohnen (1998)	Canada and Japan, 11 industries	1962-86	Stocks de R&D des autres	44 % (US)	47 % (US)

			secteurs (pas de matrices)	47 % (Japan)	0 % (Japan)
Griffith-Redding-van Reenen (2004)	OECD, 12 industries, 12 countries	1974-90	Écart à la frontière technologique par industrie (pas de matrices)	47 % to 67 %	57 % to 105 %
Les 12 études	-	-	-	28 %	45 %

C'est ainsi à l'aune de ces taux de rendements sociaux moyens de la littérature économétrique sur la R&D qu'il convient d'apprécier ceux qui sont estimés dans cette étude pour les fonds publics distribués après 2007 au titre du renforcement du dispositif du CIR.

2.3. L'efficacité de l'action publique dans les nouvelles théories de la croissance

Au plan théorique, le rôle majeur des externalités de connaissance dans le processus de croissance, qu'a mis en évidence la littérature économétrique sur la R&D, a conduit en quelques années, entre la deuxième moitié des années 1980 et la fin des années 1990, à de profondes modifications du modèle de croissance néo-classique hérité du modèle initial de Solow (1956, *ibid*) et de Swan (1956, *ibid*), connues sous le nom des Nouvelles théories de la croissance (NTC).

La principale différence entre les NTC par rapport au consensus néo-classique qui s'était établi précédemment dans les années 1960 avec le modèle RCK¹⁹, vient du rôle que les différents auteurs ont attribué à l'investissement et aux externalités comme source de la croissance. Cette divergence a par exemple été au cœur de la polémique qui a opposé en juin 1996 Dale Jorgenson, un ardent défenseur du modèle RCK, à Gene Grossman, un éminent représentant des NTC, à l'occasion d'une

¹⁹ Le modèle RCK fait référence à Ramsey (1928), Cass (1965) et Koopmans (1965), qui d'après la formulation originale de Ramsey (1928, *ibid*), on introduit dans le modèle de croissance néo-classique initial de Solow-Swan, des décisions de consommation et d'épargne endogènes avec anticipations parfaites, alors que le taux d'épargne était initialement exogène dans le modèle. La conséquence a été de faire correspondre le modèle ainsi complété avec l'équilibre général et, en l'absence de défaillances de marché dans le modèle, avec l'optimum social de Pareto auquel conduit les décisions décentralisées des agents dans ce cadre conceptuel.

conférence organisée par le Banque fédérale de Boston, sur le thème de la technologie et de la croissance²⁰.

Ainsi pour Dale Jorgenson (1996), le modèle RCK est très efficace pour analyser des sentiers de croissance à taux constant, à l'image des faits stylisés qu'avait décrit Kuznets (1971) pour les États-Unis et les économies avancées. La contribution du résidu de Solow à la croissance dans le modèle, qui regroupe tous les facteurs exogènes qui influencent la productivité, comme les externalités technologiques, est ainsi passée de 87,5 % en 1956, quand Solow écrivait son article, à moins de 17 % en 1996, en raison des améliorations qui ont été introduites en comptabilité de la croissance pour mieux mesurer les améliorations qualitatives des biens capitaux et de la main-d'œuvre utilisés dans la production. Ainsi, pour Jorgenson, ces développements méthodologiques ont permis de gommer, ou tout au moins de réduire, les différences existant entre les modèles RCK et NTC : « L'accumulation du capital physique et du capital humain, correctement mesurées, restent les principaux déterminants de la croissance économique, et heureusement, un nouveau consensus empirique, sur la croissance, ne requerrait qu'une réinterprétation relativement modeste du cadre néoclassique établi par Solow (1956, *ibid*, 1970, 1988), Cass (1965, *ibid*) et Koopmans (1965, *ibid*) », (Jorgenson, 1996, *ibid*).

Mais pour Gene Grossman, Jorgenson rend la question confuse en assimilant ainsi les « sources de la croissance » avec l'« endogénéisation de la croissance ». Ainsi, « Une procédure comptable qui attribue la croissance de l'activité à l'investissement n'a pas endogénéisé la croissance, à moins que les facteurs qui provoquent les incitations à l'investissement ne soient eux-mêmes expliqués », (Gene Grossman, 1996). Bien au contraire de la position de Dale Jorgenson, pour Gene Grossman, « Le modèle néo-classique de croissance avec ses hypothèses « inhérentes » de rendements d'échelle constants et de concurrence pure et parfaite, est inadapté pour étudier l'innovation. Les investissements dans la connaissance sont des investissements irrécupérables qui impliquent naturellement des rendements d'échelle croissants dans la production. Les entreprises récupèrent ces coûts fixes en chargeant des prix supérieurs aux coûts marginaux de production. « Ainsi, il n'existe que peu de choix à part étudier l'innovation dans une cadre permettant de la concurrence imparfaite, en dépit des ambiguïtés que cela suppose pour la conduite de la politique économique », (Gene Grossman, 1996, *ibid*).

La spécificité de la connaissance, comparée aux autres biens économiques est en effet liée à l'existence des rendements d'échelle importants que provoquent les investissements dans la connaissance, avec pour conséquence directe la création de rentes de monopoles. La concurrence n'est désormais plus entre des entreprises produisant des biens homogènes aux caractéristiques identiques, mais entre

²⁰ « Technology and Growth ».

entreprises produisant des biens différenciés et se faisant concurrence pour des rentes de monopole. La spécificité de la connaissance est également qu'elle a les caractéristiques d'un bien public. Il est coûteux de produire de nouvelles connaissances, mais une fois produites elles peuvent être réutilisées indéfiniment à coût marginal nul. L'accumulation des connaissances est potentiellement illimitée, conduisant à une succession de nouveaux produits et services, de nouveaux procédés de fabrication et formes d'organisation, avec également de nouveaux monopoles succédant aux anciens en raison de la concurrence et de la destruction créatrice. Il y a encore de la concurrence, mais ce n'est plus celle qui prévaut dans la représentation de la croissance de Solow.

Les défis et les implications que les externalités de connaissance posent à la représentation théorique de la croissance sont ainsi nombreux. Dans le modèle RCK, la croissance du produit par tête est stoppée à terme par la loi des rendements décroissants du capital qui conduit à une augmentation des coûts de production marginaux et à l'arrêt de l'accumulation du capital. La solution imaginée par Solow (1956, *ibid*) et Swan (1956, *ibid*) a été d'introduire du progrès technique exogène dans le modèle, une solution qui présente l'avantage, en commun avec la loi des rendements marginaux décroissants sur les facteurs de production ordinaires, d'assurer un équilibre unique et stable, et un taux de croissance constant du produit par tête. Mais en excluant de l'analyse le processus qui génère le progrès technique, le modèle a cependant très peu à nous apprendre sur les forces économiques à la source de la croissance.

Pour réformer ce modèle RCK l'approche suivie par les NTC a ainsi été d'endogénéiser le progrès technique. Sans entrer ici dans le détail des différents modèles, nous nous contenterons de montrer comment chaque modèle améliore, complète ou généralise les autres. Nous centrerons également la présentation sur un ensemble de deux équations, que comme Romer (1986) nous appelons les fonctions $F(\cdot)$ et $G(\cdot)$, qui sont suffisantes pour résumer et comparer les propriétés de croissance endogène des différents modèles. Ainsi, dans ce cadre $F(\cdot)$ est la fonction de production du bien final, qui a, dans les différents modèle, la forme générique suivante :

$$(12) \quad Y_t = F(A_t, X_t),$$

avec X_t , un agrégat regroupant les facteur de production traditionnels utilisés pour la production – le travail et la capital dans le modèle RCK -, et A_t le stock de connaissances utilisé pour produire, et qui est à la source des rendements croissants – comme le rôle joué par la tendance de progrès technique exogène dans le modèle de Solow.

On a le plus souvent :

$$(13) \quad Y_t = A_t \cdot X_t$$

et la fonction de production des connaissances a elle-même la forme générique suivante :

$$(14) \quad \Delta A_t = G(A_{t-1}, R_t),$$

où R représente les ressources qui sont investies dans la recherche, et A l'externalité intertemporelle de connaissances qui pousse la productivité de la recherche à la hausse. La combinaison des équations $F(\cdot)$ et $G(\cdot)$ détermine ainsi la relation entre l'effort de recherche, les innovations et la croissance du produit par tête dans l'économie. Les différents modèles de croissance, en incluant les modèles RCK, diffèrent finalement sur la façon dont ils spécifient les fonctions $F(\cdot)$ et $G(\cdot)$, ou sur la façon dont ils construisent la variable A . Pour les modèles NTC, comme nous le verrons, ce qu'ils ont en commun est d'introduire des fondements micro-économiques rigoureux pour endogénéiser le taux de croissance du progrès technique dans le modèle RCK, en redécoupant (généralement) les activités de production et d'innovation en trois secteurs distincts : (1) le secteur de la recherche, avec libre entrée et concurrence pure et parfaite, qui a pour rôle de produire les nouvelles connaissances ou idées ; (2) un secteur de biens intermédiaires en compétition monopolistique, qui introduit les innovations sur le marché, en exploitant commercialement les nouvelles idées produites par le secteur de la recherche ; (3) le secteur produisant le bien final, en concurrence pure et parfaite, qui utilise les nouveaux biens intermédiaires pour accroître sa productivité. Comme nous allons le voir, plusieurs générations et catégories de modèles se sont alors développées différant principalement sur la représentation « endogène » ou seulement « semi-endogène » de la croissance qu'ils retiennent, c'est-à-dire sur la possibilité des politiques de soutien à la R&I d'influencer de façon permanente, dans le cas de croissance endogène, ou seulement transitoire, dans le cas de la croissance semi-endogène, sur le taux de croissance de l'économie. Et c'est également dans une large mesure en fonction de cette opposition entre représentation endogène ou semi-endogène de la croissance que se distinguent les principaux modèles de macro-simulation, comme le modèle NEMESIS, qui sont utilisés par la Commission européenne pour l'évaluation de ses politiques de R&I.

La première génération de modèles NTC

Après des travaux pionniers de Romer (1986) et Lucas (1986) mais qui restaient des modèles à un bien et à un secteur en concurrence pure et parfaite, les véritables modèles précurseurs des NTC ont été introduit entre 1990 et 1992 par Romer (1990), Grossman et Helpman (1991) et Aghion et Howitt (1992). Ce que ces modèles avaient en commun, comme l'explique par exemple Verspagen (1992), a été d'introduire dans l'analyse une distinction claire entre les connaissances scientifiques et techniques « générales » d'un côté, et les inventions ou les « innovations technologiques » de l'autre. Les « connaissances générales », qui ne sont pas appropriables par les entreprises ou les personnes appartenant au secteur de la recherche et sont accessibles à tous, peuvent être assimilées à un produit-

joint de l'activité d'innovation. Au contraire, les inventions ou les innovations représentent des « connaissances spécifiques » résultant des investissements dans la recherche, qui peuvent être totalement appropriées, au moyen par exemple d'un brevet à durée de vie infinie,²¹ le propriétaire du brevet devenant un monopoleur, ou un oligopoleur, en fonction du type d'innovation ou de la structure de marché. « Ainsi, le problème du manque d'incitations pour produire du changement technique en présence de caractéristiques de bien public est résolu en faisant la distinction entre les connaissances technologiques générales (non appropriables) et les connaissances technologiques spécifiques (appropriables) » (Verspagen, 1992, *ibid*).

On distingue parmi cette première génération de modèles deux groupes qui se distinguent selon le type d'innovation qui y est représenté.

Il y a tout d'abord le modèle de différenciation horizontale introduit par Romer (1990, *ibid*), où les innovations reflètent l'introduction de nouvelles variétés de biens durables (ou capital) sur le marché. Dans ce modèle le taux de croissance de long terme de l'économie est soutenu par l'augmentation du nombre de biens intermédiaires disponibles pour produire le bien final. L'entreprise représentative qui produit le bien final a pour fonction de production :

$$(15) \quad Y_t = L_{Y_t}^\alpha \cdot \sum_{i=1}^{A_t} x_{it}^{1-\alpha}$$

avec L_{Y_t} la quantité de travail utilisée, A_t , le nombre de biens intermédiaires disponibles à la date t , et x_{it} , la quantité du bien durable i qui est utilisée. On voit que la fonction de production du bien final est de type Cobb-Douglas comme dans le modèle de Solow, avec cette spécificité que le stock de capital, $K_t = \sum_{i=1}^{A_t} x_{it}$, est la somme directe des quantités de biens intermédiaires qui sont utilisés. Comme dans le secteur intermédiaire z_t unités de bien final sont nécessaires pour produire x_{it} unités du bien durable i :

$$(16) \quad x_{it} = \eta \cdot z_t$$

avec η un paramètre de productivité positif, et comme à l'équilibre symétrique la quantité de chaque bien durable qui est produite est identique, $x_{it} = x$, on peut après avoir exprimé x en fonction du stock de capital agrégé ($x = \frac{K_t}{\eta \cdot A_t}$), réécrire la fonction de production du bien final de la façon suivante :

²¹ C'est une simplification que retiennent souvent par simplifications les modèles théoriques sur la croissance endogènes, même si en réalité les brevets ont une durée de vie finie.

$$(17) \quad Y_t = F(A_t, L_{Y_t}, K_t) = A_t^\alpha \cdot L_{Y_t}^\alpha \cdot K_t^{1-\alpha} \cdot \eta^{\alpha-1}.$$

Nous voyons, comme l'explique Romer (1990, *ibid*) que le modèle se comporte exactement comme le modèle néoclassique de Solow où le progrès technique exogène augmente proportionnellement la productivité du travail et celle du capital. La principale différence est que cette fois le progrès technique est endogène dans le modèle et résulte de l'invention de nouveaux biens intermédiaires par le secteur de la recherche où le nombre de nouveaux biens intermédiaire qui est inventé à chaque période, ΔA_t , est supposé proportionnel au nombre total de personnes qui s'engagent dans les activités de recherche, L_{A_t} , c'est-à-dire à la dépense de recherche agrégée de l'économie. Nous avons :

$$(18) \quad \Delta A_t = G(A_{t-1}, L_{A_t}) = \delta \cdot A_{t-1} \cdot L_{A_t},$$

avec $\delta > 0$ un paramètre de productivité. La productivité de la recherche, $\delta \cdot A_{t-1}$, est poussée vers le haut par le nombre de nouvelles variétés de biens intermédiaires inventées par le passé, qui agit comme une externalité intertemporelle positive traduisant le caractère non rival et non exclusif des connaissances qui sont créées. Comme l'exprime Romer (1990, *ibid*) dans son article, « c'est précisément cette linéarité en A qui rend possible la croissance illimitée, et en ce sens, la croissance illimitée ressort plus comme une hypothèse que comme un résultat du modèle ». En effet, par l'équation (18), le taux de croissance du progrès technique, $\frac{\Delta A_t}{A_{t-1}}$, est proportionnel au nombre de personnes engagées dans le secteur de la recherche :

$$(19) \quad \frac{\Delta A_t}{A_{t-1}} = \delta \cdot L_{A_t},$$

et par l'équation (17), à l'équilibre, lorsque toutes les variables du modèle évoluent au même taux, le taux de croissance du produit par tête est lui-même égal au taux de croissance du progrès technique, c'est-à-dire au taux de croissance du nombre de biens intermédiaires :

$$(20) \quad \frac{\Delta Y_t}{Y_{t-1}} = \frac{\Delta A_t}{A_{t-1}} = \delta \cdot L_{A_t}.$$

Enfin dans le modèle, le processus d'innovation est supposé déterministe ce qui permet d'assurer qu'une proportion constante de nouvelles variétés de biens intermédiaires sera découverte à chaque période, à condition également (comme le suppose Romer) que les quantités totales de travail employées dans la recherche (L_{A_t}) et dans l'économie ($L_{Y_t} + L_{A_t} = \bar{L}$), soit elles-mêmes constantes (\bar{L}).

Le deuxième groupe de modèles de première génération est le modèle Schumpétérien d'« échelle de qualité » développé par Grossman et Helpman (1991, *ibid*) et Aghion et Howitt (1992, *ibid*), où cette

fois les innovations prennent la forme d'une amélioration graduelle de la qualité d'un nombre fixé d'anciens produits. Dans le cas par exemple du modèle d'Aghion et Howitt (1992, *ibid*), la fonction de production de l'entreprise représentative produisant le bien final est maintenant :

$$(21) \quad Y_t = L_{Y_t}^\alpha \cdot \sum_{i=1}^{\bar{N}} A_{it} \cdot x_{it}^{1-\alpha}.$$

La principale différence avec la spécification utilisée dans le modèle de Romer (1990, *ibid*) est ainsi que le nombre de biens intermédiaires existants, \bar{N} , est fixe, et qu'à chaque « génération » de bien intermédiaire, x_{it} , est maintenant rattaché un niveau spécifique de productivité, ou de qualité, A_{it} . Dans le secteur de la recherche, la mission des chercheurs est ici d'améliorer la productivité (ou la qualité) des dernières générations de biens intermédiaires d'un incrément fixe $\gamma > 0$. Il y a autant de secteurs de recherche que de biens intermédiaires. La recherche est cette fois un processus stochastique et à chaque période le bien intermédiaire i a une probabilité (loi de Poisson)

$$(22) \quad \mu_{it} = \delta \cdot A_{t-1} \cdot L_{A_{it}}$$

d'être amélioré d'un facteur γ , avec δ un paramètre positif. Nous voyons que la probabilité d'innover dans un secteur i est une fonction croissante des ressources dépensées dans la recherche, c'est-à-dire du nombre de chercheurs dans le secteur : $L_{A_{it}}$. C'est également une fonction croissante de l'accumulation des connaissances « générale », A_{t-1} , qui joue comme dans le modèle précédent de Romer le rôle d'une externalité intertemporelle positive qui accroît la productivité de la recherche. La différence est que la variable A_{t-1} mesure cette fois la qualité « moyenne » atteinte par tous les biens intermédiaires qui sont produits :

$$(23) \quad A_{t-1} = \sum_{i=1}^{\bar{N}} A_{it-1}$$

Comme le nombre de biens intermédiaires est supposé suffisamment grand pour que la loi des grands nombres s'applique, la proportion de secteurs qui vont innover à chaque période est donnée par :

$$(24) \quad \mu_t = \delta \cdot A_{t-1} \cdot L_{A_t}$$

avec $L_{A_t} = \sum_{i=1}^{\bar{N}} L_{A_{it}}$ le nombre total de personnes travaillant dans la recherche à la date t . On déduit de ce résultat l'expression du taux de croissance moyen de la qualité des biens intermédiaires à la date t :

$$(25) \quad \frac{\Delta A_t}{A_{t-1}} = \mu_t \cdot (\gamma - 1)$$

qui est comme attendu une fonction croissante de taille de l'incrément de « qualité », ($\gamma > 1$), et de la probabilité moyenne d'innover, μ_t . En combinant les équations (24) et (25) on obtient l'expression de l'évolution de la qualité moyenne des biens durables à la période t :

$$(26) \Delta A_t = G(A_{t-1}, L_{A_t}) = \delta \cdot (\gamma - 1) \cdot A_{t-1} \cdot L_{A_t},$$

qui est totalement analogue avec l'équation d'évolution du nombre de biens intermédiaire (équation 18) dans le modèle de Romer (1986, *ibid*). Ainsi, alors que la recherche est un processus stochastique au niveau d'un secteur dans le modèle d'échelle de qualité, elle devient un processus déterministe au niveau agrégé, comme dans le modèle de variété de Romer.

Dans le secteur qui produit les biens intermédiaires, comme dans le modèle de Romer, z_t unités de bien final sont nécessaires pour produire x_{it} unités du bien durable i . Le stock de capital agrégé de l'économie s'exprime cette fois $K_t = \eta \cdot x \cdot \bar{N} \cdot Q_t$ et la fonction de production du bien final peut se réécrire :

$$(27) Y_t = F(A_t, L_{Y_t}, K_t) = A_t^\alpha \cdot L_{Y_t}^\alpha \cdot K_t^{1-\alpha} \cdot \eta^{\alpha-1}.$$

soit une expression totalement identique à celle du modèle précédent (équation 17).

Comme nous l'annonçons, les deux modèles possèdent des formes réduites identiques, en termes de fonctions $F(\cdot)$ et $G(\cdot)$. La différence est que le taux de croissance des innovations, $g = \frac{\Delta A_t}{A_{t-1}}$, mesure la croissance de la qualité moyenne des biens intermédiaires qui sont produits dans le modèle d'échelle de qualité, et non pas la croissance du nombre de nouveaux biens intermédiaires, comme dans le modèle de variété. Les deux modèles diffèrent et se complètent ainsi sur le type d'innovations qu'ils représentent. Mais ils diffèrent et se complètent également sur le type de compétition qu'ils décrivent. En effet, dans le modèle de variété, un nouveau monopole est créé à chaque fois qu'une nouvelle variété de produit est introduite, et les anciens monopoles ne sont pas remplacés par les nouveaux. Au contraire, dans le modèle d'échelle de qualité, les nouveaux monopoles qui produisent les dernières générations de biens, remplacent les monopoles qui produisaient les biens de génération précédente. La compétition est cette fois basée sur le concept de « destruction créatrice » introduit par Schumpeter (1942), et sur la « rotation » permanente des entreprises. Cet effet de destruction créatrice implique ainsi que trop de ressources peuvent être investies dans la recherche par rapport à ce qui serait socialement optimal. Au contraire, dans le modèle de différenciation horizontale, où seule l'externalité intertemporelle positive de connaissances est présente, le niveau des ressources qui est spontanément investi dans la recherche sera toujours insuffisant pour atteindre l'optimum social. Finalement, dans les deux cas, comme il y a des distorsions de monopole, rien n'assure que le marché

seul livrera un système de prix efficace. Mais la possibilité d'une croissance presque illimitée, répondant à des incitations publiques et de marché, est bien présente.

La critique de Jones de l'« effet d'échelle » et la seconde génération de modèles NTC

Cette conclusion optimiste des modèles NTC de première génération sur la possibilité d'une croissance illimitée qui puisse être influencée par des politiques adaptées de soutien aux activités de R&I a été fortement critiquée par Jones (1995a, 1995b) dans deux articles de 1995. Dans ces modèles, comme c'est apparent dans l'équation (20) ci-dessus, le taux de croissance du progrès technique et du produit par tête dans un pays donné est proportionnel à la taille de la population (effet d'échelle) avec cette implication immédiate que les pays avec les dotations les plus importantes en capital humain, devraient avoir une croissance par tête également plus importante. De plus, comme dans la plupart des pays, la population et le nombre de personnes éduquées a augmenté de façon importante au cours des dernières décennies, il aurait dû en résulter une accélération du taux de croissance. Or, pour Jones, les deux principales caractéristiques de ces modèles, (1) que le taux de croissance de long terme augmente avec la taille de la population, et (2) qu'il puisse être influencé par des incitations de politique économique, sont toutes deux en contradiction avec les statistiques historiques sur les pays industrialisés et en développement.

Pour commencer par l'« effet d'échelle », Jones (1995a, *ibid*) observe que dans le cas des États-Unis, le taux de croissance du PIB par tête sur plus d'un siècle, entre 1880 et 1987, est resté très stable, autour de 1,8% par an. Au cours de la même période « (...) le nombre de scientifiques et d'ingénieurs employés dans les activités de R&D aux États-Unis a cru depuis moins de 200 000 à plus de 1 million, une augmentation de plus de 5 fois (...) » or aucune accélération de la croissance de la productivité n'est observable. Ainsi pour Jones l'« équation de R&D » au centre des modèles NTC de première génération « viole le test des séries statistiques », et ceci est valable également pour les principaux autres pays de l'OCDE, comme la France, l'Italie ou le Japon. La seconde part de la critique de Jones sur la prédiction de ces modèles que le taux de croissance de long terme de l'économie puisse être influencé par la politique économique, repose également sur une analyse scrupuleuse des statistiques historiques. Jones n'identifie pas moins de dix déterminants potentiels de la croissance de long terme comme les taux d'investissements dans le capital physique et humain, les parts à l'exportation, la force des droits de propriétés, la consommation publique, la croissance de la population, et la pression de la régulation. Jones montre que toutes ces variables ont enregistré des mouvements importants dans les pays de l'OCDE depuis la seconde guerre mondiale, généralement dans le sens d'une augmentation, mais aucune augmentation similaire du taux de croissance par tête ne peut être observé dans les pays de l'OCDE sur la même période. Cela contredit la prédiction des modèles NTC de première génération

et pour Jones « Deux possibilités sont suggérées : ou bien par quelque coïncidence stupéfiante tous les mouvements dans les variables qui peuvent avoir des effets permanents sur la croissance ont été compensés, ou la caractéristique principale des modèles de croissance endogène, que des changements permanents dans les variables de politique économique ont des effets permanents sur les taux de croissance est trompeuse ».

Cette critique de Jones de la première génération de modèles de croissance endogène a été très influente et a conduit au développement d'une seconde génération de modèles, qui a étendu la première génération de façon en supprimer l'« effet d'échelle ». Deux courants de la littérature se sont développés presque en même temps.

Le premier, introduit par Jones (1995b, *ibid*) dans son second article de 1995, étend le modèle de variété de Romer (1990, *ibid*) pour former une première classe de modèles de « seconde génération » que Jones a appelé « semi-endogène ». Dans le modèle, la suppression de l'effet d'échelle conduit à la propriété que le modèle devient invariant à la politique économique dans le long terme. Pour cela Jones commence par rappeler la source de l'« effet d'échelle » dans le modèle de Romer provient de la fonction $G(\cdot)$ pour l'innovation, qui implique que le taux de croissance des innovation et de la PTF, $g = \frac{\Delta A_t}{A_{t-1}}$, est proportionnel au nombre total de personnes qui ont rejoint le secteur de la recherche. Ainsi, si la population augmente au taux constant exogène n , et si la part des personnes employées dans la recherche reste constante, le taux de croissance du produit par tête à long terme devrait croître, par la fonction $G(\cdot)$, par un facteur $1 + n$ chaque année, conduisant à des taux de croissance explosifs. Pour supprimer cet effet d'échelle dans le modèle, Jones réécrit la fonction $G(\cdot)$ de la façon suivante :

$$(28) \Delta A_t = G(A_{t-1}, L_{A_t}) = \delta \cdot A_{t-1}^\phi \cdot L_{A_t}^\lambda,$$

qui introduit deux nouveautés par rapport au modèle initial de Romer (équation 18).

La première et la plus important est l'introduction du paramètre ϕ . Comme l'explique Jones page 765 de son article « Dans cette équation $\phi < 1$ correspond au cas connu dans la littérature sur la productivité sous le nom de « fishing-out », dans lequel le taux d'innovation décroît avec le niveau des connaissances ; $\phi > 1$ correspond au cas de rendements externes positifs ; la valeur $\phi = 1$ correspond au cas de référence habituel de rendements d'échelle constants (sur les rendements externes) dans lequel le taux d'arrivée des nouvelles idées est indépendants du stock de connaissances ».

La deuxième est la présence du paramètre λ , avec par hypothèse $0 < \lambda < 1$, qui introduit la possibilité, qu'il appelle « *stepping on toes effect* », qu'à une période donnée « (...) la duplication et le

recouvrement des programmes de recherche réduit le nombre d'innovations produites par L_{A_t} unités de travail ».

On voit que le cas $\phi = 1$ et $\lambda = 1$ nous renvoie au modèle initial des modèle NTC de première génération. Tandis que le choix retenu pour la valeur de λ n'a pas de conséquences sur la nature « endogène » ou « semi-endogène » de la croissance dans le modèle, le choix $\phi = 1$ dans les modèles de Romer (1990, *ibid*) ou de Aghion et Howitt (1992, *ibid*) est pour Jones totalement arbitraire et, comme nous l'avons vu, incompatible avec les données statistiques historiques des pays industrialisés. Ce cas représente une hypothèse arbitraire de « fil du rasoir » où les externalités positives générées par les connaissances accumulées au niveau collectif sont supposées compenser exactement la baisse des rendements marginaux du capital au niveau individuel. Le choix $\phi > 1$ conduirait à des taux de croissance explosifs, même pour des valeurs juste au-dessus de 1, et par conséquent Jones centre son attention sur le dernier cas $\phi < 1$ où l'effet de « fishing-out » prédomine. L'expression du taux de croissance du produit par tête dans ce dernier cas s'obtient facilement en reformulant l'équation (28) en termes de taux de croissance des innovations :

$$(29) \frac{\Delta A_t}{A_{t-1}} = \delta \cdot \frac{L_{A_t}^\lambda}{A_{t-1}^{1-\phi}}$$

et comme le taux de croissance des innovations le long d'un sentier de croissance d'état stable est constant, le numérateur et le dénominateur à droite de l'équation (29) doivent croître au même taux ce qui implique finalement:

$$(30) \frac{\Delta A_t}{A_{t-1}} = \frac{\lambda \cdot n}{1-\phi}$$

Ainsi pour Jones, « tous les taux de croissance intéressants dans le modèle » sont ramenés à long terme vers un état stable qui dépend seulement de la croissance de la force de travail (n) et des paramètres ϕ et λ qui déterminent la force des effets externes (et les rendements d'échelle) dans le secteur de la recherche. Jones souligne qu'en supposant $\phi = 1$ comme dans les modèles NTC de première génération, aucun sentier de croissance équilibrée ne peut exister, puisque la croissance de la population conduirait à des taux de croissance explosifs, et que supposer $\phi < 1$ est suffisant pour éliminer cet « effet d'échelle dévastateur », qui est remplacé par « (...) une dépendance intuitive du taux de croissance au taux de croissance de la force de travail plutôt qu'à son niveau » (Jones, 1995b, *ibid*, p. 769).

Mais en supprimant de la sorte l'« effet d'échelle » la conséquence, évidente dans l'équation (30), est qu'à l'état stable le taux de croissance est « invariant » à la politique fiscale du gouvernement, en y

incluant les subventions et les crédits d'impôt à la R&D. Pour mieux analyser cette propriété d'invariance du taux de croissance de long terme à la politique économique, Jones étudie alors comment la dynamique de transition évolue en appliquant un choc exogène de R&D au modèle d'1 % de la force de travail. Il montre que la longueur à mi-parcours de la dynamique de transition de la TFP ($\frac{\Delta A_t}{A_{t-1}}$) est très longue, et qu'elle est encore plus longue pour la productivité du travail (le produit par tête). Pour $\phi = 0$ (absence d'externalités), la durée à mi-parcours est de 35 ans pour la TFP et de 62 ans pour la productivité. Quand ϕ augmente, la durée à mi-parcours s'accroît considérablement et devient infinie quand ϕ approche 1. Elle est respectivement de 69 et 120 ans pour $\phi = 0,5$, de 139 et 242 ans pour $\phi = 0,75$ et de 347 et 674 ans pour $\phi = 0,9$. La longueur de la dynamique de transition conduit ainsi à relativiser considérablement la propriété du modèle d'« invariance à la politique » du taux de croissance de long terme, qui est vite devenu un sujet de controverse.

Un second courant de la littérature a alors cherché à supprimer l'« effet d'échelle » dans les modèles NTC de première génération mais sans supprimer la possibilité pour la politique économique d'influencer le taux de croissance de long terme. L'idée commune à ces modèles a été, à la suite de Young (1998), de permettre au nombre de variétés de produits d'augmenter dans le modèle d'échelle de qualité initial de Grossman-Helpman (1991, *ibid*) et d'Aghion-Howitt (1992, *ibid*). Young (1998, *ibid*) suppose par exemple que le nombre de produits (N_t) augmente proportionnellement à la taille de la population (L_t), et que les innovations horizontales peuvent être obtenues sans investir dans la recherche, par simple imitation, à mesure que la population grandit et que la technologie et les vieux produits se banalisent. Au niveau macroéconomique, la principale conséquence de cette « prolifération des produits » avec la croissance de la population, est que de plus en plus de recherche est nécessaire pour augmenter la qualité moyenne des produits. En effet, comme dans un secteur donné le même montant de recherche que précédemment est nécessaire pour augmenter la qualité d'un produit d'un facteur γ , l'augmentation du nombre de produit provoque une dilution de l'effort de recherche sur un nombre croissant de secteurs. Cela peut être montré en réécrivant la fonction $G(.)$ du modèle initial de la façon suivante :

$$(31) \quad \Delta Q_t = G_Q(Q_{t-1}, L_{A_t}, N_{t-1}) = \delta_Q \cdot \frac{Q_{t-1}}{N_{t-1}} \cdot L_{Q_t} \cdot$$

où ΔQ_t , δ_Q , Q_{t-1} et L_{Q_t} sont respectivement la variation de la qualité moyenne des produits, un paramètre de productivité positif, l'externalité de connaissances intertemporelle et l'investissement total dans la recherche. La nouveauté est la présence la variable N_t au dénominateur, qui agit comme une externalité négative qui décroît la productivité de la recherche à mesure que le nombre de

secteurs dans l'économie prolifère. En posant $N_t = L_t$ le taux de croissance moyen de la qualité des produits l'économie (g_Q) devient :

$$(32) \frac{\Delta Q_t}{Q_{t-1}} = \delta \cdot \frac{L_{Q_t}}{L_t}$$

qui est cette fois proportionnel au taux d'investissement dans la recherche, mesuré par la proportion de la force de travail qui est employée dans le recherche : $\frac{L_{Q_t}}{L_t}$.

Dans la fonction $F(.)$ pour la production du bien final (équation 27), la variable A_t qui mesure le stock agrégé de connaissances s'exprime cette fois :

$$(33) A_t = N_t \cdot Q_t$$

d'où il résulte que le taux de croissance du produit par tête dans l'économie (g_y) est :

$$(34) g_y = g_N + g_Q$$

et puisque le nombre de nouveaux produits croît comme la population ($g_N = n$) on obtient finalement :

$$(35) g_y = n + \delta \cdot \frac{L_{Q_t}}{L_t}$$

Ainsi comme recherché, lorsque le nombre de produits croît comme la population, le taux de croissance de long terme du produit par tête ne dépend plus de l'« effet d'échelle », comme dans les modèles de première génération, et le taux de croissance d'équilibre de l'économie a maintenant deux composantes : (1) la première exogène dépendant du taux de croissance de la population – comme dans le modèle de croissance semi-endogène introduit par Jones – et qui accroît les innovations sur la « ligne horizontale » ; (2) la seconde endogène qui relie le taux de croissance de l'économie au taux d'investissement dans la recherche sur la « ligne verticale ». Cette seconde classe de modèles généralise ainsi le modèle de croissance semi-endogène introduit par Jones, en ajoutant à la croissance de la population, une composante de la croissance de long terme qui reste complètement endogène et qui peut être influencée par des changements permanents de politique économique.

Soulignons pour finir que dans la plupart des modèles de croissance endogène de seconde génération les innovations horizontales n'apparaissent pas de façon exogène, comme nous l'avons supposé jusqu'ici, mais résultent, comme les innovations verticales, d'investissements dans la recherche. Mais cela ne change pas les principales conclusions que nous venons de faire sur le taux de croissance de

long terme dans ces modèles, qui conservent tous une importante asymétrie entre les deux types d'innovations : Il y a toujours une externalité de connaissances positive le long de la ligne de recherche verticale, comme dans l'équation (31) à travers la variable Q_{t-1} , mais pas le long de la ligne de recherche horizontale, ce qui permet de supprimer l'« effet d'échelle », tandis que le long de la ligne verticale le nombre croissant de produits à un effet de dilution qui réduit les rendements agrégés de la recherche.

Croissance endogène ou semi-endogène, ou les deux ?

Jones (1999) a reconnu dès 1999 dans un nouvel article que l'introduction à la suite de Young (1998, *ibid*) d'une seconde ligne de recherche pour supprimer « l'effet d'échelle » est importante pour au moins deux raisons : (1) cela réintroduit le résultat de la première génération de modèles que le taux de croissance de long terme peut être influencé par la politique économique ; (2) cela supprime la limitation des modèles de croissance semi-endogène à un seul secteur, que Jones a lui-même introduite avec le *fishing-out*, où la croissance du produit par tête ne peut être soutenue à long terme en l'absence de croissance de la population. Mais comme l'a montré Li (2000), la croissance semi-endogène ne s'obtient pas que dans les modèles à un seul secteur de recherche, mais ressort au contraire comme le cas général dès lors que l'on introduit dans un modèle comprenant au moins deux lignes de recherche des possibilités d'externalités plus importantes que celles imaginées au départ par Young (1998, *ibid*). Pour le montrer, Li (2000, *ibid*) adapte le modèle à deux secteurs de recherche pour obtenir les formes réduites suivantes pour l'évolution des innovations de produit (ΔN_t) et de qualité (ΔQ_t) au niveau agrégé :

$$(36) \quad \Delta N_t = G_N(N_{t-1}, L_{N_t}, Q_{t-1}) = \delta_N \cdot N_{t-1}^{\phi_N} \cdot \frac{Q_{t-1}^{\beta_N}}{Q_{t-1}} \cdot L_{N_t},$$

et :

$$(37) \quad \Delta Q_t = G_Q(Q_{t-1}, L_{Q_t}, N_{t-1}) = \delta_Q \cdot N_{t-1}^{\phi_Q} \cdot \frac{Q_{t-1}^{\beta_Q}}{N_{t-1}} \cdot L_{Q_t}.$$

Dans ces équations, les paramètres $\phi_N > 0$ et $\beta_Q > 0$ reflètent comme l'a proposé initialement Jones (1995b, *ibid*) la force des externalités de connaissances intra-sectorielles, avec la nouveauté qu'il y a maintenant également des externalités le long de la ligne horizontale. Mais la principale nouveauté est la présence des termes $Q_{t-1}^{\beta_N}$ et $N_{t-1}^{\phi_Q}$, avec $\beta_N > 0$ et $\phi_Q > 0$, qui introduisent la possibilité externalités de connaissances inter-R&D positives dans les équations. Le terme N_{t-1} au dénominateur dans l'équation (37) reflète comme précédemment l'impact négatif de la prolifération du nombre de nouvelles variétés de produits sur la productivité de la R&D de qualité, et le terme Q_{t-1} au

dénominateur dans l'équation (36), introduit similairement une difficulté croissante à inventer de nouvelles variétés de produits à mesure que leur degré moyen de « sophistication » augmente.

Le modèle est maintenant parfaitement symétrique et Li montre que dans le cas général où $\phi_N \neq \phi_Q$ et $\beta_N \neq \beta_Q$ le modèle est semi-endogène. Le modèle de croissance semi-endogène proposé par Jones (1995b, *ibid*) avec seulement de l'innovation de variété, ou ceux de Kortum (1997) et Segerstrom (1998), avec seulement des innovations de qualité, s'obtiennent avec des restrictions supplémentaires sur les paramètres. Les modèles de croissance endogène de seconde génération de Young (1998, *ibid*), Aghion et Howitt (1998, ch. 2), Dinopoulos et Thomson (1998) et Howitt (1999) requièrent pour leur part deux conditions de fil du rasoir. $\phi_N = \phi_Q = 0$ et $\beta_N = \beta_Q = 1$ nous ramènent au cas proposé par ces modèles où il n'y a pas de *fishing-out*, pas d'externalités de connaissances intra-sectorielles sur la ligne de recherche horizontale, et pas d'externalités de connaissances positives, mais le cas symétrique peut être obtenu en posant $\phi_N = \phi_Q = 1$ et $\beta_N = \beta_Q = 0$, et les deux cas précédents peuvent être généralisés en posant $\phi = \phi_N = \phi_Q$ et $\beta = \beta_N = \beta_Q$, ce qui implique des structures de connaissances identiques dans les deux activités de recherche. Le modèle recouvre aussi le cas des modèles de croissance de première génération de Romer (1990, *ibid*), Grossman et Helpman (1991, *ibid*) et Aghion et Howitt (1992, *ibid*) en posant par exemple $\phi_N = \phi_Q = \beta_N = \beta_Q = 1$. Dans ce cas l'« effet d'échelle » est présent et il y a des innovations de variété et de qualité en même temps.

Pour Li (2000, *ibid*), « les traits de l'accumulation moderne des connaissances est de plus en plus interdisciplinaire, *e.g.* le transistor est le produit de la physique, de la chimie et de la métallurgie (...) [et en permettant de telles externalités de connaissances inter-R&D] les modèles à deux secteurs de R&D ne produisent généralement plus de croissance endogène, la croissance semi-endogène devenant la norme ». Le modèle à deux secteurs de R&D démontre en effet la généralité de la croissance semi-endogène, puisqu'il faut par contraste deux conditions de fil du rasoir pour obtenir de la croissance endogène, et Li généralise ce résultat en montrant que dans un modèle à k secteurs de R&D, la croissance endogène requiert k conditions de fil du rasoir en présence d'externalités inter-R&D.

A l'invitation de Li et Jones (1999, *ibid*) toute une littérature s'est alors développée à partir du début des années 2000 pour tester économétriquement ces conditions de « fil du rasoir ». Sans entrer dans les détails des méthodologies de ces travaux, l'idée commune est comme dans les articles de Jones (1999, *ibid*) et de Li (2000, *ibid*), d'utiliser un cadre englobant les différents cas et permettant de tester économétriquement les restrictions sur les paramètres imposées par les différents modèles au niveau agrégé. Il y a d'abord l'étude de Ha et Howitt (2007) qui trouve pour les États-Unis sur la période 1953-2000 une forte évidence de cointégration entre la R&D et le PIB, et une intensité de R&D qui est restée relativement stable, comme le requiert l'approche endogène de la croissance. Mais comme l'a souligné

Madsen (2008), cette cointégration entre les deux variables n'explique pas la croissance de la PTF, ce qui nécessite d'ajouter au modèle une équation de régression de la PTF. En appliquant cette méthodologie à un panel de 21 pays de l'OCDE Madsen (2008, *ibid*) ne trouve aucun support pour la croissance semi-endogène, et un fort support pour la croissance endogène dans la dimension temporelle. La limite est toutefois que les résultats ne permettent pas d'expliquer de façon satisfaisante les différences de rythmes de croissance de la PTF entre les différents pays. Les résultats de Barcenilla-Visus, Lopez-Pueyo et Sanau-Villarroya (2010) depuis une transposition de l'approche de Madsen (2008, *ibid*) à un niveau sectoriel pour six pays de l'OCDE sur la période 1979-2001, vont au contraire dans le sens d'une validation de l'approche semi-endogène de la croissance, tout comme l'étude de Kruse-Andersen (2017) qui approfondit l'étude initiale de Ha et Howitt (2007, *ibid*) avec l'introduction d'une équation de TFP et d'un modèle VAR complet. Ainsi pour Kruse-Andersen, le support trouvé pour la théorie de la croissance endogène dans beaucoup d'études, résulte sans doute de biais de spécifications, comme, au niveau macro, les études de Ha et Howitt (2007, *ibid*) et Madsen (2008, *ibid*), et au niveau micro d'Ulku (2007) et de Venturini (2012).

Sans proposer ici une revue exhaustive des études ayant cherché à départager économétriquement les deux approches de la croissance, nous voyons que les tests proposés ne sont généralement pas très concluants. Et beaucoup de facteurs expliquent cette difficulté à obtenir des résultats tranchés. Il y a déjà les conditions de fil du rasoir restrictives pour que la croissance endogène émerge des tests, le cas général, comme illustré par Li (2000, *ibid*), étant la croissance semi-endogène. De plus, même si les modèles théoriques admettent tous la possibilité de croissance endogène, la prolifération des produits que la majorité inclut, relie une partie de la croissance de long terme au taux de croissance de la population, comme dans les modèles de croissance semi-endogène. Il n'est donc pas étonnant que les tests de ces modèles aient des difficultés à discriminer entre les deux facettes de la croissance : celle venant de l'augmentation du nombre de personnes travaillant dans le secteur de la recherche, qui déplace la frontière technologique en augmentant les connaissances, et celle provenant des efforts des individus, des entreprises et des pays, à transformer les nouvelles connaissances en innovations. De façon corollaire, la littérature sur la R&D et la productivité démontre que les externalités de connaissances sont le principal moteur des innovations et de des gains de productivité, mais qu'une capacité d'absorption suffisante est nécessaire pour que cela soit effectif. Les transferts de technologie et les externalités de marché ont également des effets importants d'« égalisation » des taux de croissance dans les différents secteurs et les différents pays. Howitt (2004) pointe dans ce sens que lorsque l'on introduit les externalités de connaissances intersectorielles et internationales et les transferts de technologies dans les modèles « (...) ce qui compte [finalement] pour le taux de croissance d'un pays est la configuration de la R&D à travers le monde, pas seulement dans un pays.

Ainsi il n'y a rien qu'un pays relativement petit comme le Canada qui n'exécute lui-même qu'une petite fraction de la R&D mondiale, puisse faire pour influencer son taux de croissance de long terme. Ce n'est pas le cas pour les États-Unis, qui est un pays assez grand pour que des changements dans son intensité de R&D puisse avoir un effet significatif sur le taux de progression de sa frontière technologique ». Un autre problème est la longueur des dynamiques qui sont impliquées par les modèles de croissance. Pour revenir au cas des États-Unis, Fernald et Jones (2014) montrent que tandis que les États-Unis ont connu une remarquable et surprenante constance de leur taux de croissance par tête, depuis les années 1870 jusqu'à aujourd'hui, près de 2 %, ceci a été marqué quoi qu'il en soit par de fortes dynamiques de transition. Les auteurs montrent à partir d'un exercice de comptabilité de la croissance pour la période de l'après-guerre que 21 % de la croissance peut être expliquée par l'augmentation de la R&D, comme dans les modèles de croissance semi-endogène, 58 % par l'augmentation de l'intensité de recherche, comme dans les modèles de croissance endogène, 20 % par l'augmentation du capital humain, comme dans le modèle de Lucas (1988), et 0 % par l'augmentation du capital par tête, comme dans le modèle de Solow (1956). Ces résultats ne sont pas une preuve que la croissance endogène explique mieux que la croissance semi-endogène la croissance aux États-Unis dans l'après-guerre, mais ils sont une illustration que l'augmentation de la taille du secteur de la recherche, et celle de l'intensité de R&D, sont toutes deux importantes pour la croissance de long terme dans les pays industrialisés.

3. L'évaluation des politiques de R&I avec NEMESIS, QUEST III et RHOMOLO et les choix méthodologiques retenus avec NEMESIS pour l'évaluation économique du CIR

Les modèles de simulation macroéconomique de grande taille intégrant une représentation endogène du progrès technique et permettant de réaliser des évaluations des politiques de R&I pour la France ou d'autres pays européens sont très peu nombreux et ont tous été développés à l'initiative de la Commission européenne (CE). NEMESIS²² a été l'un des premiers, et c'est le modèle qui a été

²² NEMESIS (*New Econometric Model for Evaluation by Sectoral Interdependency and Supply*) est un modèle géré par SEURECO, une société privée créée par des chercheurs du laboratoire ERASME (Équipe de Recherche en Analyse des Systèmes et Modélisation Économique) de l'École Centrale de Paris et de l'Université de Paris I. Le modèle a été financé à l'origine par les 5^{ème} et 6^{ème} programmes cadre de recherche de la Commission européenne. Depuis sa première version en 2002 et les financements obtenus au cours des 7^{ème} et 8^{ème} programmes cadre de la Commission européenne, le modèle a été enrichi régulièrement par ERASME en collaboration avec l'Université de Maastricht pour l'économie de la connaissance et de l'innovation, la laboratoire ICCS E3M-Lab de l'École polytechnique d'Athènes pour l'énergie et l'environnement, et le Bureau fédéral du plan à Bruxelles, pour le cadre comptable, les estimations économétriques et les développements logiciel.

régulièrement utilisé par la Direction générale de la Recherche (DG RTD) depuis 2003 pour toutes les évaluations macroéconomiques de ses politiques de R&I. On peut notamment citer, en 2003, l'évaluation de l'objectif de Barcelone de porter à 3 % du PIB l'effort de recherche européen (Brécard *et al.*, 2004 ; Brécard *et al.* 2006 ; Zagamé, 2010), en 2004, l'évaluation des plans d'actions pour la recherche des États-Membres de l'Union européenne (UE) (Chevallier *et al.*, 2006), en 2005, l'évaluation *ex-ante* du 7^{ème} programme cadre pour la recherche (FP7) de la CE (CE, 2005 ; Delanghe et Muldur, 2007) et, en 2012, celle du 8^{ème} programme, H2020 (CE, 2012 – annexe 5), en 2017, l'évaluation *ex-post* du FP7 et intérimaire d'H2020 (PPMI, 2017 ; CE, 2017) enfin, en 2018, l'évaluation *ex-ante* du prochain programme, Horizon Europe (CE, 2018 ; Boitier *et al.*, 2018 ; Ravet *et al.*, 2019). Entre temps, deux autres modèles ont été adaptés par la Commission européenne pour l'évaluation de ses politiques de R&I. Au milieu des années 2000, une représentation endogène du progrès technique a été introduite dans QUEST III (Roeger *et al.*, 2008), un modèle développé par la Direction générale pour les affaires économiques et sociales (DG ECFIN) de la CE. Plus récemment, le modèle RHOMOLO (Lecca et Sakkas, 2018), développé depuis 2010 par la Direction générale Centre commun de recherche (DG JRC), en collaboration avec la Direction générale pour la politiques urbaine et régionale (DG REGIO), a été adapté pour obtenir une version du modèle avec progrès technique endogène, aujourd'hui opérationnelle. Ainsi pour la première fois, en 2018, QUEST III et RHOMOLO ont été utilisés pour l'évaluation d'un programme européen de recherche, celle du prochain programme, Horizon Europe (CE, 2018, *ibid*), qui a été réalisée en complément de l'étude approfondie qui en a été faite avec le modèle NEMESIS.

Du point de vue de leurs caractéristiques générales, QUEST III, NEMESIS et RHOMOLO sont des modèles appartenant à des traditions économiques différentes, avec également différents niveaux de détail. QUEST III est un modèle macroéconomique d'équilibre général dynamique stochastique (DSGE), très proche dans ses fondements des modèles théoriques de croissance endogène présentés dans la section précédente, et des canons de la théorie macroéconomique moderne. Il y a un modèle pour chacun des pays de l'UE (27) et le Royaume-Uni, avec des fondements microéconomiques dérivés explicitement de la maximisation intertemporelle des profits et de l'utilité sous l'hypothèse d'anticipations parfaites. NEMESIS est comme QUEST III un modèle pour chacun des pays de l'UE plus le Royaume-Uni, mais les deux modèles diffèrent profondément dans leur approche des phénomènes économiques. C'est un modèle macro-sectoriel (30 secteurs) d'inspiration néokeynésienne, avec des coûts d'ajustement, des anticipations adaptatives, des prix rigides, et des taux de change et d'intérêt exogènes, qui ne permettent pas au modèle de décrire un équilibre général, même dans le long terme. RHOMOLO qui est un modèle d'économie spatiale basé sur les nouvelles théories de l'économie géographique, est le modèle le plus détaillé géographiquement, avec la

modélisation en équilibre général de 267 régions européennes avec leurs interactions. Le modèle comporte également une dimension sectorielle, les régions comportant chacune 10 secteurs d'activité. Comme pour NEMESIS, le grand niveau de détail du modèle ne permet pas une résolution tournée vers l'avenir, et le modèle est résolu par une approche dynamique récursive.

Du point de vue de la représentation de l'innovation, les trois modèles ont en commun de la faire reposer sur la forte évidence empirique, présentés à la section 2, que les investissements en R&D ont été à l'origine des principales innovations technologiques, et progrès de productivité, dans les pays industrialisés au cours des dernières décennies. Conceptuellement, ils se réfèrent également tous, explicitement ou implicitement, aux nouvelles théories de la croissance que nous venons de présenter. NEMESIS est certainement le modèle qui inclut les mécanismes de progrès technique les plus riches, avec notamment l'extension récente de ses mécanismes d'innovation au rôle joué par les investissements en TIC, en logiciels et en formation professionnelle, particulièrement importants pour représenter l'innovation dans les services (Cf. *infra* et Le Mouël, 2019). Mais l'approche sectorielle, et « hors-de-l'équilibre » qui est retenue dans NEMESIS n'assure pas que le long-terme qui est décrit par le modèle, soit compatible avec la représentation de l'équilibre général au cœur du modèle QUEST III. Dans QUEST III, par contraste, le compromis est cette fois au prix de la richesse, et du degré de détail, des mécanismes d'innovation, qui sont restreints par les contraintes analytiques fortes, qu'imposent la modélisation DSGE. Pour RHOMOLO, à l'opposé, les limitations viennent davantage des contraintes de données, et de la difficulté de représenter certains phénomènes, comme les externalités de connaissance, à un niveau régional détaillé.

La principale difficulté, lorsque l'on passe des modèles théoriques de croissance présentés dans la section 2, aux modèles macroéconomiques appliqués utilisés pour évaluer les politiques de R&I, est ainsi que ces derniers sont beaucoup plus détaillés que ces premiers, et, selon la structure des modèles, le passage de la « théorie à la pratique » est plus ou moins direct. QUEST III, avec sa structure agrégée en équilibre général, est ainsi le seul des trois modèles à se référer explicitement aux nouvelles théories de la croissance, avec une approche semi-endogène inspirée directement de l'article de Jones (1995b, *ibid*). Dans le cas de NEMESIS, même si la représentation du progrès technique s'est inspirée, au moment de la construction du modèle au début des années 2000, des nouvelles théories de la croissance, l'objectif, plus pragmatique, a été de tenter de reproduire dans le modèle les principaux résultats de l'abondante littérature économétrique sur la R&D et la productivité, que nous avons présentée dans la section 2. L'innovation y est représentée à un niveau sectoriel, et le changement structurel provoqué dans le modèle par les innovations, rend difficile de caractériser ses propriétés de croissance au niveau agrégé. Toutefois, au niveau sectoriel, les propriétés de croissance sont similaires à celles décrites par les modèles de croissance endogène de seconde génération. L'approche est

encore différente dans RHOMOLO, où la décision d'investir dans la R&D ne résulte pas du comportement d'optimisation intertemporelle des entreprises, et où l'endogénéisation de l'innovation n'est pas encore complètement achevée. Le lien qui est introduit dans le modèle entre les investissements exogènes dans la R&D et la croissance de la PTF peut être rattaché, comme pour QUEST III, à une approche semi-endogène de la croissance.

Si nous ajoutons à la différence dans la structure des modèles, la représentation de la croissance endogène (NEMESIS), *versus* semi-endogène (QUEST III et RHOMOLO), que chacun supporte, nous ne pouvons certainement pas espérer qu'ils fournissent des résultats similaires lorsqu'ils sont utilisés pour l'évaluation des politiques de R&I, qu'elles soient nationales ou européennes. Il nous a ainsi semblé utile, dans cette section méthodologique, de mettre en perspective les caractéristiques et les propriétés du modèle NEMESIS utilisé dans cette étude sur l'évaluation macroéconomique du CIR, en exposant également le fonctionnement des modèles QUEST III et RHOMOLO qui représentent aujourd'hui, à notre connaissance, les seules approches concurrentes/complémentaires à celle du modèle NEMESIS, et qui soient aujourd'hui également mobilisables pour réaliser des évaluations des politiques de R&I pour la France ou pour l'Europe. Pour chaque modèle, depuis QUEST III jusqu'à RHOMOLO, nous commençons en introduction par en décrire les caractéristiques générales puis nous détaillons comment l'innovation y est représentée, notamment en ce qui concerne les trois éléments qui sont au cœur de la littérature théorique et empirique sur la croissance : les externalités de connaissance, la fonction de production des innovations et l'impact des innovations sur la performance économique. Enfin, pour illustrer et comparer le fonctionnement des trois modèles, nous présentons brièvement leurs résultats pour l'évaluation du prochain programme cadre de R&I européen, Horizon Europe. Ce sera également l'occasion de présenter certains aspects méthodologiques généraux sur l'évaluation macroéconomiques des politiques de R&I avec les modèles appliqués de simulation, valables aussi pour la mise en œuvre du CIR dans NEMESIS et pour l'évaluation des effets du renforcement du dispositif après 2007 avec le modèle.

3.1. L'innovation dans le modèle QUEST III

Dans QUEST III chaque pays de l'UE (plus le Royaume-Uni) regroupe des ménages, des entreprises qui produisent le bien final et le bien intermédiaire, une industrie de recherche, un gouvernement et une autorité monétaire et fiscale. Il y a deux catégories de ménages, ceux qui subissent une contrainte budgétaire et consomment tout leur revenu, sans possibilité d'accès aux marchés financiers, et ceux qui ne sont pas contraints par la liquidité et peuvent acheter et vendre des actifs sur les marchés financiers (des bonds d'État), accumuler du capital physique pour le « louer » aux entreprises, et acheter les brevets au secteur de la recherche et les revendre sous forme de licences aux entreprises

du secteur intermédiaire. Cette seconde catégorie de ménages est de « type Ramsey (1928, *ibid*) », avec anticipations parfaites, et se comporte exactement comme ceux des modèles NTC. Les deux catégories de ménages ont une offre de travail qui inclut trois niveaux de qualification (basse, moyenne ou élevée) imparfaitement substituables, et le fonctionnement du marché du travail est de type WS-PS. Du côté des entreprises, celles produisant le bien final utilisent la fonction de type Cobb-Douglas suivante :

$$(38) \quad Y_t = (L_{Y_t} - FC_L)^\alpha \cdot \left(\sum_{i=1}^{A_t} x_{it}^\theta \right)^{\frac{1-\alpha}{\theta}} \cdot KG_t - FC_Y$$

avec L_{Y_t} la quantité de travail utilisée, qui est une combinaison CES des trois catégories de travail utilisées pour produire le bien final, FC_Y un coût de production fixe, FC_L un coût administratif mesuré en unités de travail, A_t le nombre de variétés de biens intermédiaires x_{it} qui se « combinent » avec une élasticité de substitution $\frac{1}{1-\theta}$, et KG_t un index du stock de capital public. Dans le secteur intermédiaire, les entreprises en concurrence monopolistique entrent sur le marché en achetant une licence aux ménages et en faisant un paiement initial FC_A correspondant à un coût administratif. Alors, comme dans le modèle initial de Romer (1990, *ibid*) il faut qu'ils « louent » z_t unités de capital aux ménages pour fabriquer x_t unités de bien intermédiaire. Du côté du gouvernement la consommation publique (G_t), l'investissement (IG_t) et les transferts (TR_t) sont proportionnels au PIB, tandis que les allocation chômage (BEN_t) sont indexées sur les salaires. Le gouvernement accorde des subventions et des crédits d'impôts aux entreprises pour leurs investissements en capital physique et en R&D des entreprises. Les revenus du gouvernement (R_t^G) sont formés des taxes sur la consommation, le capital, le travail et les revenus. Finalement la politique monétaire est modélisée par une règle de Taylor, qui lisse l'évolution du taux d'intérêt en fonction d'une cible d'inflation et de l'écart entre la croissance du PIB et le taux de croissance potentiel. Pour le commerce extérieur, l'arbitrage entre production nationale et biens importés résulte d'un agrégateur CES résumant les préférences des ménages, des investisseurs et du gouvernement concernant l'origine des biens. Soulignons qu'il n'y a qu'un seul bien dans le modèle qui sert à la fois à la consommation, à l'investissement, et à l'exportation. Le modèle reste ainsi très stylisé et, si l'on met notamment à part l'ouverture à l'extérieur, l'existence d'un gouvernement et d'une règle de politique monétaire, très proche de la structure des modèles NTC présentés dans la section 2.

Modélisation de l'innovation et propriétés de croissance à long terme

Pour examiner maintenant plus en détail comment l'innovation est représentée dans le modèle, il est utile pour commencer de supprimer de l'équation (38) ci-dessus tous les éléments inutiles à l'analyse des propriétés de croissance à long terme du modèle, à savoir le stock de capital public (KG_t) qui agit

comme une externalité positive, les coûts fixes de production (FC_Y) et les coûts administratifs (FC_L). Avec ces simplifications, on obtient la *fonction* suivante pour la production du bien final :

$$(39) \quad Y_t = L_{Y_t}^\alpha \cdot \left(\sum_{i=1}^{A_t} x_{it}^\theta \right)^{\frac{1-\alpha}{\theta}}$$

et comme à l'équilibre symétrique toutes les variétés de biens intermédiaires sont utilisées en quantités identiques, $x_{it} = x_t$, on obtient :

$$(40) \quad Y_t = L_{Y_t}^\alpha \cdot A_t^{\frac{1-\alpha}{\theta}} \cdot x_t^{1-\alpha}.$$

Ensuite, comme une unité de bien intermédiaire est produite avec une unité de capital, le stock de capital est la somme directe des quantités de biens intermédiaires qui sont utilisées :

$$(41) \quad K_t = A_t \cdot x_t$$

et en réintroduisant cette dernière expression dans la fonction de production du bien final on obtient finalement la fonction $F(.)$ suivante :

$$(42) \quad Y_t = F(L_{Y_t}, K_t, A_t) = L_{Y_t}^\alpha \cdot K_t^{1-\alpha} \cdot A_t^{\frac{(1-\alpha)(1-\theta)}{\theta}}.$$

Cette fonction $F(.)$ diffère très légèrement de celle des modèles de variété de Romer (1990, *ibid*) et de Jones (1995b, *ibid*) par la présence du paramètre θ dans l'équation (39), qui est simplement posé à 1 dans les modèles de Romer et de Jones.

Pour la fonction d'innovation, la fonction $G(.)$ utilisée dans QUEST III est une adaptation au contexte international de la formulation proposée initialement par Jones (1995b, *ibid*) :

$$(43) \quad \Delta A_t = G(A_{t-1}, A_{t-1}^F, L_{A_t}) = \delta \cdot A_{t-1}^\omega \cdot A_{t-1}^\phi \cdot L_{A_t}^\lambda$$

avec la possibilité de « *fishing-out* » ($\phi < 1$) et de « *stepping on toes* » ($\lambda < 1$), la nouveauté étant la présence de la variable A_{t-1}^F dans l'équation, qui capture l'influence positive des externalités de connaissance d'origine internationale, dont la force est mesurée par le paramètre $\omega > 0$.

L'expression du taux de croissance à long terme des innovations dans le modèle est ici :

$$(44) \quad \frac{\Delta A_t}{A_{t-1}} = \frac{\lambda \cdot n + \omega \cdot n^F}{1 - \phi}.$$

La principale différence avec le modèle initial de Jones est que le taux de croissance des innovations à long terme dépend, en plus de l'influence de la croissance du secteur de la recherche domestique (n), à travers le terme $\lambda \cdot n$, par la croissance du secteur de la recherche étranger (n^F), à travers le terme

$\omega \cdot n^F$. En remplaçant l'expression (44) dans l'équation (42) et en utilisant la propriété que la production finale et le stock de capital croissent au même taux à long terme, on peut alors caractériser la croissance à long terme du PIB par tête dans QUEST III qui s'écrit :

$$(45) \frac{\Delta Y_t}{Y_{t-1}} = \frac{(1-\alpha)(1-\theta)}{\alpha \cdot \theta} \cdot \frac{\Delta A_t}{A_{t-1}} = \frac{(1-\alpha)(1-\theta)}{\alpha \cdot \theta} \cdot \frac{\lambda \cdot n + \omega \cdot n^F}{1-\phi}.$$

Nous voyons que le taux de croissance de long terme du produit par tête dans QUEST III est (1) une fonction décroissante de l'élasticité de l'activité au travail (α) et croissante à celle du capital ($1 - \alpha$), (2) une fonction décroissante de l'élasticité de substitution entre les différentes variétés de biens intermédiaires ($\frac{1}{1-\theta}$), (3) une fonction positive de la croissance des secteurs de recherche domestique et étranger, à travers les élasticités (λ) et (ω) respectivement, et (4) finalement une fonction positive de la valeur du paramètre ϕ mesurant la force des externalités intertemporelles de connaissances.

Éléments sur la calibration des principaux paramètres du modèle

La calibration des paramètres doit en principe permettre au modèle de refléter pour chaque pays la « qualité » de son système national de recherche (académique et scientifique), et la capacité des entreprises - mesurée par exemple par les investissements en R&D des entreprises en pourcentage du PIB – à absorber les connaissances scientifiques et technologiques, pour les transformer en innovations. La méthodologie de calibration de QUEST III est décrite en détail dans D'Auria *et al.* (2009) et également dans Varga *et al.* (2020). La méthode consiste d'abord à initialiser les stocks de connaissances (A_t) à 1. Puis, pour commencer par le paramètre λ qui mesure l'effet de congestion (*stepping on toes effect*) introduit par Jones (1995b, *ibid*), D'Auria *et al.* (2009, *ibid*) indiquent que sa valeur est fixée égale à la part des salaires dans la dépense totale de R&D des différents pays. Il faut préciser ici que dans QUEST III tout se passe comme si la R&D publique était exécutée par les entreprises du secteur privé, donc la calibration prend en compte la dépense totale de recherche (publique plus privée) dans chaque pays. Les valeurs qui en résultent ont été mises à jour dans Varga (2020, *ibid*). Elles sont centrées autour de 0,5, avec un minimum de 0,34 pour la suède et de 0,78 pour l'Italie. Nous rappelons que la valeur de ce paramètre est sans influence sur la durée de la transition entre deux équilibres lorsqu'un choc est appliqué au modèle, et elle influence simplement positivement la réponse du modèle au choc à court-moyen terme. Pour les deux autres paramètres importants du modèle, λ et ω , QUEST III utilise des estimations économétriques réalisées par Bottazzi et Peri (2007) basées sur un panel de 15 pays de l'OCDE pour la période 1973-1999. Comme selon les estimations les valeurs des paramètres varient beaucoup et que les valeurs des ratios entre λ et ω

varient moins, en fixant la valeur de ce ratio, la valeur de ω peut être déduite de la valeur fixée précédemment pour λ . Alors en fixant le taux de croissance des innovations (A) entre 1,15 % et 1,33 % par trimestre selon les pays, et le taux de croissance des secteurs de la recherche domestique et étranger (n et n^F) sur la base des données statistiques, la valeur de ϕ est déduite. Nous rappelons l'impact très fort de la valeur de ce dernier paramètre sur la longueur de la dynamique de transition, et l'arbitrage existant entre les valeurs des paramètres λ et ϕ . Les valeurs ainsi déduites pour ϕ vont de 0,16 en Roumanie (qui a la valeur de λ la plus élevée) jusqu'à 0,68 en Suède (qui a la valeur de λ la plus basse). Avec ces valeurs de ϕ le ratio entre le pays qui a la dynamique de transition la plus longue (la Pologne) et celui où elle est la plus courte (la Roumanie) est assez élevé. Pour la PTF, la longueur de la dynamique est d'environ 10 ans dans le cas de la Roumanie à comparer à 30 ans pour les Pays-Bas qui a une valeur de ϕ proche de 0,5. Pour le PIB par tête, la longueur de la dynamique de transition est beaucoup plus longue, et d'après les résultats de simulation présentés dans Vargas *et al.* (2020, *ibid*) aucun pays ne semble avoir complètement convergé après 50 ans. Si l'on considère des valeurs fixées autour de 0,6 pour α , la part des salaires dans la valeur ajoutée, et de 0,9 pour θ , on peut estimer, d'après l'équation (45) que dans le modèle à une augmentation de 1 % du stock d'innovations est associée un accroissement d'environ 0,08 % du PIB par tête dans tous les pays, ce qui est compatible avec les résultats de la littérature empirique que nous avons passé en revue dans la section 2. Un dernier aspect concerne la valeur du paramètre δ pour la productivité de la R&D dans l'équation (43). On pourrait s'attendre à ce que la valeur de ce paramètre soit plus élevée dans les pays où l'intensité de R&D est la plus forte, conduisant à une relative égalisation des rendements marginaux de la recherche dans les premières phases de la dynamique de transition du modèle, conformément aux résultats des études économétriques sur la R&D présentés dans la section 2. Or il n'en est rien et la valeur du paramètre est au contraire plus forte dans les pays où l'intensité de R&D est la plus faible, avec par exemple des valeurs de 7,6 en Roumanie (intensité de R&D de 0,4 %), de 2 en Lettonie (intensité de R&D de 0,8 %), de 0,4 en Italie (intensité de R&D de 1,5 %) et de 0,15 en Suède (intensité de R&D de 4 %).

3.2. L'innovation dans le modèle NEMESIS utilisé pour l'étude

NEMESIS est comme QUEST III un modèle pour tous les pays de l'UE (27) plus le Royaume-Uni, en interaction avec les autres pays du monde, mais les deux modèles diffèrent profondément dans leurs approches de modélisation des phénomènes économiques. NEMESIS est un modèle économétrique d'inspiration néo-keynésienne et les ajustements des prix et des quantités dans le modèle incluent de nombreux décalages temporels reflétant la structure adaptative des anticipations des agents économiques et la présence de coûts d'ajustement. Ces caractéristiques en ajoutant également

l'absence de modélisation du marché du capital ne permettent ainsi pas au modèle de décrire un « équilibre général », même si à long terme les forces de rappel du modèle conduisent la trajectoire des économies qu'il représente vers leur taux de croissance potentiel. La particularité de NEMESIS comparé à un modèle agrégé comme QUEST III, est que dans le modèle la croissance économique est le résultat d'interactions entre des secteurs de production très hétérogènes qui forment une dynamique « *bottom-up* » complexe, combinée avec des forces macroéconomiques purement « *top-down* », comme l'influence des décisions de consommation et d'épargne des ménages et celle du secteur public à travers les règles budgétaires et fiscales, les contributions et transferts sociaux, la fourniture de services publics, les investissements publics et la mise en place des politiques structurelles. NEMESIS est principalement fondé sur l'observation des phénomènes et sur leur mesure économétrique à un niveau de détail très important, la contrepartie étant l'affaiblissement des fondements théoriques du modèle si on le compare par exemple à QUEST III.

Au niveau des caractéristiques générales, NEMESIS distingue quatre catégories d'agents économiques : les ménages, les entreprises financières et non financières, le gouvernement et le reste du monde.

L'évolution de la force de travail est supposée exogène dans la plupart des applications du modèle, mais des coefficients de « flexion » de l'offre de travail par classes d'âge, par genre et par niveau d'éducation peuvent être introduits. Deux types de qualifications sont distinguées, correspondant à deux niveaux d'études : jusqu'au bac et après. Le salaire rattaché à chaque catégorie de travail est déterminé à partir d'une courbe de Phillips augmentée²³. Le taux de croissance des salaires dépend ainsi, au-delà de l'influence de facteurs institutionnels, des anticipations d'inflation, de la croissance de la productivité du travail, et de l'écart entre le taux de chômage effectif au taux de chômage structurel. Ainsi, d'après les constructions de Friedman (1968) et Phelps (1967), il y a des pressions inflationnistes dès lors que le taux de chômage est situé en dessous de son niveau structurel, et inversement. Les salaires sont déterminés à un niveau sectoriel, et diffèrent entre secteurs en fonction des différences de croissance de la productivité du travail et de l'influence de facteurs structurels capturés par une constante. Le travail est finalement supposé être mobile entre secteurs, mais avec des délais et des coûts d'ajustements.

Il n'y a qu'une seule catégorie de ménages dans NEMESIS qui offrent les deux catégories de travail et prennent leurs décisions de consommation et d'épargne en fonction de l'évolution de leurs anticipations de revenu disponible réel. Ce revenu inclut les salaires, les revenus du capital et les

²³ Par conséquent, dans le modèle la négociation salariale est basée sur le taux de croissance du salaire réel, et non pas sur le niveau du salaire de réservation, comme dans l'approche WS-PS utilisée dans QUEST III.

transferts sociaux perçus, moins les taxes et les cotisations sociales acquittées. Suivant Davidson (1978), la consommation agrégée est également influencée à long terme par la structure de la population, et à court terme par le taux de chômage qui modifie les anticipations sur l'évolution du revenu réel, avec également une influence du taux d'intérêt réel. L'épargne est déterminée par simple différence entre le niveau du revenu réel et celui de la consommation agrégée ; elle ne résulte pas, à la différence de QUEST III, d'un comportement d'optimisation intertemporelle à la Ramsey. Une fois déterminée, la consommation agrégée des ménages est ensuite décomposée en 27 postes, à partir d'une adaptation du système de demande AIDS proposé par Deaton *et al.* (1978). Le système d'allocation est influencé par l'évolution des prix relatifs des différents postes, de leurs élasticités revenu qui diffèrent selon le type de bien (supérieurs, inférieurs ou normaux), et par la démographie. Cette décomposition de la consommation se fait à plusieurs niveaux, avec notamment une distinction entre les biens non-durables de « luxe » ou de première nécessité, et les biens durables notamment le Textile et habillement, le Mobilier et le Transport, cette dernière catégorie incluant les Véhicules mais également les consommations de biens non durables associées qui sont les Carburants et les Autres services de transport.

Du côté des entreprises, leur activité est décomposée, en incluant également la production de services à caractères non marchands, en 30 secteurs de production, avec pour la France également la possibilité de regrouper ces secteurs au niveau de la nomenclature de la NACE rév. 2 en 38 secteurs. Dans chaque secteur la production est obtenue à partir de fonctions CES à 5 niveaux d'emboîtement : au premier les « services d'innovation » sont séparés des autres facteurs de production, les deuxième, troisième et quatrième niveau isolent des autres facteurs successivement les consommations intermédiaires hors énergies, le travail peu qualifié et le travail qualifié, puis le cinquième niveau sépare le stock de capital physique de l'énergie. Les entreprises sont supposées opérer en situation de concurrence imparfaite, et un taux de marge constant est appliqué au coût unitaire de production.

Les matrices input-output et les matrices de conversion transformant l'investissement des entreprises, des ménages et de l'État, et la consommation finale des ménages par poste, en demande en différents produits, permettent ensuite de transformer les différentes demandes formulées par les agents économiques en demandes par produit adressées aux producteurs nationaux et étrangers. Les différents secteurs institutionnels (le Gouvernement, les Ménages, Les Entreprises financières et non financières et l'Extérieur) sont ainsi reliés directement à la nomenclature en 30 secteurs du modèle, et les comptes d'agents détaillés du modèle permettent de représenter finement la formation du revenu des ménages et les évolutions du solde budgétaire et de l'endettement de l'État.

Enfin, pour le commerce extérieur, NEMESIS procède par pools regroupant ensemble, pour un pays donné, les exports/imports vers/depuis les autres pays européens ou le reste du monde. Il n'est donc pas possible de retracer les flux de commerce bilatéraux avec le modèle. Ces flux d'imports et d'exports sont influencés par la compétitivité prix et hors prix, et par des indicateurs d'activité.

Concernant la modélisation de l'innovation, comme nous allons le voir, l'approche sectorielle et hors de l'équilibre qui est suivie dans NEMESIS étend considérablement les possibilités d'analyse des effets de l'innovations qu'il est possible de faire par rapport à un modèle purement macroéconomique comme QUEST III. Les dynamiques des différents secteurs économiques dans NEMESIS sont en effet très contrastées et poussées par deux forces principales. La première vient du côté de la demande, et notamment des préférences non homothétiques des consommateurs faisant, en accord avec le loi de Engle, que la part du revenu qui est consommée en différents produits se modifie dans le temps, avec son augmentation. La seconde, qui a été soulignée notamment par Pasinetti (1981 ; 1993) est impulsée par le progrès technique lequel, étant plus ou moins rapide en fonction des secteurs, conduit à des substitutions entre produits et à des réallocations d'emplois entre les différentes activités économiques. Le processus de croissance économique dans le modèle est ainsi incompatible avec la description d'un sentier de croissance équilibrée, et l'innovation agit au contraire dans le modèle comme une accélération de l'histoire, accélérant le déclin des secteurs les moins progressifs, et la croissance des plus progressifs. Mais il y a à également des forces dans le modèle qui, à l'opposé, vont réduire l'ampleur des changements structurels impulsés par le progrès technique. Ce sont les forces que Verspagen et De Loo (1999, *ibid*) ont appelé les « effets égalisateurs des externalités de R&D », qui concernent principalement les effets des externalités de marché passant par les innovations incorporées aux biens de production utilisés par les différents secteurs. Les externalités de connaissance sont concentrées dans quelques secteurs industriels intensifs en R&D, par contre ces derniers sont à l'origine de très importants transferts de productivité vers les secteurs et les pays utilisant les technologies qu'ils produisent, comme depuis les secteurs produisant les TIC vers la plupart des autres secteurs, notamment les services. Le modèle NEMESIS ajoute enfin deux caractéristiques très importantes, complètement absentes des QUEST III et RHOMOLO, pour représenter l'innovation : les rôles joués (1) par les innovations de produit et (2) par les investissements dans les technologies TIC, les logiciels et la formation professionnelle, particulièrement importants pour représenter l'innovation les secteurs de services.

Le nouveau cadre utilisé pour représenter l'innovation dans NEMESIS : motivations et principaux concepts

Le nouveau cadre utilisé pour représenter l'innovation dans le modèle NEMESIS a été développé dans le contexte du projet de recherche européen SIMPATIC²⁴ qui s'est achevé en février 2015. Ce projet, coordonné par Reinhilde Veugelers de la KUL et du *think tank* Bruegel, rassemblait pour la première fois des chercheurs « micro » et « macro » avec une expérience forte sur l'évaluation des politiques de R&I, permettant d'approfondir et d'élargir considérablement l'expertise du modèle NEMESIS en y intégrant les derniers éclairages des études micro sur quatre points principaux : l'impact des soutiens à la R&D (subventions et crédits d'impôts), le rôle dans l'innovation des TIC et de facteurs intangibles autres que la R&D, les impacts distincts des innovations de produit et de procédé sur la performance économique et sur l'emploi, et la modélisation des externalités de connaissance avec une extension aux externalités générées par les investissements en TIC, en logiciels et en formation.

Dans ce nouveau cadre, l'approche des nouvelles théories de la croissance qui accorde un rôle central aux investissements en R&D et à leurs externalités, a été adaptée en introduisant dans l'analyse le concept introduit en premier par Bresnahan et Trajtenberg (1995, *Ibid*) de TIC comme technologies « générales » ou « habilitantes » (*ICT as GPT*). Il est ainsi fait un pont entre les nouvelles théories de la croissance et celle de l'organisation industrielle, ce qui élargit considérablement le spectre des problématiques qu'il est possible d'aborder avec le modèle, comme toutes celles relatives aux impacts du numérique, de l'intelligence artificielle, de la formation et des compétences.

La motivation principale de ces travaux sur le modèle a été l'évidence empirique, de plus en plus prégnante, montrant que les investissements dans les technologies de l'information ont été un moteur important de gains productivité et de la croissance économique dans les pays industrialisés, depuis le milieu des années 1990, avec un rôle très important dans le processus d'innovation dans la plupart des secteurs de production qui se confirme encore aujourd'hui. Les études empiriques, dont nous avons fourni un aperçu des principaux résultats dans l'introduction de la section 2, confirment ainsi que les TIC possèdent bien les propriétés que l'on attribue conceptuellement aux technologies génériques (GPT) qui doivent, à la suite de Lipsey *et al.* (2006) être (1) améliorables de façon très importante (*Improvement*), (2) utilisables partout à grande échelle (*Pervasiveness*) et (3) avoir une capacité à créer des opportunités d'innovation très importantes dans les secteurs utilisateurs (*Ability to spawn innovation*). Les études économétriques disponibles, même si elles restent peu nombreuses, montrent

²⁴ <https://cordis.europa.eu/project/id/290597/reporting/fr>

également (Cf. section 2) (1) qu'aux investissements dans les TIC et dans les actifs complémentaires que sont les logiciels et la formation sont associés, comme pour la R&D, « des rendements en excès » et des effets spécifiques d'externalités qui peuvent être source de croissance endogène, (2) que les élasticités de la PTF aux investissements dans les TIC sont proches de celles trouvées habituellement pour la R&D, et centrées autour de 0,8, et les ordres de grandeurs semblent être similaires pour les logiciels et la formation, et (3) qu'il existe des complémentarités fortes entre les investissements dans les TIC et les investissements dans un large spectre d'actifs intangibles autres que la R&D, le lien avec la R&D ressortant lui-même plus indirect en relation avec les « effets de réseau » et des complémentarités stratégiques existant entre les entreprises des différents secteurs de production. Nous allons maintenant développer chacun de ces trois derniers points.

Une fonction d'innovation tri-dimensionnelle

Comme NEMESIS est un modèle sectoriel, c'est d'abord à ce niveau qu'y est représentée l'innovation. Cette fois à la différence du modèle QUEST III et des modèles NTC que nous avons passés en revue dans la section 2, les innovations, A , sont une fonction CES de trois sous-innovations ou « composantes », A^j , résumant la stratégie d'innovation des entreprises, qui va s'appuyer à la fois sur des investissements dans la R&D, dans les TIC (le matériel) et dans les autres intangibles (OI) (les logiciels et la formation professionnelle dans NEMESIS), mais dans des proportions plus ou moins importantes selon les secteurs auxquels elles appartiennent. Ces trois « composantes » de l'innovation sont combinées par une fonction $G(.)$ à rendements d'échelle constants de type CES, et avec une élasticité de substitution inférieure à 1 pour traduire leur forte complémentarité. Nous avons pour un secteur i dans un pays donné :

$$(46) A_{it} = G(A_{it}^j) = SC_{Ai} \cdot \left[\sum_j \delta_i^{j^{1+\rho_A}} \cdot A_{it}^{j^{-\rho_A}} \right]^{-\frac{1}{\rho_A}}, \quad j = R\&D, TIC, OI,$$

avec SC_{Ai} un paramètre d'échelle, δ_i^j des paramètres de distribution reflétant la part de chaque composante dans le coût total des innovations, et $\sigma_A = \frac{1}{1+\rho_A}$, l'élasticité de substitution entre les trois composantes.

Chaque composante de l'innovation, A^j , est elle-même une fonction positive des externalités de connaissances reçues, $KNOW^j$ et du taux d'investissement du secteur, $\frac{j_{it}}{Y_{it}}$, dans le facteur d'innovation j . Nous avons :

$$(47) A_{it}^j = G^j \left(KNOW_{it}^j, \frac{j_{it}}{Y_{it}} \right) = SC_i^j \cdot KNOW_{it}^j \lambda_i^j \frac{j_{it}}{Y_{it}}, j = R\&D, TIC, OI,$$

avec SC_i^j , un paramètre d'échelle et λ_i^j un paramètre de productivité positif. L'idée sous-jacente dans cette formulation est que pour chaque composante de l'innovation, j , l'impact des connaissances disponibles est une fonction positive croissante de l'effort d'investissement du secteur dans le facteur d'innovation j . Ainsi plus un secteur investit en R&D, plus il est mesure d'absorber les connaissances générales scientifiques et technologiques pour les transformer en innovations technologiques, plus il investit en TIC mieux il est à même d'absorber les savoir-faire spécifiques dans l'utilisation des matériels TIC et de les adapter à ses besoins, et enfin le plus il investit en OI le mieux il pourra profiter des progrès généraux dans le génie logiciel, ou dans les méthodes pour adapter les compétences et l'organisation des tâches de production aux exigences de l'innovation.

En introduisant maintenant l'expression des composantes de l'innovation donnée par l'équation (47) dans l'équation (46), et en passant en taux de croissance avec l'hypothèse qu'à long terme le taux d'investissement dans les différents facteurs d'innovation est constant, on obtient alors l'expression du taux de croissance de l'innovation dans le secteur :

$$(48) \frac{\Delta A_{it}}{A_{it-1}} = \sum_j \varepsilon_{Aj}^A \cdot \lambda_i^j \cdot \frac{j_{it}}{Y_{it}} \cdot \frac{\Delta KNOW_{it}^j}{KNOW_{it-1}^j}, j = RD, ICI, OI$$

où ε_{Aj}^A sont les élasticités de l'innovation à chacune des trois composantes découlant de l'expression de la fonction $G(\cdot)$. Nous voyons d'après cette équation que le taux de croissance de l'innovation dans un secteur est finalement une combinaison linéaire à travers les élasticités ε_{Aj}^A , des contributions de chaque composante de l'innovation, $\lambda_i^j \cdot \frac{j_{it}}{Y_{it}} \cdot \frac{\Delta KNOW_{it}^j}{KNOW_{it-1}^j}$, à l'innovation globale du secteur. Comme la somme de ces élasticités est égale à 1, ($\sum_j \varepsilon_{Aj}^A = 1$), une façon possible d'interpréter les coefficients est de considérer qu'ils mesurent, au sein d'un secteur donné, la proportion des firmes qui appuient leurs stratégies d'innovation sur la R&D, sur les ICT ou sur les OI. Mais comme l'ont montré par exemple Srholec et Verspagen (2012) sur un échantillon de 13 055 entreprises de 13 pays européens issu de la troisième édition de l'enquête européenne sur l'innovation, et comme le confirment les études économétriques récentes sur les complémentarités existant entre les trois facteurs d'innovation (Cf. *infra*, section 2), la réalité est plutôt que les entreprises qui basent leurs stratégies d'innovation sur un seul « ingrédient », notamment la R&D, sont une petite minorité. Srholec et Verspagen (*ibid*) montrent au contraire que pour la plupart des entreprises la stratégie d'innovation s'appuie sur au moins trois des quatre facteurs d'innovation qu'ils identifient : (1) la R&D et les activités liées à l'acquisition ou au développement de facteurs intensifs en connaissances (droits de propriété intellectuelle, etc.), (2)

l'introduction de changement organisationnels, l'adaptation des tâches productives et des stratégies marketing, (3) l'acquisition de biens de production innovants et de technologies innovantes qui sont externes à l'entreprises, ou encore (4) la modification des procédés de fabrication en réponse aux exigences environnementales de leurs clients. Les auteurs trouvent néanmoins, à la suite de Leiponen et Drejen (2007), que les stratégies d'innovation des entreprises sont très hétérogènes au sein d'un même secteur, mais qu'elles diffèrent également de façon très significative entre les secteurs (en utilisant une nomenclature proche de celle du modèle NEMESIS) et des pays. Les valeurs respectives des « poids » $\varepsilon_{A_j}^A$ résument ainsi plutôt la stratégie moyenne qui est utilisée pour innover dans les différents secteurs et dans les différents pays représentés dans le modèle NEMESIS.

La modélisation des externalités de connaissance

Les méthodes utilisées dans NEMESIS pour modéliser les externalités de connaissances dont un secteur bénéficie ont été développées dans le cadre du projet de recherche européen DEMETER²⁵, et présentent l'avantage de mesurer ces externalités dans les dimensions intra-/inter-sectorielle et intra-/inter-nationale en même temps. Nous avons pour chaque facteur d'innovation j :

$$(49) \text{KNOW}_{it}^j = \sum_z \omega_{iz}^j \cdot S_{jzt-\Delta}, j = RD, ICI, OI,$$

avec ω_{iz}^j les poids mesurant pour chaque facteur j et chaque secteur i les externalités reçues à la date t depuis les différentes sources z de type pays-secteur, $S_{jzt-\Delta}$ les stocks de facteur j accumulés par la source z , et le paramètre Δ mesurant le retard à partir duquel les investissements dans chaque facteur commencent à produire des externalités. Les stocks de facteurs sont déterminés classiquement par la méthode de l'inventaire perpétuel :

$$(50) S_{jit} = (1 - \delta_j) \cdot S_{jit-1} + j_{it}, j = RD, ICI, OI,$$

avec δ_j le taux de déclassement annuel du facteur j , qui a été fixé par Corrado *et al.* (2012) à 15 % pour la R&D, à 0,315 % pour les TIC et à 0,4 % pour les logiciels et la formation. Pour la R&D, la définition du facteur RD_{it} est un peu différente de celle utilisée jusqu'ici, regroupant ici à la fois les investissements du secteur i dans la R&D, que nous renommerons IRD_{it} mais également les externalités de

²⁵ <https://cordis.europa.eu/project/id/217397/reporting/fr>. Ce projet de recherche coordonné par Paul Zagamé, directeur scientifique de l'équipe ERASME, s'est achevé en 2012. Il avait notamment pour objectifs de mieux appréhender théoriquement et empiriquement (1) le rôle joué dans l'innovation par les externalités de connaissance, (2) les relations entre les investissements en TIC et l'évolution de la productivité sectorielle et (3) les complémentarités/substituabilités entre actifs tangibles et intangibles (Cf. Le Hir, 2012).

connaissances qu'il reçoit de la recherche publique nationale, $PIRD_{it-2}$ après un délai que nous avons posé à 2 années. Nous avons ainsi pour le stock de R&D finalement « utilisé » par chaque secteur :

$$(51) SRD_{it} = (1 - \delta_j) \cdot SRD_{it-1} + IRD_{it} + \alpha_{pi} \cdot PIRD_{t-2}, j = RD, ICI, OI,$$

avec le coefficient α_{pi} mesurant la part des investissements dans la recherche publique qui va bénéficier directement au secteur i , les coefficients α_{pi} étant dans NEMESIS proportionnels à l'effort relatif d'investissement en R&D de chaque secteur.

Les paramètres de diffusion des connaissances ω_{iz}^j sont déterminés à partir de matrices de citations de brevets entre pays et secteurs établies au niveau mondial en utilisant les bases de données de l'offices de brevets européen (PATSTAT), américain (USPTO) et japonais (JPO). Ces matrices²⁶ combinent les citations de brevets allouées entre pays par classes technologiques, avec la matrice de concordance de l'OCDE (Johnson, 2002) pour allouer ensuite ces citations entre secteurs productifs au moyen de deux approches différentes. La première considère les secteurs qui vont industrialiser les innovations portées par les brevets, ce sont les secteurs producteurs ou IOM (pour « *Industry Of Manufacturing* »); la seconde les secteurs qui utilisent ces technologies, ce sont les secteurs utilisateurs ou SOU (pour « *Sector Of Use* »). Pour les externalités de R&D on utilise une matrice de type IOM-IOM retraçant les externalités de connaissances pures entre les secteurs qui investissent en R&D et industrialisent les nouvelles technologies. Ce sont les secteurs industriels pour l'essentiel avec l'idée que plus deux secteurs sont proches au niveau des classes technologiques auxquelles leurs brevets appartiennent, plus ils seront en mesure de s'échanger des connaissances. Pour les externalités associées aux TIC et aux OI, on utilise au contraire une matrice SOU-SOU retraçant les externalités de connaissances, moins codifiées que pour la R&D et relatives à des problématiques davantage organisationnelles, entre les secteurs qui adoptent les technologies, c'est-à-dire entre l'ensemble des secteurs et principalement les industries de services. L'idée est cette fois que plus deux secteurs utilisent des technologies similaires, plus leurs méthodes de production sont proches, et plus ils seront en mesure de s'envoyer des connaissances sur la façon d'adapter les nouvelles technologies, de faire évoluer les compétences de la main-d'œuvre et de réorganiser leur processus de production.

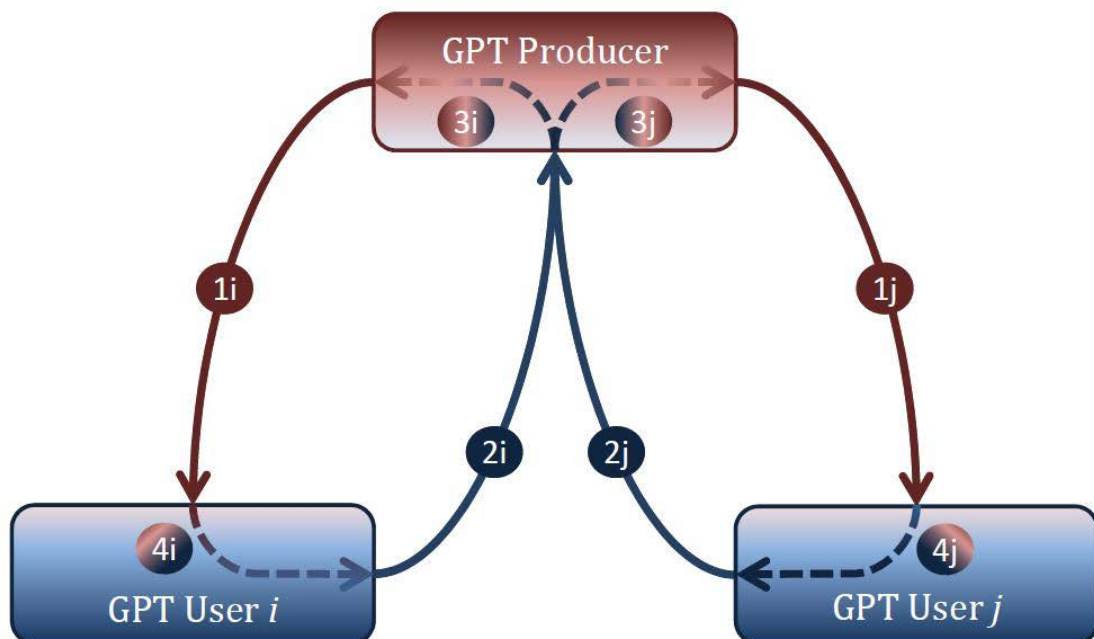
Le rôle des complémentarités stratégiques entre secteurs productifs

Ce nouveau cadre utilisé dans NEMESIS pour représenter l'innovation à partir du concept de TIC comme technologie générique ou habilitante, introduit dans le modèle, au-delà des externalités de

²⁶ Les matrices ont été développées par Meijers et Verspagen (2010) dans le cadre du projet de recherche DEMETER ; voir aussi Belderbos et Mohnen (2013).

connaissances entre les secteurs utilisateurs des nouvelles technologies que nous venons de décrire, des externalités à la fois « verticales » entre secteurs producteurs et secteurs utilisateurs, et « horizontales » entre secteurs utilisateurs. Les externalités horizontales courent dans deux sens (Figure 1) : les innovations des secteurs producteurs augmentent la productivité des secteurs utilisateurs (flèches 1i et 1j) et inversement plus les « utilisateurs » sont nombreux, plus les incitations sont fortes pour les « producteurs » d’améliorer leurs technologies (flèches 2i et 2j). Ces externalités reflètent les complémentarités d’innovation existant entre les deux types de secteurs, et un problème d’appropriabilité des résultats de l’innovation allant dans les deux sens, que Holstrom (1982) et Tirole (1994) ont décrit théoriquement comme un problème d’« aléa moral bilatéral ». L’externalité horizontale entre secteurs utilisateurs lie les intérêts des agents adoptant les technologies : plus les utilisateurs sont nombreux, plus la demande augmente, conduisant les producteurs à investir davantage dans la recherche pour améliorer les technologies, ce qui en retour réduit encore les coûts dans les secteurs utilisateurs. Cette externalité crée un effet positif d’entraînement dans l’adoption des TIC reflétant le caractère générique de ces technologies. Sur la Figure 1, ces caractéristiques sont décrites par les flèches 2j, - 3j -1i pour les externalités générées par l’utilisateur i sur l’utilisateur j, et réciproquement par les flèches 2j, - 3j -1i pour les externalités courant dans l’autre sens.

Figure 1 : Les mécanismes des TIC comme technologies génériques ou habilitantes (GPT)



Source : Le Hir (2012) et Fougeyrollas et al. (2015)

La calibration des effets des innovations sur la performance économique et sur le volume d'emploi des secteurs

Pour revenir maintenant au niveau d'un secteur et sur la façon dont les innovations qu'il met en place vont modifier sa performance économique et son volume d'emploi *ex-ante*, c'est-à-dire avant les effets des complémentarités d'innovation et de « bouclage » macroéconomique décrits plus haut, NEMESIS opère une distinction centrale entre les effets des innovations de « procédé » et ceux des innovations de « produit ».

D'une part, dans la plupart des études qui désagrègent de cette façon les effets des innovations, on trouve généralement des rendements supérieurs pour les entreprises des innovations de procédé par rapport aux innovations de produit. C'est le cas par exemple dans la plupart des études citées par Hall *et al.* (2009, *ibid*) comme celles de Clark et Griliches (1984), Griliches et Lichtenberg (1984), Link (1982), Terleckyj (1982), Scherer (1982, *ibid* ; 1983) et Hanel (1994). Comme l'expliquent Hall *et al.* (*ibid*) il existe de nombreuses raisons à cela, comme le simple fait que les deux types d'innovations²⁷ sont souvent complémentaires et leurs impacts difficiles à séparer empiriquement, ou que l'innovation de produit entraîne souvent une phase de « démarrage » et de « débogage » réduisant ses rendements à court terme. Mais, de façon plus importante, les effets des innovations de produit sont difficiles à mesurer en raison de l'insuffisante prise en compte des améliorations de qualité des produits dans les indices de prix, notamment en ce qui concerne les services et la production non marchande.

D'autre part, Hall (2011) montre analytiquement que les innovations de produit ont des impacts toujours positifs sur l'activité et l'emploi des entreprises si l'élasticité prix de la demande est inférieure à 0, alors que les effets des innovations de procédé sur l'activité et l'emploi sont toujours faibles ou nuls si l'élasticité prix de la demande est inférieure à 1 en valeur absolue, résultats qu'elle confirme (Hall, 2011, *ibid*) sur un échantillon d'entreprises industrielles appartenant à 15 pays européens (CIS 3). De façon similaire, Peters *et al.* (2014) montrent que les effets des innovations de procédé et des innovations organisationnelles sur l'emploi sont inférieurs à ceux des innovations de produit, et Damijan *et al.* (2014) concluent de leur revue de littérature que comme pour l'industrie, les études sur les services trouvent généralement un impact sur l'emploi négatif après les innovations de procédé et positif avec les innovations de produit, et qu'« aucune différence majeure » ne semble émerger de la littérature, ce qui confirment également Harrison *et al.* (2008) et Bogliacino *et Pianta* (2010).

²⁷ Dans toutes ces études l'« innovation » est en fait proxisée par les dépenses de R&D orientées vers l'amélioration des procédés ou des produits (amélioration de la qualité des produits existants ou nouvelles variétés de produits).

Dans NEMESIS, à la différence du modèle QUEST III et du modèle RHOMOLO qui ne représentent que les innovations de procédé, il nous est ainsi apparu indispensable de bien distinguer analytiquement les effets deux types d'innovations. La tâche est rendue difficile puisque les innovations de procédé et de produit sont le plus souvent imbriquées, à un nouveau produit correspond le plus souvent l'introduction d'une nouvelle méthode de production, et à un nouveau procédé de fabrication celle d'un nouveau produit, comme la labélisation « vert » d'anciens produits autrefois peu respectueux des normes environnementales. La solution retenue dans le modèle a été de considérer que les innovations mises en place par un secteur, A_{it} , lui permettent à la fois d'améliorer son procédé de fabrication, c'est l'« effet PTF », et de mettre au point de nouvelles variétés de produits et/ou d'augmenter la qualité moyenne des produits existants, c'est l'« effet qualité ».

L'« effet PTF » des innovations s'obtient analytiquement en partant de la fonction de production $F(.)$ du secteur combinant au premier niveau de la structure productive les innovations A_{it} à l'emploi des facteurs de production ordinaires X_{it} :

$$(52) \quad Y_{it} = (A_{it-1}, X_{it}) = C_i \cdot \left[\delta_{A_i}^{1+\rho_Y} \cdot A_{it-1}^{-\rho_Y} + \delta_{X_i}^{1+\rho_Y} \cdot X_{it}^{-\rho_Y} \right]^{\frac{1}{\rho_Y}}$$

avec C_i un paramètre d'échelle, δ_{A_i} le paramètre de distribution représentant « la part des innovations » dans le coût total de production, $\delta_{X_i} = 1 - \delta_{A_i}$ représentant similairement celle des facteurs de production ordinaires, et $\sigma_Y = \frac{1}{1+\rho_Y}$ l'élasticité partielle de substitution entre les innovations et les facteurs de production ordinaires. Nous voyons que les innovations entrent dans cette équation après un délai de maturation d'un an. L'« effet PTF » se calcule alors, après avoir inversé l'équation (52) en X , comme « moins » l'élasticité de la demande de facteurs de production ordinaires aux innovations ; soit :

$$(53) \quad \alpha_i = - \frac{\partial \ln(X_{it})}{\partial \ln(A_{it-1})} = \frac{\delta_{A_i}}{1-\delta_{A_i}}$$

où l'on a supposé pour simplifier, comme c'est le cas dans le modèle NEMESIS, que l'élasticité de substitution partielle entre les innovations et les facteurs de production ordinaires est parfaite ($\sigma_Y = 1$). Cet « effet TFP » mesuré par l'élasticité α_i traduit ainsi combien une augmentation de 1 % des innovations va permettre de réduire, pour un niveau de production donné, l'emploi de facteurs de production ordinaires. Comme d'après l'équation (52) l'innovation a « *ex-ante* » un effet « neutre » au sens de Hicks sur l'emploi des facteurs de production ordinaires, cette élasticité exprime ainsi également dans quelle mesure les « effets TFP » de l'innovation vont contribuer à augmenter la productivité du travail dans les différents secteurs de production. Ensuite, comme que la valeur de

l'élasticité est proportionnelle à celle du paramètre δ_{A_i} , mesurant la part des innovations dans le coût total de production, on voit que l'impact des innovations sur la productivité dans le modèle NEMESIS est plus important dans les secteurs qui investissent le plus dans l'innovation, comme nous l'enseignent les résultats des études économétriques de la section 2. Remarquons finalement que d'après l'équation (48), si les intensités des facteurs d'innovations ($\frac{j_{it}}{Y_{it}}, j = RD, ICI, OI$) sont constantes à long terme, le taux de croissance des innovations va évoluer proportionnellement à la croissance des externalités de connaissance ($\frac{\Delta KNOW_{it}^j}{KNOW_{it-1}^j}, j = RD, ICI, OI$). Ainsi, si les entreprises du secteur i répercutent intégralement la baisse des coûts annuels de production qui va en résulter en baisses de prix, et si l'élasticité prix de la demande, ε_i^D , est supérieure à 1 en valeur absolue, alors les « effets TFP » des innovations auront *ex-ante* un effet positif sur l'emploi dans le secteur. Dans tous les autres cas, l'impact sur l'emploi sera comme annoncé négatif. C'est toujours le cas dans un modèle économétrique comme NEMESIS, où les élasticité prix de la demande sont généralement inférieures à 1 même à long terme. L'effet sur la croissance du secteur sera lui toujours positif et plus ou moins fort selon le comportement de marge adopté par les entreprises, et l'importance de l'élasticité prix de la demande qui leur est adressée.

L'« effet qualité » des innovations s'obtient ensuite en supposant que les clients des entreprises dans un secteur donné ont un « goût pour la nouveauté » faisant augmenter leur demande dès que le prix ajusté de la qualité des produits qui sont vendus diminue, $\frac{P_{Y_{it}}}{Q_{it}}$, avec $P_{Y_{it}}$ le prix de marché des produits et :

$$(54) Q_{it} = A_{it-1} \alpha'_{it}$$

leur indice de qualité moyenne. Nous voyons par l'équation (54) que l'indice de qualité moyenne des produits suit la croissance des innovations avec un élasticité $\alpha'_i > 0$ dans le modèle NEMESIS. La valeur de cette élasticité est difficile à déterminer empiriquement, en l'absence d'études significatives sur le sujet. Comme les innovations de procédé et de produit sont le plus souvent indissociables, la solution retenue dans NEMESIS pour fixer la valeur de α'_i a été de considérer que l'« effet qualité » est le plus fort dans les secteurs où l'« effet PTF » est lui-même le plus fort, avec un coefficient de proportionnalité $m_i > 0$ tel que l'« effet qualité » évolue dans le temps proportionnellement à « effet PTF » :

$$(55) \alpha'_i = m_i \cdot \alpha_i$$

Pour la calibration toute la question est finalement le choix de la valeur du paramètre m_i , c'est-à-dire l'importance relative des innovations de produit par rapport aux innovations de procédé que l'on peut exprimer par le coefficient de répartition $s_i^P = \frac{m_i}{1+m_i}$, mesurant « la part » des innovations de produit dans les innovations d'ensemble, avec également $1 - s_i^P = \frac{1}{1+m_i}$, « la part » des innovations de procédé. Il faut rappeler qu'à la différence de l'« effet PTF » des innovations qui augmente la productivité du travail et peut impacter *ex-ante* négativement le volume d'emploi dans le secteur, leur « effet qualité » accroît dans le modèle l'activité et l'emploi du secteur proportionnellement, avec l'élasticité $-\varepsilon_i^D \cdot m_i \cdot \alpha_i > 0$, dès lors que les innovations ne conduisent pas les entreprises à augmenter leur taux de marge, comme c'est le cas dans le modèle NEMESIS où il est constant.

Tableau 2 : Effet *ex-ante* des innovations sur l'activité et l'emploi dans un secteur

	Effet PTF	Effet Qualité	Effet total
Activité	$-\varepsilon_i^D \cdot \alpha_i$	$-\varepsilon_i^D \cdot m_i \cdot \alpha_i$	$-\varepsilon_i^D \cdot \alpha_i \cdot (1 + m_i)$
	> 0	> 0	> 0
Emploi	$-\alpha_i \cdot (1 + \varepsilon_i^D)$	$-\varepsilon_i^D \cdot m_i \cdot \alpha_i$	$-\alpha_i \cdot [1 + \varepsilon_i^D \cdot (1 + m_i)]$
	> 0 si $\varepsilon_i^D < -1$	> 0	> 0 si $\varepsilon_i^D \cdot (1 + m_i) < -1$

Le Tableau 2 résumant les effets *ex-ante* des innovations sur l'activité et l'emploi au sein d'un secteur souligne ainsi que les impacts de l'« effet PTF » et de l'« effet qualité » sur l'activité sont identiques lorsque les « parts » de l'innovation de procédé et de produits dans l'innovation totale du secteur sont identiques ($m_i = 1$ et $s_i^P = \frac{1}{2}$), et que leur effet total sur l'activité est toujours positif. Sur l'emploi, l'impact de l'« effet qualité » est toujours positif mais comme celui de l'« effet PTF » n'est positif que si l'élasticité prix de la demande est inférieure à -1 ($\varepsilon_i^D < -1$), l'effet total sur l'emploi reste indéterminé et n'est positif que pour $\varepsilon_i^D \cdot (1 + m_i) < -1$. La présence de l'« effet qualité » permet toutefois de diminuer la valeur de l'élasticité prix de la demande (en valeur absolue) qui est nécessaire pour que les innovations aient un effet total positif sur l'emploi. Par exemple lorsque les parts des innovations de procédé et de produit sont les mêmes ($m_i = 1$), il suffit que l'élasticité prix de la demande soit inférieure à -0,5 pour obtenir un effet positif des innovations sur l'emploi, au lieu de -1 s'il n'y avait que des innovations de procédé. Soulignons enfin qu'en raison de l'impact potentiellement

négatif des innovations de procédé sur l'emploi, l'effet total des innovations sur l'activité sera toujours supérieur, en pourcentage, aux effets qui sont mesurés pour l'emploi.

Nous voyons que ce partage entre innovations de procédé et innovations de produit joue un rôle central pour calibrer les effets totaux des innovations sur l'activité et sur l'emploi dans le modèle NEMESIS. Dans la calibration « par défaut » du modèle, le paramètre m_i est fixé à 0,5 impliquant que dans le modèle la part des innovations de produit est de 33 %, et celle des innovations de procédé de 67 %. Avec ce paramétrage, avec des valeurs moyennes d'environ 0,1 pour α_i , conformément aux résultats moyens de la littérature économétrique présentée dans la section 2, et d'environ -0,8 pour l'élasticité prix de la demande (ε_i^D), une augmentation d'1 % de l'innovation dans le modèle a pour effet d'accroître *ex-ante* le niveau d'activité de 0,12 % et le volume de l'emploi de 0,02 %, soit un gain de PTF de 0,1 %. Par comparaison, dans des modèles d'équilibre général comme QUEST III et RHOMOLO dans lesquels les élasticités prix ont des valeurs plus proches de -1 à long terme, mais dans lesquels les « effets qualités » des innovations sont absents, les effets *ex-ante* des innovations seraient, toutes choses égales par ailleurs, proches de 0,1 % pour l'activité et de 0 % pour l'emploi à long terme, avec un effet similaire à NEMESIS de 0,1 % pour la PTF. Ainsi il n'est pas étonnant qu'avec ces deux modèles les impacts estimés des politiques de soutien à la R&I sur l'emploi soient faibles.

Résumé sur les propriétés de croissance du modèle

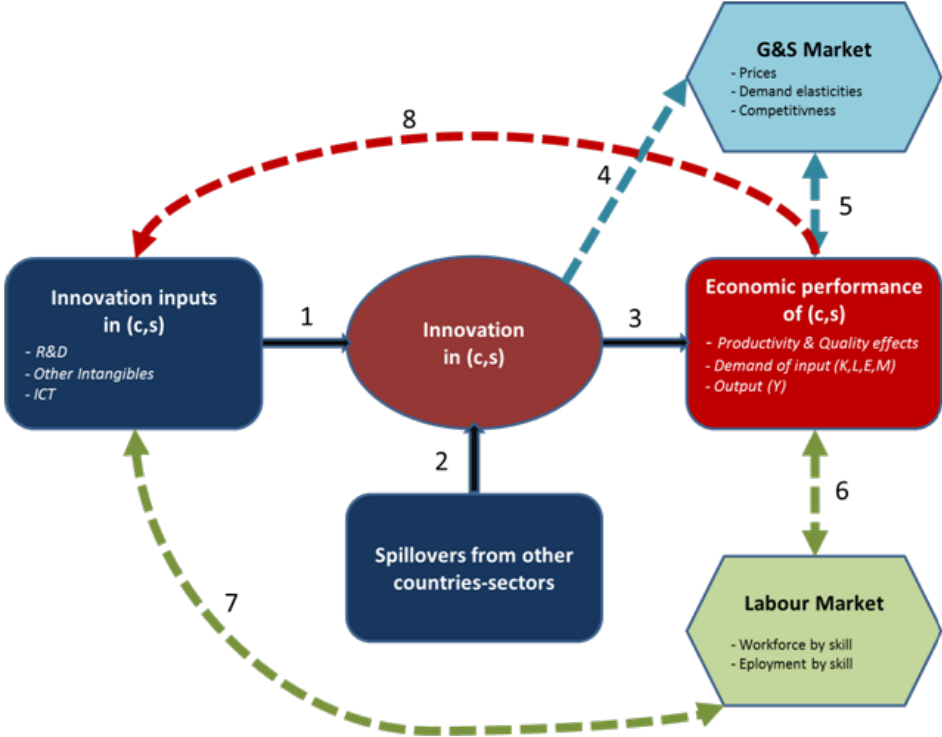
En utilisant l'équation (48) pour le taux de croissance des innovations à long terme et en utilisant l'expression du Tableau 2 pour l'élasticité de l'activité aux innovations, on peut terminer de décrire, toujours *ex-ante*, c'est-à-dire sans prise en compte des effets des complémentarités d'innovation et de « bouclage » macroéconomique, comment évolue le taux de croissance (endogène) de l'activité à long terme au sein d'un secteur dans NEMESIS. Nous avons :

$$(56) \frac{\Delta Y_{it}}{Y_{it-1}} = -\varepsilon_i^D \cdot \alpha_i \cdot (1 + m_i) \cdot \sum_j \varepsilon_{Aj}^A \cdot \lambda_i^j \cdot \frac{j_{it}}{Y_{it}} \cdot \frac{\Delta KNOW_{it}^j}{KNOW_{it-1}^j}, j = RD, ICI.$$

Nous voyons d'après l'équation (56) qu'il n'y a pas de croissance endogène au niveau d'un secteur ou au niveau macroéconomique dans NEMESIS sans croissance des externalités de connaissance. Cette propriété relie, d'un point de vue théorique, la modélisation de l'innovation dans le modèle à la littérature sur la croissance semi-endogène où la source ultime de la croissance résulte de l'augmentation exogène des externalités de connaissance, mesurées ici au niveau mondial, sous l'influence des évolutions démographiques. Dans NEMESIS, cette propriété de croissance semi-endogène a simplement été étendue à des sources d'externalités autres que celles provenant des activités de recherche. La conséquence est que la valeur du taux de croissance endogène dans

NEMESIS est fortement dépendante des hypothèses qui sont faites sur la croissance des externalités dans le scénario de référence du modèle. On retient généralement l’hypothèse dans ce scénario de référence, qui va jusqu’en 2050, que le taux d’investissement dans chacun des facteurs d’innovation est constant à moyen- (2025 environ) long terme (2050), et que la croissance des connaissances est influencée par celle du PIB mondial. Nous voyons ensuite que l’approche de la croissance utilisée dans NEMESIS se conforme également à celle des modèles de croissance endogène de seconde génération initiée par Young (1998, *ibid*), Aghion et Howitt (1998, *ibid*), Dinopoulos et Thomson (1998, *ibid*), Peretto (1998, *ibid*) et Howitt (1999, *ibid*) : le taux de croissance de long terme est une fonction positive du taux d’investissement dans les facteurs d’innovation, qui peut être influencé par des instruments de politique économique. Il résulte enfin des deux propriétés précédentes que la façon dont les politiques visant à augmenter de façon permanente l’effort de R&I des entreprises agissent sur la croissance se divise en deux effets : (1) l’augmentation de la capacité des entreprises à exploiter les connaissances existantes (« effet d’intensité »), qui est un effet de long terme, et (2) la création de nouvelles connaissances qui accroissent la productivité des facteurs d’innovation (« effet connaissances »), qui est un effet davantage transitoire à défaut d’être en mesure de déplacer significativement la frontière technologique dans le temps. Dans le modèle, ces deux effets peuvent jouer des rôles très différents en fonction, du secteur, du pays, du facteur d’innovation, ou encore de la temporalité qui est considérée

Figure 2 : Résumé du fonctionnement de l’innovation dans NEMESIS.



Si l'on ajoute aux propriétés de croissance précédentes, analysées au sein d'un secteur, l'influence exercé dans le modèle par les complémentarités d'innovations et le bouclage macroéconomique, on peut alors finir de décrire (Figure 2) comment l'innovation agit à travers le système économique d'ensemble dans NEMESIS.

Les innovations dans chaque secteur (s) et dans chaque pays (c) résultent d'investissement dans trois catégories de facteurs d'innovation, la R&D, les TIC, et les OI (logiciels et formation). En plus de leurs propres investissements, les entreprises bénéficient des externalités de connaissance émises par les autres entreprises, secteurs et pays, qui accroissant leur capacité à innover. La combinaison de ces deux éléments – les investissements en facteurs d'innovation et les externalités – génère des innovations (flèches 1 et 2) conduisant (flèche 3) à une augmentation de la performance économique des entreprises, dont la productivité, la qualité des produits, et la demande, vont augmenter (flèche 4). Au niveau des effets du bouclage macroéconomique, les interactions entre le marché des biens et services, le marché du travail, et les activités d'innovation (flèches 5 à 8), vont déterminer les niveaux de l'emploi, des revenus, de la demande, et de l'investissement dans l'innovation, qui vont s'établir à l'équilibre. Enfin, dans une perspective dynamique, il ne faut pas oublier le rôle tenu dans ce bouclage par les complémentarités stratégiques existant entre les utilisateurs des technologies TIC, et les secteurs qui les produisent et les développent.

3.3. L'innovation dans le modèle RHOMOLO

RHOMOLO est un modèle d'équilibre général dynamique spatial développé par l'unité de Séville du Centre de recherche commun (JRC) de la Commission européenne, pour assister la Commission européenne dans l'évaluation des réformes structurelles, des politiques de cohésion et de développement, en incluant les politiques de soutien à la recherche, à un niveau spatial détaillé. Le modèle distingue 267 économies régionales en interaction et recouvrant l'ensemble de UE (27) plus le Royaume-Uni. Dans chaque région l'activité économique est découpée en dix secteurs : l'agriculture, la Pêche et la Forêt, les Mines et les fournisseurs d'énergie et de services de transports, la Construction, les Services d'information et de communication, la Finance, l'assurance et l'immobilier, les Activités de soutien aux entreprises, les Services publics, et les Autres services marchands. Chaque région a son gouvernement, un ménage représentatif et des entreprises opérant en concurrence pure et parfaite ou en monopole selon les secteurs. Du côté des entreprises, celles en concurrence monopolistique produisent des variétés de biens différentes et imparfaitement substituables. Leurs fonctions de production sont à rendements d'échelle constants sur les facteurs de production ordinaires, mais il existe des coûts d'entrée dans l'industrie. Les fonctions de production sont de type CES avec un emboîtement à trois niveaux : au premier niveau les consommations intermédiaires sont séparées des

autres facteurs, au deuxième niveau le capital est séparé du travail et au troisième le travail est finalement décomposé en trois niveaux de qualification, comme dans QUEST III. Le marché du travail est en concurrence imparfaite avec un fonctionnement pouvant au choix correspondre à un modèle WS-PS (comme dans QUEST III) ou à une courbe de Philips augmentée (comme dans NEMESIS). Les ménages ont des préférences de type CES. Ils consomment de tous les produits, et épargnent une fraction s constante de leurs revenus. Le gouvernement lève les taxes, réalise la dépense et l'investissement publics, et prend en charge les transferts vers les différents agents de l'économie. Le commerce extérieur, à la différence des deux autres modèles, n'a pas lieu avec les autres pays mais avec les autres régions européennes. Les flux de commerce sont bilatéraux et influencés par les coûts de production et de transport. Enfin, comme pour NEMESIS, le grand niveau de détail de RHOMOLO interdit toute dynamique tournée vers l'avenir et la résolution du modèle est récursive dynamique.

Modélisation de l'innovation et propriétés de croissance à long terme

Dans RHOMOLO l'innovation est modélisée de façon relativement simple et repose sur les investissements publics et privés dans la recherche. Dans la version courante du modèle les investissements en R&D ne sont pas endogénéisés et la façon dont les investissements dans la recherche influencent le fonctionnement du modèle passe par deux canaux : (1) un « effet de demande temporaire » et (2) des « effets structurels permanents ». Les « effets de demande temporaires » sont présents dans les trois modèles présentés ici et retracent les effets de multiplicateur keynésien que provoquent à court terme les investissements dans la recherche, qui s'accompagnent généralement de pressions inflationnistes qui agissent négativement sur la compétitivité, le temps que les innovations provoquées par les investissements ne produisent des effets significatifs sur la productivité. Les « effets structurels permanents » viennent ainsi de l'amélioration de la productivité en réponse à l'accumulation des stocks de R&D public et privé qui jouent un rôle symétrique dans le modèle. Nous avons :

$$(57) \frac{\Delta PTF_{rt}}{PTF_{rt-1}} = \sigma_r^{RD} \cdot \frac{\Delta R_{rt}}{R_{rt-1}},$$

où σ_r^{RD} mesure l'élasticité de la PTF dans la région r à une augmentation du stock de R&D, public et privé, dans cette région.

Éléments sur la calibration et le fonctionnement des mécanismes d'innovation

Nous voyons qu'analytiquement les mécanismes d'innovations présents dans le modèle RHOMOLO restent assez frustes. Ce constat est renforcé par la méthode de calibration utilisée pour l'élasticité de la PTF à la R&D dans le modèle qui n'est pas différenciée au niveau sectoriel mais seulement au niveau

régional : les régions avec la plus forte intensité de R&D ont l'élasticité la plus forte, ce qui est conforme à la théorie et aux résultats des études empiriques, mais dans une région l'élasticité est identique pour tous les secteurs, ce qui est difficilement justifiable. Nous voyons également que les externalités de R&D ne sont pas vraiment modélisées, notamment celles entre les différentes régions européennes. La raison la plus évidente de ces limitations et de ces simplifications est ainsi certainement le manque de données au niveau régional pour représenter les phénomènes d'innovations, et notamment les externalités de connaissances qui jouent pourtant un rôle central pour la croissance économique.

3.4. Que nous disent chacun des trois modèles dans le cas d'Horizon Europe ?

Pour compléter cette présentation méthodologique des modèles macroéconomiques appliqués aux politiques de R&I, voici finalement une illustration de leur utilisation dans le cas de l'évaluation *ex-ante* du prochain programme cadre pour la R&I de la Commission européenne, Horizon Europe. Cette évaluation a été réalisée à la demande de la Direction générale de la recherche et de l'innovation de la Commission européenne, et ses résultats ont été publiés en 2018 (CE, 2018, *ibid*). Les résultats présentés ici sont seulement ceux obtenus pour les impacts du programme sur le PIB européen, à défaut d'avoir pu disposer des résultats de QUEST III et de RHOMOLO au niveau national. Les résultats de RHOMOLO au niveau sectoriel ne sont pas non plus disponibles. Enfin, seul le modèle NEMESIS a été en mesure de fournir des résultats pour l'emploi que nous ne présentons pas ici. Le lecteur intéressé par des résultats détaillés du modèle NEMESIS pour l'emploi et l'activité aux niveaux sectoriel, national et européen peut se référer à Boitier et al. (2018, *ibid*).

Le programme Horizon Europe et sa mise en Œuvre dans les modèles

Horizon Europe (2021-2027) est le programme cadre pour la R&I de la Commission européenne qui va succéder au programme actuel H2020. La méthodologie commune aux trois modèles pour évaluer Horizon Europe a été de considérer un scénario, que nous avons appelé « continuation », où il est assumé que le programme actuel, H2020, serait prolongé par le programme suivant Horizon Europe, mais en prenant en compte le retrait du Royaume-Uni. De cette façon, le budget total qui a été considéré, de 70 milliards en euros constants de 2014 est similaire en ampleur à celui de H2020 puisque la perte de budget liée au retrait du Royaume-Uni (environ 15 % du total) est intégralement compensée par l'augmentation du budget qui était envisagée sous l'effet de la croissance économique au moment de réaliser l'étude (2 % par an en moyenne sur la période 2021-2027). Pour apprécier les impacts du programme, les résultats de ce scénario de « continuation » ont alors été comparés à ceux

d'un scénario alternatif de « discontinuation » dans lequel, par hypothèse, les programmes cadres de recherche de la Commission européenne seraient stoppés après la fin de H2020.

Au niveau de la mise en œuvre du programme dans les modèles, le premier aspect méthodologique qui a émergé est celui du financement du programme. Bien qu'il fût « tentant » de considérer que le financement « provient de nulle part », pour isoler les effets directs du programme sans autres considérations, il a été préféré de considérer qu'il provenait de différentes sources, en fonction des hypothèses préférées par les équipes en charge des différents modèles. Pour QUEST III, il a été retenu deux financements alternatifs du programme, une taxe additionnelle sur la valeur ajoutée des entreprises ou une réduction des investissements publics. Pour NEMESIS, le financement retenu a été également une réduction des investissements publics, mais en excluant, à la différence de QUEST III, les investissements dans la recherche dans les différents pays. Pour RHOMOLO le financement utilisé est venu également d'une coupe dans les investissements publics mais en incluant les investissements dans la recherche. Le deuxième aspect méthodologique a été la transcription temporelle du programme dans les modèles, qui doit prendre en compte la durée moyenne des projets de recherche qui sont financés, 33 mois en moyenne pour la première partie du programme H2020 (entre 2014 et 2016), ce qui est proche également de l'expérience du programme précédent (le FP7). Il a été également calculé qu'en moyenne 55 % des financements accordés sont dépensés la première année, 35 % la seconde et 10 % la troisième. Avec ces hypothèses, les investissements dans la recherche provoqués par le programme Horizon Europe devraient continuer jusqu'en 2029, soit deux ans après la fin officielle du programme. Le troisième aspect méthodologique, qui n'a concerné que le modèle NEMESIS, est la répartition entre les fonds allant à la « recherche de base », et ceux qui vont à la « recherche appliquée ». Les deux types de recherche agissent en effet de façon différenciée dans le modèle puisque la recherche appliquée, en plus d'augmenter les connaissances comme la « recherche de base », permet également aux entreprises de les transformer en innovations exploitables commercialement. Une fois encore cette répartition s'est appuyée sur l'expérience des programmes passés. Le quatrième aspect méthodologique ressort, pour tous les modèles, à la répartition géographique des financements, qui s'est également appuyée sur l'expérience des programmes FP7 et H2020. Finalement dans NEMESIS, il a été retenu que l'allocation sectorielle des subventions entre les secteurs dans un pays est proportionnelle à la part de chaque secteur dans les investissements totaux en R&D des entreprises dans ce pays, et il a été fait de même pour la répartition des fonds entre les régions dans le modèle RHOMOLO.

L'adaptation des mécanismes d'innovation des modèles aux spécificités des programmes de R&I européens

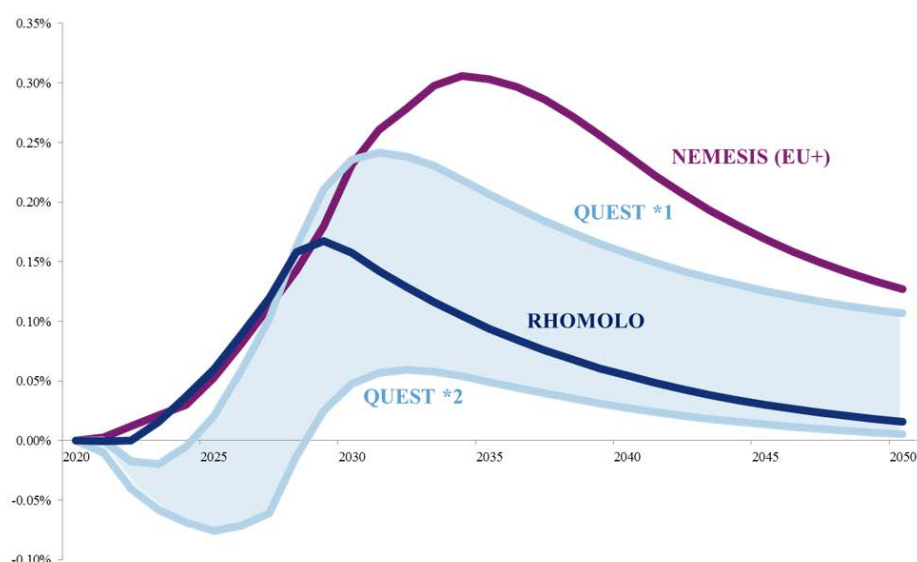
Les modèles ont également dû être adaptés aux spécificités des programmes cadre européens, comparés à d'autres types de soutiens aux activités de R&I, comme les subventions mises en place au niveau national par les États membres. Deux points particulièrement importants pour les résultats de l'évaluation ont été examinés. Le premier est la valeur de l'effet de levier des programmes européens sur les investissements dans la recherche des bénéficiaires. Le second est l'estimation de la « valeur ajoutée européenne », c'est-à-dire de la « qualité » de la recherche financée par un programme européen, par rapport à la recherche qui est réalisée à partir de sources de financement nationales. Sur ces deux points il existe de nombreuses études (voir par exemple l'analyse approfondie qui en est faite dans PPMI (2017, *ibid*) conduisant à conclure à une « valeur ajoutée européenne » d'environ 15 % (la recherche « européenne » est 15 % plus productive) et à un effet de levier des subventions européennes sur les investissements en recherche des bénéficiaires de 1,15 pour la recherche appliquée, contre seulement 1,1 pour les subventions nationales : chaque euro alloué provoque un investissement de 1,15 pour une subvention européenne et de 1,1 euro pour une subvention nationale. Pour la recherche de base, l'effet de levier est estimé à 1 qu'il s'agisse d'une subvention européenne ou d'une subvention nationale. Conformément à ces résultats empiriques, dans NEMESIS les paramètres du modèle ont été adaptés pour obtenir un effet de levier moyen de 1,1 pour les programmes européens (en pondérant les leviers pour la recherche appliquée et pour la recherche fondamentale) et une valeur ajoutée européenne de ces programmes de 15 %. Dans RHOMOLO, l'effet de levier a également été fixé à 1,1, mais l'hypothèse que la recherche financée au niveau européen est plus performante que celle financée au niveau national n'a pas été retenue. Enfin QUEST III a retenu les hypothèses d'un effet de levier de 1 et de l'absence de « valeur ajoutée européenne » pour le financement de la recherche.

L'impact d'Horizon Europe sur le PIB européen mesuré par les trois modèles

La Figure 3 qui présente les impacts du programme Horizon Europe sur l'évolution du PIB européen entre 2020 et 2050 montre - en laissant pour l'instant de côté le scénario « QUEST*2 – que les résultats calculés par les trois modèles ont des profils temporels similaires mais avec des impacts mesurés sur le PIB d'ampleur différente. On observe très peu de différences entre NEMESIS et RHOMOLO durant la durée du programme (2020-2027). C'est la première phase d'« investissement » où les effets constatés sur le PIB résultent principalement des effets de relance keynésienne des achats de matériel

et de l'embauche de personnel induits par les investissements dans la recherche provoqués par le programme. Pour QUEST III, les impacts négatifs du programme sur la PIB les premières années sont à rattacher à la forte rigidité de l'offre de travail qualifiée et au jeu de la règle de Taylor qui provoque une hausse des taux d'intérêts pour contenir les tensions inflationnistes provoquées par les investissements dans la recherche. Dans QUEST III ce n'est ainsi qu'en 2025, c'est-à-dire une fois que les investissements dans la recherche provoqués par les premières tranches du programme commencent à stimuler la compétitivité des entreprises et à réduire les coûts, que les impacts sur le PIB deviennent positifs. En 2027, la dernière année du programme, l'écart de PIB mesuré par les trois modèles est très proche, de l'ordre de 0,12-0,13%, mais l'intégrale des effets entre 2020 et 2027 mesurée avec QUEST III reste très inférieure à celle des deux autres modèles.

Figure 3 : Les impacts d'Horizon Europe sur le PIB européen vus par les trois modèles



*Source : Ravet et al. (2019). Note : Le programme est financé dans QUEST*1 par une augmentation de la TVA et dans QUEST*2 par une réduction des investissements publics.*

Après 2027, même si le programme continue à provoquer des investissements dans la recherche en 2028 (4,2 milliards) et en 2029 (1,4 milliards), les impacts mesurés sur le PIB sont principalement dus à l'arrivée des innovations provoquées par les investissements dans la recherche, qui réduisent les coûts et accroissent la demande. C'est la « phase d'innovation » dont la durée va dépendre de la force des externalités de connaissances à l'œuvre dans chaque modèle. Dans RHOMOLO, où ces externalités sont très limitées en l'absence notamment d'externalités internationales, après un maximum de + 0,17 % en 2029, l'écart de PIB commence ainsi à diminuer dès 2030, c'est-à-dire dès la fin des

investissements dans la recherche que le programme aura provoqués. Dans QUEST III les effets maximums sur le PIB sont atteints en 2031, avec + 0,24 %, avant de commencer à décroître. A cette date, l'écart de PIB obtenu avec NEMESIS est comparable à celui mesuré par le modèle QUEST III, mais dans NEMESIS il continue à croître jusqu'en 2034, avec environ + 0,32 %. C'est en effet dans le modèle NEMESIS que les externalités de connaissance ont le plus de force puisqu'en plus des externalités de R&D présentes dans QUEST III, il faut ajouter les externalités associées aux investissements dans les actifs complémentaires à la R&D (les ICT, les logiciels et la formation professionnelle), que va provoquer le programme à moyen-long terme. Après le pic sur l'écart de PIB dans chacun des modèles, c'est le début de la dernière phase d'« obsolescence » durant laquelle les connaissances scientifiques et technologiques nouvelles provoquées par le programme se déprécient progressivement, ramenant à terme l'écart de PIB vers 0. Dans RHOMOLO l'écart de PIB devient ainsi presque nul en 2050, après 30 ans de simulation. A cette date les effets du programme sur le PIB européen ont presque intégralement disparu dans RHOMOLO, tandis qu'ils sont encore très substantiels, et à des niveaux proches, dans QUEST III et NEMESIS, avec respectivement (environ) + 0,11 % et + 0,13 %. QUEST III et NEMESIS fournissent ainsi des résultats similaires à long terme mais obtenus, comme nous l'avons vu, à partir d'une représentation très différente des mécanismes d'innovation dans les deux modèles.

3.5. La méthodologie de l'évaluation macroéconomique du renforcement du CIR avec le modèle NEMESIS

Cette présentation succincte de l'évaluation *ex-ante*, avec les modèles QUEST III, RHOMOLO et NEMESIS, des impacts sur le PIB européen du prochain programme cadre pour la R&I de la Commission européenne, a permis de soulever des aspects méthodologiques essentiels pour l'évaluation macroéconomique de politiques de R&I. Nous en tirons ici quelques conclusions, organisées en cinq points, sur la façon d'évaluer les politiques de R&I avec les modèles de simulation macroéconomique, et sur les choix méthodologiques qui ont été finalement retenus dans cette étude sur l'évaluation des impacts économiques du renforcement du CIR avec NEMESIS.

Le premier point est que le travail d'évaluation avec les modèles n'est possible qu'à condition de disposer de suffisamment de données sur les dispositifs à évaluer. Ce point peut sembler trivial, pourtant les données nécessaires ne sont pas disponibles immédiatement, et une fois qu'elles le sont ce n'est pas toujours avec un degré de détail suffisant pour satisfaire à toutes les exigences des modèles. Dans le cas du CIR, au moment de réaliser l'étude, les données utilisées avec le modèle NEMESIS, que nous présentons dans la section 4, n'étaient disponibles que pour la période allant de 2007 à 2016. L'évaluation des impacts économiques du renforcement du dispositif après 2007 n'a ainsi été possible que sur la base des données pour les crédits d'impôts qui ont été accordés jusqu'en 2016.

Le deuxième point est que deux types de scénarios sont nécessaires pour être en mesure de bien apprécier les effets des politiques de R&I avec les modèles. Tout d'abord, des scénarios de type « *one shot* », où l'on suppose l'arrêt des programmes à une date donnée, comme pour l'évaluation *ex-ante* du programme européen Horizon Europe avec les modèles QUEST III, NEMESIS et RHOMOLO, que nous venons de présenter. Ensuite des scénarios dits « *forever* », dans lesquels le ou les dispositifs analysés sont supposés se poursuivre « pour toujours », comme par exemple pour l'évaluation *ex-ante* du programme européen actuel H2020 (CE, 2012 – annexe 5, *ibid*). Dans le cas du CIR, les scénarios étudiés avec NEMESIS, présentés dans la section 5, incluent ainsi deux types de scénarios : dans les scénarios de type « *one shot* » on stoppe le CIR en 2016, et dans les scénarios « *forever* », on le poursuit « pour toujours », comme c'est bien le cas jusqu'à aujourd'hui. Nous verrons à l'issue des sections 6 et 7, dans lesquelles nous présentons les résultats de l'évaluation du CIR avec NEMESIS, que les deux types de scénarios fournissent des évaluations différentes et complémentaires des impacts des politiques de R&I, mais seuls les scénarios de type « *forever* » permettent de mesurer correctement leurs effets à long terme, puisque, comme nous l'avons vu, les effets des politiques de R&I mettent beaucoup de temps à se déployer.

Le troisième point est l'adaptation des mécanismes et/ou des paramètres clé des modèles aux politiques qui sont analysées. Dans le cas d'Horizon Europe, il a été fait le choix dans QUEST III de ne pas recalibrer le modèle pour tenir compte de l'effet de levier du dispositif sur les investissements dans la recherche des bénéficiaires, qu'il est possible de retirer de l'expérience des programmes de recherche passés, ou des études économétriques. Il n'a pas été tenu compte non plus dans QUEST III, comme dans RHOMOLO, de l'effet de « valeur ajoutée européenne » d'Horizon Europe qui est mesurée à 15 % d'après les données issues des programmes FP7 et H2020. Les effets plus importants du programme sur le PIB européens mesurés avec le modèle NEMESIS par rapport à QUEST III, viennent ainsi du fait qu'avec NEMESIS nous avons retenu un effet de levier de 1,1 et une « valeur ajoutée européenne » de 15 % pour Horizon Europe, contre respectivement 1 et 0 % pour QUEST III. Dans le cas du CIR, l'évaluation avec le modèle NEMESIS s'est appuyée également sur l'expérience passée et notamment sur les valeurs de l'effet de levier du dispositif sur les investissements en R&D de la recherche issues des études économétriques qui ont été commandées par la CNEPI et le MESRI.

Le quatrième point concerne le financement des mesures. Pour Horizon Europe il a été retenu le choix que le financement ne venait pas de « nulle part » et les équipes en charge des différents modèles ont chacune retenu le mode de financement qu'elles préféraient. Le choix de mode de financement n'est pourtant pas neutre pour les résultats de l'évaluation. On peut le voir par exemple avec les résultats du scénario QUEST*2 sur la Figure 3 dans lequel dans QUEST III le programme Horizon Europe est financé par une réduction d'ensemble des investissements publics. Nous voyons que dans ce cas les

impacts du programme sur le PIB européen est négatif jusqu'en 2029, et que l'intégrale des effets entre 2020 et 2050 est à peine positive. La raison de ce résultat est que QUEST III retient l'hypothèse que les investissements publics, qui sont principalement des investissements dans les infrastructures, auraient ainsi des effets supérieurs sur le PIB, au moins à court et moyen terme, que les investissements dans la recherche. Le choix de financement retenu n'est ainsi absolument pas neutre sur les résultats des modèles et si l'on veut une obtenir une évaluation des politiques de R&I « en soi », c'est-à-dire sans autres considérations, il est ainsi nécessaire de simuler au moins un scénario de référence dans lequel le financement « vient de nulle part ». Cela est particulièrement justifié dans le cas des politiques de R&I, puisque celles-ci ont généralement un effet très positif sur les finances publiques à moyen-long terme. Pour cet ensemble de raisons, avec NEMESIS, il a été supposé dans cette étude sur les effets économiques du CIR que le financement du dispositif « vient de nulle part ». Une section a cependant été ajoutée au rapport pour illustrer comment il est possible d'analyser le coût d'opportunité du renforcement du dispositif CIR par rapport à la mise en place d'une politique alternative, ici une diminution du taux de l'impôt sur les sociétés pour un montant équivalent au coût du renforcement du CIR à partir de 2008 et après.

Le cinquième point concerne les mécanismes généraux des modèles et l'analyse de sensibilité. Le modèle NEMESIS est certainement le modèle qui décrit le mieux les phénomènes d'innovation, et c'est pour cette raison que c'est encore aujourd'hui le modèle le plus utilisé par la Commission européenne pour l'évaluation de ses politiques de R&I. Cela étant, la facture néo-keynésienne du modèle, et en particulier ses mécanismes de formation des prix et des salaires, ne sont pas sans conséquences sur l'évaluation avec le modèle des effets des politiques de R&I sur l'activité et sur l'emploi. Par conséquent, dans cette étude sur le CIR, nous avons réalisé une analyse de sensibilité des résultats à deux mécanismes centraux du modèle pour l'évaluation des politiques de R&I : l'« effet Phillips » et le comportement de marge à l'exportation des entreprises françaises.

4. L'évolution des montants alloués au titre du CIR depuis son renforcement en 2008 et leur allocation

Le Tableau 3 retrace les montants alloués par l'État au titre du CIR entre 2007 et 2016. Nous voyons que le renforcement du dispositif en 2008²⁸, s'est traduit par une augmentation des montants alloués

²⁸ Le principal changement dans le dispositif intervenu en 2008, concerne la suppression de la part du dispositif calculé sur la base de 40% de l'« accroissement » des dépenses de R&D des entreprises, et le dé plafonnement du CIR auparavant fixé à 16 millions d'euros. À partir de 2008 c'est uniquement la « masse » des dépenses qui est prise en compte dans le calcul, avec : 30 % des dépenses de R&D des entreprises pour une première

aux entreprises privées au titre du CIR, de 1,8 milliard en 2007 à 4,45 milliards d'euros courants en 2008, puis cette hausse s'est poursuivie à un rythme moindre.

Si l'on examine maintenant les évolutions mesurées en points de PIB de façon à gommer les effets de l'inflation sur les chiffres, le renforcement du CIR en 2008 a représenté une augmentation de 0,13 point de PIB en 2008 comparé à 2007, progressant à 0,16 point de PIB en 2009, 0,18 en 2010, 0,17 en 2011, puis 0,18 à partir de 2012 jusqu'en 2016. Les autres types d'aides à la recherche (les subventions directes principalement) représentaient 0,12 point de PIB en 2007. Après une augmentation à 0,21 point de PIB en 2008, elles ont représenté entre 0,18 et 0,15 point de PIB entre 2010 et 2016, soit une relative stabilité. Le CIR est ainsi devenu après 2008 le premier dispositif de soutien à la recherche des entreprises en France, où il représentait en 2016 65 % de l'ensemble des aides.

Tableau 3 : Évolution des montants alloués au titre du CIR entre 2006 et 2016

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CIR en millions d'euros courants										
<i>Source : GECIR juillet 2019, MESRI-DGRI-Sittar ; tous dispositifs confondus (recherche, innovation et collection)</i>										
Montant du CIR (Crédit d'impôt)	1802	4452	4880	5402	5381	5699	5763	5883	6082	6155
Taux de subvention à la recherche dont CIR en points de PIB										
<i>Source : OECD R&D Tax Incentive Database, http://oe.cd/rdtax, EUROSTAT (PIB) et GECIR</i>										
Taux de subvention à la R&D privée en points de PIB (OCDE) dont :	0,21	0,43	0,43	0,43	0,44	0,44	0,45	0,45	0,45	0,43
- CIR en points de PIB	0,09	0,22	0,25	0,27	0,26	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28
- Subventions directes à la recherche*	0,12	0,21	0,18	0,16	0,18	0,17	0,18	0,18	0,17	0,15
Renforcement du CIR après 2007 en millions d'euros courants et en points de PIB										
<i>Calcul: (CIR en points de PIB (OCDE) - CIR en points de PIB en 2017) X PIB en euros courants</i>										
Renforcement CIR (estimation)	-	2537	3019	3484	3398	3670	3714	3811	3989	4011
Renforcement CIR (en points de PIB)	-	0,13	0,16	0,18	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18

Sources : OCDE, base de données sur les incitations fiscales à la R&D (<http://oe.cd/rdtax>) et EUROSTAT (PIB).

* : Inclut les aides fiscales et les déductions de charges pour les jeunes entreprises innovantes (JEI) et les jeunes entreprises universitaires (JEU).

tranche jusqu'à 100 millions d'euros ; 5 % des dépenses de R&D au-delà de ce seuil de 100 millions d'euros ; pour les entreprises qui demandent à en bénéficier pour la première fois, le taux est de 50 % l'année d'entrée dans le dispositif et de 40 % la deuxième année. Ces taux majorés ont été réduits en 2011 puis supprimés en 2013.

Il faut préciser que le CIR inclut, outre les dépenses afférentes à la recherche, celles relatives à l'« innovation²⁹ » (CII) et aux « collections³⁰ » (CIR TXC). Pour illustrer les ordres de grandeur des créances relatives aux différents types de dépenses, le Tableau 3 indique pour l'année 2016, qui est la dernière année connue, que les créances fiscales au titre de la recherche ont représenté 96,3 % du total, et celles au titre de l'innovation et aux collections, respectivement 2,9 % et 0,8 %.

Au niveau de la distribution sectorielle du CIR, celle-ci est relativement stable et très corrélée à l'effort relatif de recherche des différents secteurs productifs, comme l'illustre le Tableau 5 pour l'année 2016.

C'est toutefois le cas pour la distribution sectorielle de la créance recherche qui représente 96,3 % du total des créances, avec 59,6 % du total pour l'industrie manufacturière, 38,1 % pour les services et 2,3 % pour les autres secteurs. La créance collection (Textile-Habillement-Cuit - THC) est pour sa part concentrée sur le secteur du textile, et la créance innovation sur les secteurs de services (72,5 %) avec notamment le secteur du Conseil et de l'assistance informatique, qui représente 40,8 % du total.

Tableau 4 : Entreprises déclarantes et bénéficiaires³¹ du CIR, dépenses et créances afférentes, selon le type de dépenses déclarées pour 2016

Type de dépenses déclarées	Nombre de déclarants	Dépenses déclarées (en M€)	% des dépenses	Nombre de bénéficiaires	Créance (en M€)	% de créance
Recherche	17 986	21 840	94,9	15 392	6 103	96,3
Innovation	6 670	921	4,0	6 480	185	2,9
Collection	1 099	265	1,2	1 069	52	0,8
Ensemble	25 335 ^(a)	23 026	100	19 939 ^(a)	6 340	100

Source : GECIR juillet 2019 (données semi-définitives), MESRI-DGRI-Sittar.

(a) hors doubles comptes pour le nombre de déclarants et de bénéficiaires : le total est obtenu par la somme des lignes "Recherche", "Innovation uniquement", "Collection uniquement", à laquelle sont ajoutés le nombre d'entreprises ne déclarant que des dépenses d'innovation et de collection et le nombre d'entreprises qui ne déclarent pas de dépenses.

²⁹ Le crédit d'impôt innovation (CII) concerne, dans le cas des PME, certaines dépenses d'innovation au-delà de la R&D, essentiellement celles liées à la conception de prototypes de nouveaux produits ou à des installations pilotes pour de nouveaux produits.

³⁰ Le crédit d'impôt nouvelles collections, réservé au secteur du textile-habillement-cuir (CIR TXC), porte sur les frais d'élaboration de nouvelles collections.

³¹ Le nombre de déclarants est supérieur au nombre de bénéficiaires en raison principalement des refus d'attribution du crédit d'impôt.

Tableau 5 : Distribution des créances de recherche, de collection et d'innovation par secteur, 2016

Secteur d'activité (APE) de l'activité de recherche	Part des dépenses recherche %	Part de la créance recherche %	Part de la créance collection (THC) %	Part de la créance R&D+THC %	Part de la créance innovation %
INDUSTRIES MANUFACTURIERES	62,3	59,6	91,7	59,8	26,5
Industrie électrique et électronique	14,2	14,4	nd	14,3	6,5
Pharmacie, parfumerie et entretien	12,8	11,1	-	11,0	0,6
Industrie automobile	9,3	7,3	-	7,3	0,9
Construction navale, aéronautique et ferroviaire	6,3	5,8	nd	5,7	0,5
Chimie, caoutchouc, plastiques	5,1	5,4	0,5	5,4	2,4
Industrie mécanique	3,9	4,2	0,8	4,1	7,9
Métallurgie et transformation des métaux	2,8	3,1	nd	3,0	2,8
Hydrocarbures, production d'énergie	2,5	2,3	-	2,3	0,2
Textile, habillement, cuir	0,4	0,5	89,9	1,2	0,9
Autres industries manufacturières	5,1	5,5	-	5,5	3,7
SERVICES	35,6	38,1	8,3	37,9	72,5
Conseil et assistance en informatique	12,0	12,9	-	12,8	40,8
Services d'architecture et d'ingénierie	7,2	7,7	0,4	7,7	9,8
Recherche et développement	4,6	5,0	nd	4,9	1,0
Commerce	3,6	3,8	6,02	3,8	6,8
Services bancaires et assurances	1,6	1,7	nd	1,7	0,7
Conseil et assistance aux entreprises	1,5	1,6	0,1	1,6	4,9
Services de télécommunications	1,5	1,6	-	1,6	0,9
Autres services	3,6	3,9	1,7	3,9	7,6
AUTRES SECTEURS	2,2	2,3	-	2,3	1,0
Agriculture, sylviculture, pêche	1,5	1,6	-	1,6	0,1
Batiment, travaux publics	0,7	0,7	-	0,7	0,9

Source : GECIR juillet 2019 (données semi-définitives), MESRI-DGRI-SITTAR.

5. Les scénarios simulés avec le modèle NEMESIS pour évaluer les impacts économiques du CIR

Les scénarios simulés avec le modèle NEMESIS ont pour objectif d'évaluer les impacts économiques du renforcement du dispositif du CIR après 2007. Ils ne prennent ainsi en compte, nous le rappelons, que les montants de crédits d'impôts « additionnels », provoqués par le renforcement du dispositif en 2008.

Pour cela, les études économétriques commandées par la CNEPI et le MSERI dont les résultats figurent dans le tableau 7 page 26 de son rapport de mars 2019, permet d'apprécier la mesure dans laquelle la réforme du CIR de 2008 a eu pour effet d'accroître l'effort de R&D des entreprises qui en faisaient déjà³². Ces études visent ainsi à évaluer l'effet de levier du dispositif sur les dépenses de R&D des entreprises, c'est-à-dire l'effet d'un euro additionnel d'argent public alloué sur les dépenses de R&D

³² Ces études, en se limitant aux seules entreprises qui étaient déjà entrées dans le dispositif avant son renforcement en 2008 ne fournissent ainsi pour l'instant qu'un impact partiel du CIR.

des bénéficiaires. À court terme, l'étude de Bozio *et al.* (2017) sur la période 2004-2011 trouve un effet de levier du dispositif compris entre 1,1 et 1,5 : chaque euro dépensé au titre du CIR a entraîné un investissement dans la R&D des entreprises bénéficiaires compris entre 1,1 et 1,5 euro. L'étude de Mulkay et Mairesse (2018)³³ sur la période 1994-2013 trouve pour sa part un effet de levier supérieur à 1. À long terme, l'étude de Lopez et Mairesse (2018) sur la période 2002-2012 trouve un effet de levier de 1,2, et celle de Mulkay et Mairesse (2018) sur la période 1994-2013, un effet de levier proche de 0,9.

Les études soulignent dans leur ensemble que le dispositif, en tant que système incitatif à l'investissement dans la R&D par les entreprises a bien fonctionné, chaque euro dépensé dans le dispositif s'étant traduit par une augmentation de l'investissement en R&D de la part des bénéficiaires à peu près équivalente, ou supérieure à court terme, et comprise à long terme entre 0,9 et 1,2 euro.

Toutefois avec NEMESIS, nous avons considéré que chaque euro d'argent public investi dans le dispositif sur la période 2008-2016 a conduit à un effort de recherche des entreprises bénéficiaires compris entre 0,8 et 1,2 euro. La borne basse de l'intervalle qui a été retenue (0,8) est un peu inférieure à la borne basse des études économétriques (0,9), afin de centrer notre analyse sur le cas où chaque euro distribué au titre du CIR augmente d'exactly un euro l'effort d'investissement en R&D des entreprises bénéficiaires. C'est une hypothèse de travail pratique mais présentant le défaut de minorer d'environ 5 % l'effet de levier moyen qui est utilisé dans cette étude par rapport à celui ressortant des études économétriques présentés plus haut : 1,05³⁴.

Nous avons ensuite considéré deux catégories de scénarios.

Dans la **première catégorie de scénarios** que nous appellerons « **CIR 2008-2016** », nous nous intéressons aux impacts économiques des crédits d'impôts qui ont été distribués entre 2008, soit l'année du renforcement du CIR, et 2016, la dernière année connue. Après 2016, on considère que le dispositif est interrompu. Le modèle est simulé sur une période de 23 ans, entre 2008 et 2030, soit 14 ans après l'arrêt supposé du CIR, afin d'être en mesure d'apprécier les impacts économiques à court,

³³ Cette étude a été commanditée par le MESRI et non par la CNEPI.

³⁴ Inversement, les études ayant cherché à évaluer l'effet de levier du CIR sur l'investissement en R&D des entreprises sont concentrées sur l'impact du CIR sur les petites et moyenne entreprises. Les nouvelles études en cours, prenant en compte également les grandes entreprises, pourrait conduire à revoir à la baisse de façon importante l'effet de levier du CIR mesuré par ces études passées, ainsi que les retombées économiques positives du dispositif sur le territoire national qui sont mesurés dans cette étude, en raison d'un effet de levier peut-être plus faible que supposé, mais également de la stratégie mondialisée des grandes entreprises pouvant conduire à ce qu'une part non négligeable des retombées économiques positives à attendre du dispositif, se produisent en réalité en dehors du territoire économique national.

moyen et long terme des investissements en R&D qu'il a provoqués sur la période allant de 2008 à 2016.

Il existe en effet des délais importants entre le temps des investissements en R&D, l'apparition des premiers résultats en termes d'innovations, et la diffusion des innovations sur le marché qui va modifier la compétitivité et la croissance économique, ce qui nécessite de considérer une période de temps suffisamment longue pour évaluer les impacts du dispositif. Si l'on suppose, comme c'est le cas dans NEMESIS, que les investissements en R&D et les innovations qu'ils provoquent ont un taux d'obsolescence de 15 % par an, dans cette première catégorie de scénarios les derniers investissements en R&D provoqués par le dispositif en 2016 auront été déclassés à plus de 90 % en 2030, et les premiers, ceux de 2008, à plus de 97%. À cet horizon de 2030 il est ainsi possible de prendre en compte la quasi-totalité des impacts économiques provoqués par les créances de CIR accordées entre 2008 et 2016.

Dans la **seconde catégorie de scénarios** appelée « **CIR forever** », il est cette fois fait l'hypothèse que le dispositif du CIR sera maintenu pour toujours. Dans le modèle NEMESIS, on suppose alors que le renforcement du CIR est maintenu après 2016 et jusqu'en 2038 à 0,18 point de PIB, le montant moyen observé au cours des six dernières années. L'horizon est prolongé jusqu'en 2038 (t + 30) afin d'être en mesure de mieux apprécier l'impact du dispositif sur le taux de croissance de long terme de l'économie française.

L'ensemble des scénarios qui ont été étudiés, au nombre de 12, est résumé dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Les scénarios étudiés avec le modèle NEMESIS

	<i>Levier :</i>		
	<i>0,8</i>	<i>1</i>	<i>1,2</i>
Impact des CIR 2008-2016	CIR08	CIR1	CIR12
Impact du CIR "forever"	CIR08FE	CIR1FE	CIR12FE
	<i>Sensibilité à :</i>		
	<i>Effet Phillips</i>	<i>Marges à l'export</i>	<i>Phillips + Marges</i>
Impact des CIR 2008-2016	CIR1P	CIR1X	CIR1PX
Impact du CIR "forever"	CIR1FEP	CIR1FEX	CIR1FEPX

Nous voyons dans le Tableau 6 que trois effets de levier différents du dispositif ont finalement été considérés : 0,8, 1 et 1,2 correspondant aux bornes hautes et basses que nous avons retenues, et au

cas central d'un effet de levier égal à 1: chaque euro de CIR conduit par hypothèse à un euro d'investissement dans la R&D de la part des bénéficiaires.

Pour le cas central d'un levier égal à 1, nous avons par ailleurs réalisé une analyse de sensibilité à deux mécanismes du modèle pouvant influencer de façon importante les impacts économiques.

Le premier est l'importance de l'« effet » Phillips, et le second, le comportement de marge des entreprises à l'export :

- L'effet Phillips est fixé dans le modèle à 0,35 pour le travail peu qualifié et à 1,1 pour le travail qualifié, une réduction de 1 point du niveau du taux de chômage conduisant respectivement à une hausse de + 0,35 % et de + 1,1 % du taux de salaire réel. Pour l'analyse de sensibilité celui-ci est fixé à zéro pour chaque catégorie de travail³⁵ (scénarios CIR1P et CIR1FEP).
- Pour le comportement de marge à l'export, dans le fonctionnement normal du modèle les entreprises ne répercutent que 60 % des baisses de coût de leurs produits dans leur prix à l'exportation. De façon similaire, les améliorations de qualité de leurs produits ne sont répercutées que pour 40 % dans les prix d'exportation ajustés par la qualité. 60 % des gains de productivité (qu'il s'agisse de baisses de coûts ou d'amélioration de la qualité) sont ainsi utilisés pour améliorer les marges. Pour l'analyse de sensibilité, les gains de productivité (baisses de coût ou montée en gamme des produits) sont cette fois intégralement répercutés en baisses de prix des exportations (scénarios CIR1X et CIR1FEX).
- Deux dernières simulations (CIR1PX et CIR1FEPX) combinent à la fois la suppression de l'effet Phillips et celle du comportement de marge).

Enfin, pour tous les scénarios les créances de CIR sont allouées dans les différents secteurs de production en proportion de la part de chaque secteur dans les dépenses totales de R&D des entreprises, ce qui correspond comme nous l'avons souligné plus haut, à l'allocation observée sur les données du GECIR.

³⁵ Il s'agit encore une fois d'une hypothèse de travail pratique, mais il existe plusieurs éléments qui pourraient laisser supposer que l'effet Phillips est surestimé dans le modèle, comme l'hypothèse d'immobilité du travail au niveau international, sans doute excessive si l'on songe par exemple aux carrières internationales de nombreux chercheurs et ingénieurs de production.

6. Les impacts économiques des créances accordées au titre du CIR entre 2008 et 2016 (Scénarios « CIR 2008-2016 »)

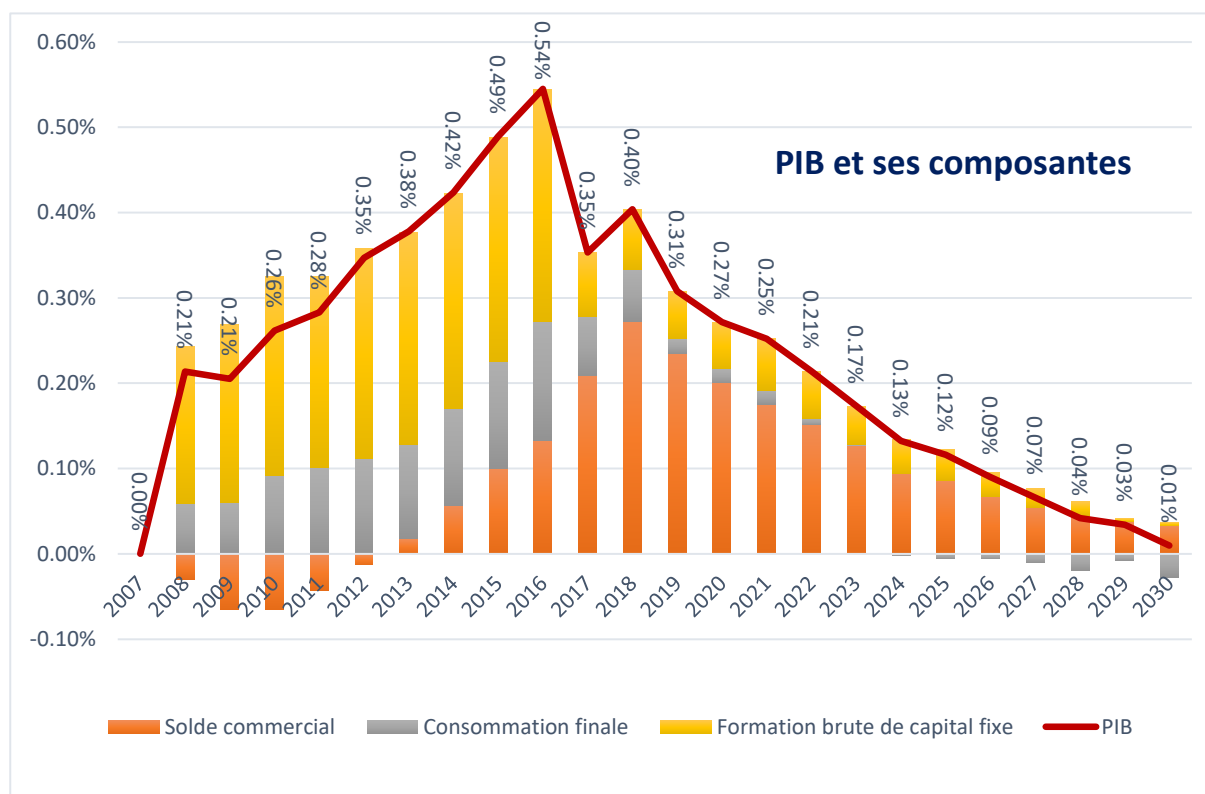
Nous commençons dans cette section par présenter les impacts économiques mesurés avec le modèle NEMESIS des créances de CIR accordées aux titres des années fiscales comprises entre 2008 et 2016. Parmi les six scénarios de type « CIR 2008-2016 » étudiés (Cf. supra Tableau 6), nous centrons la présentation sur les résultats du scénario CIR1, correspondant à un effet de levier de 1 du CIR sur les investissements en R&D des entreprises, et dans lequel les effet Phillips et le comportement de marge des exportateurs sont ceux du fonctionnement habituel du modèle. La présentation dans cette section est également centrée sur les résultats au niveau macroéconomique, et les résultats sectoriels seront présentés dans la section suivante consacrée aux scénarios dans lequel le CIR est maintenu après 2016.

6.1. Les impacts pour le PIB et l'emploi au niveau macroéconomique dans le cas du scénario CIR1

Nous rappelons que la méthodologie de l'évaluation avec un modèle macroéconomique appliqué tel que NEMESIS consiste à comparer les résultats d'un scénario dit « variantiel » par rapport à un scénario dit « de référence ». Pour cette étude, nous précisons que le scénario de référence utilisé n'anticipe pas la crise entraînée par la pandémie du COVID-19. Il est conforme jusqu'en 2018 aux données historiques, puis il reflète les anticipations d'activité et de croissance d'avant crise proches des travaux de prospective en cours à France Stratégie avec le modèle NEMESIS, dans le cadre de l'exercice PMQ.

Cela précisé, le point essentiel concernant le scénario de référence, est qu'il inclut nécessairement les effets du CIR, puisqu'il est basé jusqu'en 2018 sur des données historiques. Les variantes ont donc été réalisées en « creux » c'est-à-dire en retranchant dans le modèle les dépenses fiscales au titre du CIR qui ont été accordées entre 2008 et 2016, pour en isoler les effets. Pour faciliter la compréhension des résultats ils sont présentés en changeant les chiffres de signe, comme si les variantes avaient été réalisées « en bosse » et non « en creux », un chiffre positif reflétant un impact effectivement positif, et inversement pour un chiffre négatif, comme si les variantes avaient été réalisées par rapport à un compte sans le CIR.

Figure 4 : Scénario CIR1 – Les résultats pour le PIB et ses composantes, en points de PIB calculés en écart au scénario de référence du modèle NEMESIS



Précisons enfin, que nous n’avons pas considéré le mode de financement du dispositif. Les crédits d’impôt sont alloués par l’État aux entreprises qui les convertissent en investissements en R&D pour un montant identique dans ce scénario avec un levier de 1, ce qui est sans coût pour les entreprises. Pour l’état, comme il n’y a pas de financement par l’impôt ou par une réduction des dépenses publiques, le coût du dispositif se traduit *ex ante* par un accroissement identique du déficit public sans effet sur les taux auxquels l’état emprunte.

Concernant tout d’abord les résultats pour le PIB et ses composantes dans le scénario CIR1, présentés sur la Figure 4, nous voyons que les impacts se développent de façon progressive et contrastée dans le temps (Cf. Encadré 1). Trois phases peuvent être clairement distinguées, même si elles se chevauchent légèrement.

Durant la première « phase d’investissement », entre 2008 et 2010, il n’y a pas encore d’innovation provoquée par les investissements initiaux en R&D, et les impacts macroéconomiques reflètent principalement le jeu du multiplicateur de dépense keynésien.

Encadré 1 : Les mécanismes à l'œuvre dans les scénarios 2008-2016

D'après les mécanismes d'innovation du modèle NEMESIS présentés dans la section 3.3, l'augmentation de la R&D des entreprises va augmenter la croissance par deux effets :

1. La création de nouvelles connaissances qui accroissent la productivité des facteurs d'innovation (ici la R&D), cet « effet connaissance » étant un facteur transitoire ;
2. L'augmentation de la capacité des entreprises à capter les connaissances existantes qui est un effet de long terme appelé « effet d'intensité », car la capacité de captation est liée à l'intensité de l'effort de recherche.

Clairement, cette première famille de scénarios relève du premier effet, l'augmentation de la R&D étant transitoire, s'arrêtant après 2016, et donc n'augmente nullement à terme l'intensité de R&D.

Dès lors les enchaînements économiques sont bien connus et se découpent en trois phases :

1. Une « phase d'investissement » en R&D où le modèle fonctionne comme un multiplicateur « keynésien », car l'accroissement d'investissement en R&D est un effet de demande, les innovations n'étant pas encore arrivées : accroissement du PIB et de l'emploi, et pas simplement de l'emploi de recherche ;
2. Une « phase d'innovation » où les innovations de procédé et de produit améliorent la productivité, la compétitivité, la demande et l'emploi ;
3. Une « phase d'obsolescence » qui « efface » les innovations précédentes et tout revient progressivement à son niveau initial.

L'« efficacité » de la phase d'innovation va dépendre de la possibilité de lutter contre les tensions inflationnistes dues à la hausse de la demande de certaines catégories de travail, et à la tentation de certains monopoleurs de ne pas répercuter leur baisse de coût unitaire de production en baisse de prix (ajusté par la qualité).

Pour ces raisons ont été réalisées des études de sensibilité sur ces deux mécanismes.

La première année, en 2008, le PIB progresse de + 0,21 %, soit un peu plus que l'augmentation des crédits accordés aux entreprises avec le renforcement du CIR : + 0,13 point de PIB. Ce multiplicateur initial positif résulte du fait que l'augmentation des investissements en R&D des entreprises est financé intégralement par l'État et est donc à coût nul pour les entreprises. Comme environ 50 % des dépenses de R&D sont des dépenses de personnel, cela se répercute de façon importante dans la consommation finale des ménages qui progresse de + 0,06 point en PIB en 2008. La contrepartie est la légère dégradation du solde commercial, qui s'élève à - 0,03 point de PIB. Cela résulte de l'augmentation de la demande intérieure qui tire les importations, et de la légère tension sur le marché du travail liée à l'augmentation de l'emploi dans la recherche et dans les autres secteurs de l'économie. Mais la

principale contribution à l'augmentation du PIB provient de l'investissement qui augmente + 0,21 point de PIB, soit de + 0,08 point de plus que le surcroît d'investissement en R&D. Outre l'investissement en R&D provoqué par le CIR, les entreprises réalisent également des investissements en équipements divers sous l'effet de l'augmentation de l'activité, qui peuvent être directement complémentaires des investissements en R&D, comme les investissements en TIC et en logiciels. Enfin un léger impact positif a lieu également au niveau de l'investissement logement des ménages, en raison de l'augmentation de leurs revenus.

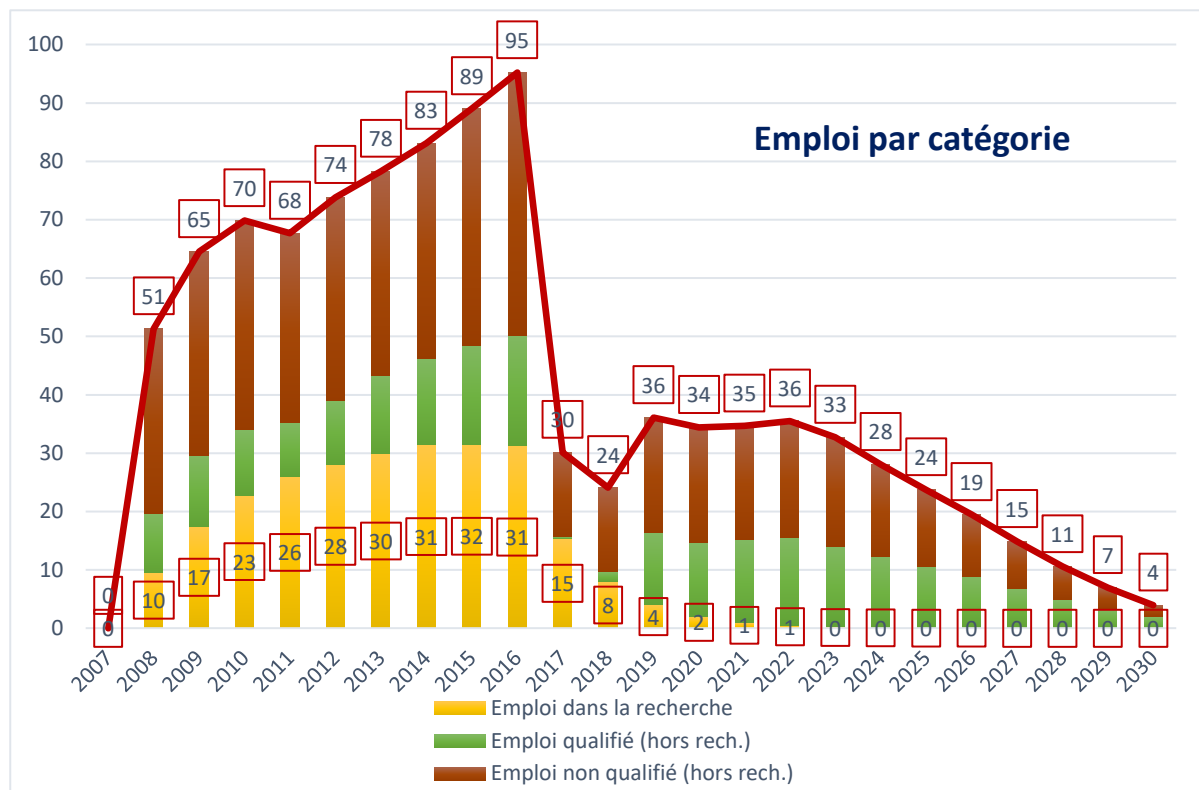
Les deux années suivantes, le renforcement du CIR s'élève cette fois à + 0,16 point de PIB en 2009, puis à + 0,18 point de PIB en 2010, pour atteindre son rythme de croisière. Les mêmes effets sont à l'œuvre et ils s'amplifient même légèrement. En 2010 les gains de PIB atteignent +0,26 point, les gains d'investissement +0,21 point, les gains en consommation finale +0,09 point, tandis que la dégradation du solde commercial atteint -0,07 point de PIB.

Après 2010, les innovations provoquées par les investissements en R&D financés par le CIR commencent à arriver sur le marché ; la « phase d'innovation » commence. Les entreprises gagnent en compétitivité ce qui permet de gommer progressivement les effets négatifs sur le solde extérieur provoqués par les tensions initiales sur le marché du travail (cf. *supra*). Le solde commercial s'améliore progressivement et devient positif à partir de 2013 (+ 0,02 point de PIB) pour atteindre + 0,13 point de PIB en 2016, l'année où le dispositif du CIR est supposé s'arrêter dans la simulation étudiée. En 2016, la contribution du solde extérieur au gain de PIB devient à peu près équivalente à celle de la consommation finale qui est de + 0,14 point de PIB, mais l'investissement, avec + 0,27 point de PIB, reste la première contribution au gain de PIB qui atteint + 0,54 % en 2016.

Vient ensuite après 2016 et l'arrêt supposé du CIR, la « phase d'obsolescence ». Les investissements en R&D provoqués par le CIR tombent à zéro, et les effets multiplicateurs « keynésien » sur l'activité et la consommation des ménages également. La principale contribution positive aux gains de PIB qui subsiste provient des effets positifs sur la compétitivité des entreprises des innovations qui ont été provoquées par le dispositif du CIR au cours des années précédentes. Nous voyons sur la figure que les gains de solde extérieur continuent à progresser jusqu'en 2018 où ils atteignent + 0,21 point. Toutefois après 2016 les connaissances technologiques nouvelles qui ont résulté des investissements en R&D au cours des années 2008-2016 sont toutes entrées en phase d'obsolescence. Les gains de parts de marché à l'exportation et sur le marché national s'amenuisent progressivement, le taux d'obsolescence des connaissances technologique étant de 15 % annuels dans le modèle NEMESIS.

Dès 2030, c'est-à-dire 14 années après l'arrêt du dispositif, les gains de PIB tombent à un niveau proche de zéro, même s'il subsiste un très léger gain en solde extérieur (+ 0,03 point de PIB) mais compensé intégralement par une contribution très légèrement négative de la consommation finale des ménages.

Figure 5 : Scénario CIR1 – Les résultats pour l'emploi, en milliers et en écart au scénario de référence du modèle NEMESIS



En ce qui concerne maintenant les résultats pour l'emploi, on constate également trois phases distinctes, comme le souligne la lecture du graphique 2.

Durant toute la période du CIR, entre 2008 et 2016, l'emploi progresse régulièrement, sous l'influence à la fois des investissements en R&D qui accroissent l'emploi dans le secteur de la recherche, des effets de multiplicateur keynésien de ces investissements, qui accroissent l'emploi dans l'ensemble des autres secteurs de l'économie, et de l'arrivée progressive des innovations qui renforcent la compétitivité de l'économie conduisant également à des créations d'emploi.

Durant cette première période, l'emploi dans la recherche suit progressivement l'augmentation des dépenses de R&D. + 10 000 emplois sont créés dans la recherche en 2008, + 17 000 en 2009, pour culminer ensuite autour de + 30 000 à partir de 2013 jusqu'en 2016. Dans les activités de production (hors recherche), les créations d'emplois sont beaucoup plus nombreuses que dans le secteur de la recherche. En 2008, sur une création d'emplois totale de + 51 000, + 42 000 sont créés dans les activités

de production. Les créations d'emplois peu qualifiés, + 32 000, sont beaucoup plus nombreuses que les créations d'emplois qualifiés hors recherche, avec environ + 9 000. Cela résulte d'un effet d'éviction partiel des créations d'emplois qualifiés dans la recherche, sur les créations d'emplois qualifiés hors du secteur de la recherche, résultant des tensions qui se font ressentir sur le marché du travail qualifié. Par la suite, alors que le gain en emploi dans la recherche se stabilise peu à peu autour de + 30 000, les gains en emplois qualifiés et non qualifiés dans les autres secteurs de l'économie sont davantage équilibrés. En 2016, avant l'arrêt du CIR, l'emploi hors recherche a progressé de + 45 000 pour l'emploi peu qualifié, de + 19 000 pour l'emploi qualifié, et de + 95 000 pour l'emploi total. Nous voyons qu'à cette date le multiplicateur d'emploi du dispositif est très important, avec au total environ trois fois plus d'emplois créés dans l'ensemble de l'économie que dans le seul secteur de la recherche.

La seconde période est limitée aux années 2017 et 2018. Le CIR vient d'être stoppé dans le scénario étudié et l'emploi dans la recherche chute brutalement de + 31 000 en 2016 à + 16 000 en 2017, puis à seulement + 8 000 en 2018. La chute de l'emploi total est encore plus brutale, les créations passant de + 95 000 mille en 2016 à seulement + 30 000 en 2017 et + 24 000 en 2018. Les effets de multiplicateur keynésien des dépenses de recherche sur l'emploi ne jouent plus, alors qu'il subsiste des tensions sur le marché du travail qualifié, même si elles sont amoindries par rapport à la période du CIR. L'effet d'éviction des créations d'emploi dans la recherche sur l'emploi qualifié hors recherche est total, et les créations d'emplois non qualifiés sont réduites à + 15 000. Les constats sont relativement similaires pour l'année 2018.

Durant la troisième période qui débute en 2019, la montée en puissance des innovations permet de compenser les évolutions négatives précédentes pour l'emploi. L'emploi dans la recherche va retomber progressivement à zéro, et les effets keynésiens sur l'emploi des investissements en R&D vont disparaître complètement en raison de l'arrêt du CIR en 2017. Ne subsistent plus que les effets sur l'emploi des gains de productivité et de qualité permis par les innovations mises en place par les entreprises. Les créations d'emploi totales qui étaient de + 24 000 en 2018 repartent pour remonter à + 36 000 en 2019³⁶. Avec l'affaiblissement des tensions sur le marché du travail qualifié, la répartition des créations d'emplois entre emploi qualifié et emploi peu qualifié est cette fois plus équilibrée. En 2019, + 20 000 créations d'emploi correspondent à de l'emploi peu qualifié, et + 16 000 à de l'emploi qualifié, dont + 4 000 dans le secteur de la recherche. Par la suite les créations d'emploi dans la recherche tombent à zéro, et les gains en emploi dans les autres secteurs s'amenuisent peu à peu,

³⁶ En effet, la pression initiale à la hausse sur les salaires provoquée par l'embauche des chercheurs et ingénieurs a complètement disparu pour laisser place aux seuls effets positifs des innovations sur la productivité du travail, favorisant à la fois l'activité et l'emploi.

sous l'effet de l'obsolescence progressive des connaissances technologiques et des innovations qu'aura contribué à créer le CIR.

6.2. Résultats synthétiques et analyse coût-bénéfice des scénarios « CIR 2008-2016 »

Nous sommes parvenus maintenant à la présentation synthétique et à la comparaison des résultats des six scénarios de type « CIR 2008-2016 », avec également une analyse coût-bénéfice de leur efficacité.

Nous rappelons, comme indiqué dans le Tableau 7 qui présente les résultats de tous les scénarios, que trois des scénarios diffèrent sur l'effet de levier du dispositif sur les dépenses en R&D des entreprises. Ce sont les scénarios CIR08, CIR1 et CIR12 qui retiennent respectivement un effet de levier de 0,8, 1, et 1,2. Les autres hypothèses sont identiques pour les trois scénarios qui retiennent tous pour les effets Phillips et le comportement de marge des entreprises le fonctionnement habituel du modèle NEMESIS.

Les trois autres scénarios retiennent tous un effet de levier du CIR égal à 1. Ils diffèrent alors sur les hypothèses qui sont faites sur les effets Phillips et sur le comportement de marge à l'exportation des entreprises françaises. Dans le scénario CIR1P, les effets Phillips sont supprimés et les tensions sur le marché du travail ne rétroagissent pas sur la formation des salaires. Dans le scénario CIR1X les comportements de marge à l'exportation sont supprimés : la totalité des gains de productivité et/ou des variations de coût (qu'ils proviennent de l'amélioration des procédés de production ou de l'amélioration de la qualité des produits) est répercutée dans les prix de vente des produits sur les marchés étrangers. Enfin le scénario CIR1PX combine les deux précédents : il n'y a ni effets Phillips ni comportements de marge à l'exportation.

Tableau 7 : Les résultats de la première catégorie de scénarios - « CIR 2008-2016 »

	CIR08		CIR1		CIR1P		CIR1X		CIR1PX		CIR12			
	Levier	Marges à l'export Effet Phillips	Levier	Marges à l'export Effet Phillips	Levier	Marges à l'export Effet Phillips	Levier	Marges à l'export Effet Phillips	Levier	Marges à l'export Effet Phillips	Levier	Marges à l'export Effet Phillips		
	0.8	oui	oui	1	oui	oui	1	non	oui	non	non	1.2	oui	oui
Impact annuel moyen sur les indicateurs macro-économiques entre 2008 et 2020 (en euros constants de 2014)														
<i>(Cumul des écarts au scénario de référence entre 2008 et 2020, divisé par le nombre d'années : 13)</i>														
PIB	6.0		7.5		8.7		9.0		10.8		8.9			
Investissement	3.1		4.0		4.3		4.3		4.8		4.7			
Consommation finale	1.4		1.8		2.0		2.2		2.5		2.1			
Exportations nettes	1.4		1.8		2.4		2.4		3.5		2.1			
Valeur ajoutée du secteur de la recherche	1.0		1.2		1.3		1.3		1.3		1.5			
Valeur ajoutée industrielle	1.7		2.1		2.5		2.6		3.2		2.6			
Impact annuel moyen sur l'emploi entre 2008 et 2020 (en milliers)														
<i>(Cumul des écarts au scénario de référence entre 2008 et 2020, divisé par le nombre d'années : 13)</i>														
Emploi total	48		61		77		75		97		73			
Emploi qualifié (> bac)	22		28		35		33		43		33			
Emploi non qualifié (<= bac)	26		33		42		41		54		39			
Emploi dans la recherche	16		20		20		20		20		23			
Emploi dans l'industrie	1		1		5		5		11		2			
Analyse coût-bénéfice du dispositif en 2030: Multiplicateur (M) et taux de rendement social net (TRSN)														
<i>(M : Gain moyen de PIB par € de CIR versé ; TRS : Taux de rendement par € de CIR net de dépréciation)</i>														
Multiplicateur	2.3		2.9		3.4		3.5		4.2		3.5			
Taux de rendement	19.5%		28.5%		36%		37.5%		48%		37.5%			
Impact sur les finances publiques														
<i>(Impact annuel moyen entre 2008 et 2020, en points de PIB)</i>														
Recettes publiques	0.08		0.10		0.09		0.14		0.14		0.12			
Dépenses publiques	0.04		0.02		0.04		0.03		0.05		0.01			
Solde budgétaire	0.04		0.08		0.05		0.11		0.09		0.11			

La définition des scénarios présentés dans le Tableau 7 étant rappelée, il faut maintenant préciser comment sont construits les chiffres qui sont présentés dans ce tableau.

Dans le haut du tableau, nous présentons les impacts annuels moyen du CIR calculés avec le modèle sur un ensemble de 5 indicateurs : le PIB, l'investissement total incluant les investissements en R&D, l'investissement logement et l'ensemble des autres types d'investissement, la consommation finale des ménages, les exportations nettes, c'est-à-dire la différence entre les exportations et les importations, la valeur ajoutée du secteur de la recherche et la valeur ajoutée industrielle.

Le secteur de la recherche correspond à la définition de la NACE rev 2, secteur MB « Recherche et développement scientifique » de la nomenclature d'activité en 38 produits. La valeur ajoutée de ce secteur est calculée classiquement comme la différence entre la production et la consommation

intermédiaire totale. Il faut remarquer que dans les scénarios étudiés, la production du secteur de la recherche augmente *ex-ante* identiquement à la variation de l'investissement en R&D des entreprises provoqué par le CIR³⁷, puisque nous avons supposé que l'investissement dans la recherche publique reste inchangé. Mais, comme les consommations intermédiaires du secteur de la recherche représentent environ 41 % de sa production, la valeur ajoutée du secteur de la recherche augmente au final de seulement 49 % de la variation des investissements en R&D réalisés par les entreprises dans les scénarios étudiés. La valeur ajoutée industrielle dans le tableau correspond pour sa part à la somme des valeurs ajoutées des secteurs BZ à CM dans la nomenclature en 38 produits de l'INSEE.

Ces précisions données, les résultats pour ces cinq indicateurs d'activité sont calculés comme la somme de leurs variations entre 2008 et 2020, par rapport à leur niveau dans le scénario de référence du modèle, divisé par le nombre d'années représenté par cette période, soit 13. Les calculs sont réalisés en milliards d'euros constants de 2014, qui est l'année de base utilisée par l'INSEE pour la construction de ses indices chaînés. Le choix de la période 2008-2020 a été retenu pour obtenir un calcul d'impact calculé « aujourd'hui », puisque nous nous situons actuellement en 2020. Même si dans les six scénarios le CIR est supposé être supprimé après 2016, le choix de cette période est également justifié par le fait que les investissements dans la recherche ne commencent à produire des effets significatifs sur l'activité et l'emploi qu'après une période de temps de maturation de 4 à 6 ans, comme nous venons de le voir.

Pour prendre un exemple de lecture des résultats pour les indicateurs macroéconomiques, le chiffre de 7,5 milliards pour le PIB obtenu pour le scénario CIR1 indique qu'en moyenne, sur la période 2008-2016, la dépense fiscale distribuée par l'État au titre du CIR sur la période allant de 2008 à 2016 en renforcement du dispositif, a produit un gain annuel de PIB de 7,5 milliards. On obtient ainsi simplement l'intégrale des gains de PIB en multipliant ce chiffre par 13, soit un gain de $7,5 \times 13 = 97,5$ milliards pour l'ensemble de la période considérée pour le calcul.

Viennent ensuite dans le tableau les résultats pour l'emploi. La logique de présentation des résultats pour l'emploi est similaire à celle que nous venons d'expliquer pour les indicateurs macroéconomiques, la principale différence étant qu'ils sont exprimés en milliers d'emplois en personnes physiques. Les chiffres du tableau indiquent pour chacune des 5 catégories de travail considérés, le gain annuel moyen. Le chiffre 61 pour l'emploi total dans le cas du scénario CIR1 indique ainsi qu'en moyenne, sur la période 2008-2020, le CIR a augmenté le niveau de l'emploi en France de + 61 000. Si

³⁷ Cela aux variations près des importations et des exportations de services du secteur de la recherche, qui représentent chacune respectivement environ 11 % et 13 % de la production de secteur.

l'on multiplie ce chiffre par le nombre d'années, on obtient le nombre d'emplois-an créés, soit $61\ 000 \times 13 = 403\ 000$.

Les deux indicateurs suivants disponibles dans le tableau présentent une analyse coût bénéfice du dispositif. Les calculs sont cette fois réalisés pour l'ensemble de la période allant de 2008 à 2030, pour prendre en compte à la fois l'ensemble des coûts du dispositif pour les pouvoirs publics, c'est-à-dire l'intégrale des crédits d'impôts versés entre 2008 et 2016 au titre du renforcement du dispositif, et l'ensemble de ses bénéficiaires, lesquels, comme nous l'avons vu dans la section précédente, courent jusqu'en 2030, une fois que les innovations qu'il a provoquées sont arrivées presque à obsolescence complète.

Le premier indicateur est le multiplicateur, qui prend au numérateur l'intégrale des gains de PIB provoqués par le dispositif entre 2008 et 2030, et au dénominateur l'intégrale des crédits d'impôts qui ont été versés entre 2008 et 2016, sous l'effet du renforcement du CIR après 2007. Les montants pris en compte dans ce calcul sont tous en euros constants de 2014. La valeur de 2,9, pour le multiplicateur dans le cas du scénario CIR1, souligne ainsi qu'en moyenne pour chaque euro versé par l'État au titre du renforcement du dispositif entre 2008 et 2016, il a résulté un gain de PIB égal à + 2,9 euros, soit un effet multiplicateur proche de 3.

Le deuxième indicateur, le taux de rendement social net de dépréciation (TRSN) permet de mieux apprécier l'efficacité du dispositif et son coût d'opportunité, comparativement à toute autre utilisation des fonds publics. La méthode de calcul est analogue à celle du taux de rendement interne, qui est la valeur du taux d'actualisation qui annulerait le bénéfice du dispositif pour la société, avec des valeurs dans la littérature économétrique sur la R&D qui peuvent atteindre jusqu'à 50 % ou 100 %.

Reste enfin les dernières lignes du tableau où l'on a indiqué l'impact du renforcement du CIR après 2007 sur les finances publiques. Dans le cas du scénario CIR1, alors que sur la période 2008-2020 le dispositif a coûté en moyenne annuelle 0,14 point de PIB aux finances publiques, les résultats du tableau indiquent que les dépenses n'ont augmenté en moyenne, d'après les calculs du modèle NEMESIS, que de + 0,02 point de PIB. Cela résulte de la réduction de certaines dépenses dans le scénario, comme les indemnités chômage du fait de l'augmentation de l'emploi, et de l'hypothèse qui a été retenue dans l'ensemble des scénarios de constance des investissements publics et de la consommation finale du gouvernement, qui restent ainsi égaux au niveau qu'ils ont dans le scénario de référence du modèle. Du côté des recettes, sous l'effet positif des investissements en R&D provoqués par le CIR, nous obtenons une augmentation annuelle moyenne de + 0,09 point de PIB, conduisant ainsi à une amélioration moyenne de + 0,05 point de PIB du solde budgétaire.

Pour en venir maintenant au commentaire des résultats du tableau, nous soulignerons plusieurs points :

1. Au niveau des impacts macroéconomiques tout d'abord et toujours dans le cas du scénario central CR1, l'analyse de la décomposition des gains de PIB de + 7,5 milliards par an est conforme aux résultats présentés plus haut, avec la contribution la plus forte pour l'investissement, + 4 milliards par an, et des contributions relativement identiques pour la consommation finale des ménages et le solde extérieur, de + 1,8 milliard par an chacune. Sur le gain de PIB de + 7,5 milliards annuel, 16 % (soit 1,2 milliards) proviennent de la création de valeur ajoutée dans le secteur de la recherche, et + 2,1 milliards, soit 28 %, de l'augmentation de la valeur ajoutée dans les secteurs industriels. Ainsi environ 56 % des gains de PIB, soit plus de la moitié, provient d'autres secteurs de l'économie (les secteurs de service principalement), qui n'ont pourtant reçu qu'un peu plus d'un tiers des créances de CIR qui ont été accordées au cours de la période 2008-2016 en renforcement du dispositif. Ce résultat illustre l'importance de prendre en compte l'ensemble des effets du bouclage macroéconomique, pour apprécier les impacts économiques du dispositif. Par exemple, les innovations mises en place par le secteur des équipements de transport vont induire des gains de productivité dans les services de transport qui les achètent, qui vont eux-mêmes induire une réduction du coût de ces services, et un ainsi un transfert de surplus positif pour les ménages (gains de pouvoir d'achat) et les entreprises (baisse des coûts) qui les utilisent.

La comparaison des résultats des différents scénarios souligne pour les scénarios CIR08, CIR1 et CIR12 que les impacts macroéconomiques sont relativement proportionnels à l'effet de levier du CIR sur les investissements en R&D des entreprises qui est retenu. Les gains en PIB sont par exemple réduits de - 20,7 % dans le scénario CIR08 par rapport au scénario CIR1, c'est-à-dire quand l'effet de levier utilisé dans la simulation passe d'une valeur de 1 à une valeur de seulement 0,8. Lorsque l'on retient cette fois une valeur de 1,2 pour l'effet de levier, les gains de PIB augmente cette fois de + 18,7 % par rapport au cas CIR1 où l'on utilise un effet de levier égal à 1. Il existe toutefois une légère non linéarité des impacts macroéconomiques à l'effet de levier qui est utilisé, en raison principalement des effets de tension sur le marché du travail qui transite par les effets Phillips : à un gain de PIB supérieur est également associé un gain d'emploi plus élevé, comme l'indique le Tableau 7, et donc une réduction plus importante du chômage, conduisant à une augmentation plus forte des salaires réels.

Pour mieux illustrer le rôle des effets Phillips sur l'importance des impacts macroéconomiques du dispositif, le scénario CIR1P qui retient comme le scénario central CIR1 un effet de levier de

1, mais où les effets Phillips ont été supprimés, conduit à un gain de PIB de + 8,7 milliards, soit 15,9 % supérieur au gain de + 7,5 milliards obtenu dans le cas CIR1. Les gains relatifs de PIB sont ainsi presque identiques dans le scénario où l'on supprime les effets Phillips (CIR1P comparé à CIR1) à ceux du scénario où l'on augmente l'effet de levier (CIR12 comparé à CIR1). Dans le scénario CIR1P dans lequel les tensions inflationnistes sont contenues, les effets sur le commerce extérieur sont cette fois supérieurs de près de 36 % par rapport aux résultats du scénario central CIR1, alors que les gains en commerce extérieur n'augmentent que de 19 % dans CIR12 comparé à CIR1. Les résultats des scénarios de type « CIR forever », présentés dans la prochaine section, permettront d'illustrer encore davantage l'importance des politiques visant à contenir les pressions inflationnistes, en accompagnement des politiques de soutien à la R&I des entreprises, comme par exemple les politiques d'éducation accroissant le nombre de chercheurs et de techniciens supérieurs pouvant être employés dans le secteur de la recherche.

Le scénario CIR1X permet cette fois d'apprécier les effets du comportement de marge à l'exportation des entreprises sur l'importance des impacts macroéconomiques. Dans ce scénario les entreprises répercutent 100 % de leurs gains de productivité (baisse des coûts et des prix ajustés de la qualité des produits) dans le prix de vente de leurs produits à l'export, alors que 60 % des gains de productivité sont utilisés pour augmenter les marges à l'export dans le scénario CIR1. Nous voyons que l'amélioration relative du solde extérieur dans ce scénario, comparé au cas CIR1, est identique à celle du scénario précédent CIR1P (+ 36 %) où les effets Phillips ont été supprimés. Toujours en comparaison avec les résultats du scénario central CIR1, lorsque l'on supprime les effets Phillips les gains additionnels pour les ménages en consommation finale n'augmentent que de + 11 %, contre + 25 % lorsque ce sont les comportements de marge qui sont supprimés, ce qui conduit également à un gain de PIB légèrement supérieur pour le scénario CIR1X (+ 9 milliards) par rapport au scénario CIR1P (+ 8,7 milliards). Ainsi, selon que les entreprises sont *price maker* ou *price taker* sur leurs marchés d'exportation, et qu'elles ont ou non besoin de reconstituer leurs marges, les effets sur le solde extérieur et sur la demande extérieure des politiques de soutien à la recherche auront des impacts différents. Ce dernier résultat est toutefois à nuancer dans la mesure où dans le modèle NEMESIS, il n'y a pas de rétroaction des variations de marge des entreprises sur leurs décisions d'investissement et donc le surplus engrangé par les entreprises est stérilisé.

Le scénario le plus favorable, avec les effets maximums sur les indicateurs macroéconomiques, est finalement celui dans lequel on supprime à la fois les comportements de marge à l'exportation des entreprises, et les effets Phillips, c'est-à-dire le scénario CIR1PX. Ce dernier

scénario combine les avantages des deux précédents pour le commerce extérieur, avec des effets renforcés sur la compétitivité extérieure des entreprises. Par rapport au scénarios CIR1, les gains en termes de solde extérieur sont ainsi supérieurs de 95 %, soit près du double. Les impacts sur les gains relatifs en solde extérieur de ce dernier scénario, sont ainsi supérieurs à la simple addition des gains relatifs des scénarios CIR1X et CIR1P, qui nous donnerait + 76 %, toujours comparé aux résultats du scénario CIR1. Les gains relatifs pour les autres composantes du PIB (consommation finale et investissement) sont également légèrement plus que proportionnels à la simple addition des résultats des scénarios CIR1P et CIR1X.

Enfin, quel que soit le scénario, ils indiquent tous une contribution relativement similaire, de l'ordre de + 28 % à + 29 %, des gains de valeur ajoutée industriels aux gains totaux de PIB.

2. En ce qui concerne maintenant les résultats pour l'emploi, nous rappelons que pour le scénario central CIR1 le gain moyen annuel en emplois sur la période 2008-2020 est de l'ordre de + 61 000. Sur ces 61 000 emplois, 28 000 sont des emplois qualifiés (niveau de qualification supérieur au bac) et 33 000 des emplois peu qualifiés (niveau de qualification inférieur ou égal au bac).

Au niveau de la répartition sectorielle des emplois, nous voyons également que 20 000 sont créés directement dans le secteur de la recherche, environ mille (1 227 exactement) dans l'industrie, et tous les autres, soit environ 40 000, dans les autres secteurs de l'économie : les secteurs de service, la construction et l'agriculture.

La faiblesse des créations d'emplois dans l'industrie, 2 % des créations totales environ alors que dans le scénario 28 % des gains de PIB sont des gains de valeur ajoutée industrielle, a de quoi surprendre. Cela résulte de deux choses. Tout d'abord, des forts gains de productivité dans les secteurs industriels, dans lesquels sont concentrés les investissements en R&D. Ensuite, de la façon de comptabiliser les emplois dans la nouvelle nomenclature d'activité apparue en 2014. Ainsi l'intégralité des emplois de recherche est aujourd'hui comptabilisée dans le secteur MB Recherche et développement scientifique, qu'il s'agisse d'emplois créés dans le secteur de la recherche publique, ou dans celui de la recherche privée. Les 20 000 emplois créés dans la recherche dans le scénario, qui sont des emplois dans le secteur privé, correspondent ainsi pour environ 60 % à des emplois industriels, comme ceux dans la recherche pharmaceutique. Ces emplois créés dans l'industrie seraient ainsi plutôt de l'ordre de 13 000, soit environ 21 % du total, si nous considérons les emplois de recherche liés à l'activité industrielle. Si l'on retient ce chiffre pour les gains en emploi dans l'industrie, chaque emploi créé dans l'industrie aurait ainsi contribué à générer de l'ordre de 162 000 euros de

valeur ajoutée en moyenne sur la période 2008-2020, et de l'ordre de 217 000 euros si l'on réaffecte également une partie des gains en valeur ajoutée de la branche recherche à la valeur ajoutée industrielle. Par comparaison, chaque emploi créé dans les autres secteurs de l'économie (les services hors recherche, la construction et l'agriculture) aurait permis de générer de l'ordre de 105 000 euros de valeur ajoutée. Dans le scénario, les gains de productivité dans l'industrie sont ainsi plus élevés, de l'ordre de 54 % à 106 %, aux gains de productivité dans les autres secteurs de l'économie³⁸.

Si l'on compare maintenant les différents scénarios entre eux, mis à part les créations d'emplois moins importantes dans la recherche dans le scénario CIR08, et plus importantes dans le secteur CIR12, c'est-à-dire lorsque l'on considère un effet de levier du CIR inférieur ou au contraire supérieur, on constate que les créations relatives d'emplois dans le Tableau 7, à l'exception de l'emploi industriel, sont relativement proportionnelles aux gains de PIB dans les différents scénarios. Les différences entre scénarios sont beaucoup plus marquées pour l'emploi industriel (hors recherche), avec notamment environ 4 000 créations d'emplois de plus dans les scénarios CIR1P et CIR1X que dans le central scénario CIR1 et jusqu'à 10 000 créations de plus dans le scénario CIR1PX. En effet, dans l'ensemble de ces 4 scénarios dans lesquels l'effet de levier du CIR est supposé égale à 1, les gains de productivité du travail sont relativement identiques, puisque l'augmentation de l'effort de recherche des entreprises est le même. Cela permet cette fois à l'emploi industriel d'augmenter proportionnellement au surcroît de valeur ajoutée industrielle dans les scénarios CIR1P, CIR1X et CIR1PX, comparé au scénario CIR1.

3. Les résultats de l'analyse coût-bénéfice indiquent finalement des valeurs de multiplicateur du dispositif du CIR sur l'évolution du PIB, proportionnelles (par définition) aux différences de gains de PIB mesurés pour les différents scénarios. Remarquons toutefois que la valeur du multiplicateur est comprise selon le scénario entre 2,3 (CIR08) et 4,2 (CIR1PX), soit une différence en pourcentage entre ces deux bornes de 82 %. Ce chiffre souligne la marge d'incertitude sur l'ampleur des impacts économiques du dispositif³⁹, qui dépend à la fois de l'efficacité avec laquelle celui-ci est mis en œuvre (que traduit l'importance de l'effet de levier), du contexte macroéconomique durant lequel il est appliqué et des possibles politiques

³⁸ Nous rappelons que d'après les mécanismes de R&I du modèle, les impacts de la R&D sur la productivité sont plus importants dans les secteurs intensifs en R&D, c'est-à-dire dans l'industrie qui concentre l'essentiel de ces investissements.

³⁹ Il faut rappeler que la borne basse qui est retenue dans le scénario CIR08 sur l'effet de levier du CIR sur l'investissement des entreprises dans la recherche, 0,8, est très en-deçà de la borne basse que l'on peut retirer des études économétriques, plus proche de 0,9.

d'accompagnement qui sont mises en place, dont les effets sont reflétés dans les comportements de marge des entreprises et par l'importance des effets Phillips. Le taux de rendement social net du dispositif, tel que nous l'avons défini, évolue lui aussi proportionnellement aux gains relatifs de PIB entre les différents scénarios. Le TRSN est compris entre 19,5 % et 48 %, et chaque variation de 1 point des gains de PIB entre deux scénarios se traduit par une variation dans le même sens de l'ordre de 9 points du TRSN. Remarquons enfin que ces valeurs estimées pour le TRSN du CIR sont plutôt dans la marge inférieure des calculs de TRSN de la littérature économétrique sur la R&D, où ils sont le plus souvent compris entre 50 % et 100 %. Ils seraient supérieurs dans le cas d'une politique de soutien à la recherche coordonnée au niveau européen⁴⁰, en raison notamment des externalités de connaissances et aux surplus de productivité qui prennent effet, dans ce cas, entre pays européens et ce malgré les effets de compétitivité relative entre pays européen. Dans ce cadre européen, les taux de rendements sociaux peuvent dépasser de 30 % à 50 % les valeurs estimées ici dans le cas du renforcement du CIR.

4. La dernière partie du tableau présente finalement un bilan du dispositif en termes de finances publiques pour les différents cas étudiés. Nous voyons que le renforcement du CIR qui a représenté environ 0,14 point de PIB en moyenne sur la période 2008-2020, pour les seules créances accordées entre 2008 et 2016, n'a conduit qu'à une augmentation moyenne des dépenses publiques comprise entre + 0,01 point et + 0,04 point de PIB, soit entre + 0,10 et + 0,13 point de moins que le coût direct pour l'état du dispositif. L'impact positif du CIR sur le niveau de l'activité économique et sur les créations d'emplois permet en effet de réduire certaines dépenses, comme les allocations chômage. De plus, dans toutes les simulations les investissements publics et les dépenses de consommation finale des administrations publiques ont été maintenus constants et égaux à leur niveau dans le compte de référence du modèle, ce qui réduit mécaniquement les dépenses publiques par point de PIB, dès lors que le PIB augmente dans un scénario. Du côté des recettes publiques, l'accroissement de l'activité économique les augmente, en moyenne annuelle entre 2008 et 2020, de + 0,08 point (CIR08) à + 0,14 point (CIR1X et CIR1PX) de PIB. Enfin, l'impact mesuré du dispositif sur le solde budgétaire dans les différents scénarios est compris entre + 0,04 (CIR08) et + 0,11 (CIRX et CIR12) point de PIB en moyenne annuelle.

⁴⁰ Par exemple si les pays européens alignaient le niveau moyen de leurs aides fiscales à la R&D sur celui aujourd'hui atteint en France, qui est le plus généreux après celui de la Belgique.

7. Les impacts économiques des scénarios « CIR forever »

Nous présentons dans cette section les résultats des six scénarios « CIR forever » (Cf. infra Tableau 6). La seule différence avec les six scénarios « CIR 2008-2016 » dont nous venons de présenter les résultats est que cette fois, par hypothèse, le dispositif du CIR continue à fonctionner après 2016, comme c'est effectivement le cas aujourd'hui en 2020. Pour les années après 2016, nous avons supposé que le CIR représentera un total de créances d'environ 0,28 point de PIB, la moyenne observée au cours des années 2010-2016, avec un minimum de 0,27 point en 2011, et un maximum de 0,29 point en 2015. Nous avons également supposé qu'après 2016 le renforcement du dispositif en 2008 continuerait à représenter environ 0,18 point de PIB, soit près des deux tiers du dispositif d'ensemble.

Par rapport aux scénarios « CIR 2008-2016 », ces nouveaux scénarios permettent une analyse plus approfondie des impacts à long terme du dispositif sur la compétitivité et le taux de croissance de l'économie française (Cf. Encadré 2).

Encadré 2 : Les mécanismes à l'œuvre dans les scénarios « forever »

D'après cette seconde famille de scénarios où l'effort est prolongé et où l'intensité de la recherche est durablement accrue, on se trouve dans le cas de l'« effet d'intensité » qui va augmenter la capacité des entreprises à exploiter les connaissances et donc, selon les théories de la croissance endogène, à augmenter durablement le taux de croissance de l'économie. Les effets vont être bien différents du cas précédent au bout d'un certain délai. Par ailleurs, les trois phases observables précédemment ne seront plus distinctes puisqu'elles se « chevauchent » : la « phase d'obsolescence » de certaines dépenses coexistera avec celles « d'innovation » de dépenses plus tardives et « d'investissement » des dépenses les plus récentes.

Au niveau de chaque secteur un processus de croissance endogène s'enclenche, c'est-à-dire une augmentation du taux de croissance ; mais ce processus va vite se heurter à certaines réactions (*feedbacks*) macroéconomiques qui vont modifier ce taux. Comme nous l'avons vu précédemment, ce qui peut le plus infléchir ce taux, ce sont les risques inflationnistes qui, dans ce scénario, sont plus importants car l'accroissement du PIB et de l'emploi sont plus élevés.

A quel rythme pourra donc s'accroître le PIB s'il ne peut suivre celui indiqué par la croissance endogène ?

En fait, pour simplifier, nous allons commencer à raisonner sur l'emploi : celui-ci va s'accroître mais cet accroissement va être limité parce qu'il va converger vers le nouveau taux de chômage naturel du modèle, qui est plus faible que le précédent. Pourquoi ? Parce que le taux de chômage naturel, celui qui donne une évolution des prix à long terme compatible avec l'équilibre extérieur, va être déplacé en raison des gains de croissance de productivité qui permettent d'absorber sans hausse

de coûts la hausse du taux de croissance des salaires due à la réduction du taux de chômage. Cette propriété de limitation de la hausse de l'emploi est visible sur la Figure 7).

La stabilisation du chômage naturel que l'on déduit de cette courbe de l'emploi confirme bien que le taux de croissance de la productivité du travail est stabilisé, quoi qu'à un niveau plus faible que celui donné théoriquement par la croissance endogène compte tenu de l'accroissement de l'intensité de R&D. Le PIB croît au même rythme que la productivité du travail puisque l'emploi est fixé.

La suppression de l'effet Phillips et du comportement de marge des exportateurs va libérer la croissance surtout de la contrainte d'offre d'emplois, et rapprocher ainsi le taux de croissance de celui de la théorie de la croissance endogène.

Les six scénarios se différencient à nouveau (Cf. infra Tableau 6) en fonction de la valeur de l'effet de levier du dispositif sur l'effort d'investissement en R&D des entreprises bénéficiaires (égale à 1 pour tous les scénarios sauf pour CIR08FE (0,8) et CIR12FE (1,2), ou des hypothèses sur les effets Phillips et les comportements de marge à l'exportation des entreprises qu'ils retiennent.

Nous présentons tout d'abord les résultats du scénario CIR1FE, lequel comme le scénario central CIR1 de la section précédente retient un effet de levier du dispositif égal à 1, et où les hypothèses sur les effets Phillips et sur les comportements de marge des entreprises à l'exportation sont celles du fonctionnement habituel du modèle NEMESIS. Pour ce scénario, les résultats sectoriels (valeur ajoutée et emploi) sont également détaillés à partir d'une réagrégation de la NA 38 en 22 secteurs d'activité.

Nous comparons ensuite les résultats de ce premier scénario avec ceux des trois autres scénarios retenant également un effet de levier du dispositif sur l'investissement en R&D des entreprises égal à 1, mais dans lesquels soit les effets Phillips, soit les comportements de marge à l'exportation, soit à la fois les effets Phillips et les comportements de marge, sont supprimés :

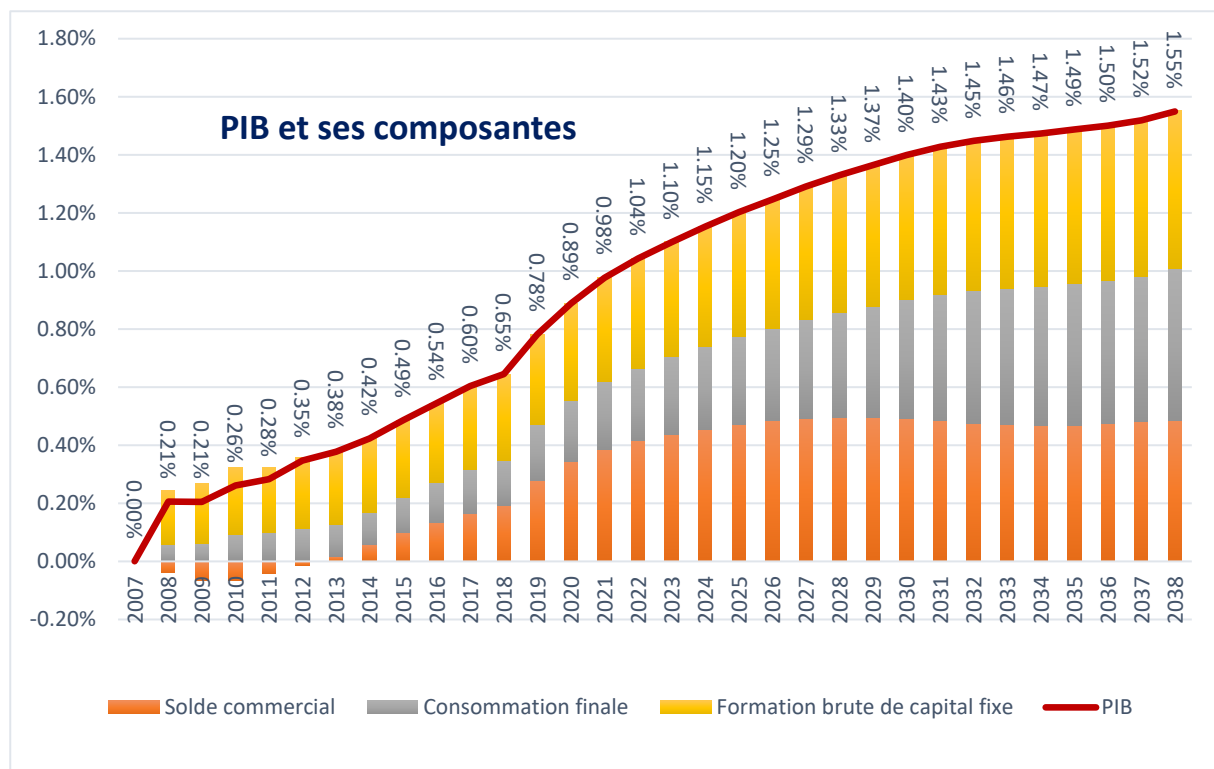
1. le scénario CIR1FEP **sans** effets Phillips et **avec** comportements de marge à l'exportation ;
2. le scénario CIR1FEX **avec** effets Phillips et **sans** comportements de marge à l'exportation ;
3. et le scénario CIR1FEPX **sans** effets Phillips et **sans** comportements de marge à l'exportation.

Enfin, comme dans la section précédente, nous résumons et comparons à partir d'un tableau de synthèse les résultats de l'ensemble des six scénarios simulés, avec également une analyse coût-bénéfice.

7.1. Les résultats du scénario CIR1FE avec effets Phillips et comportements de marge à l'exportation

En ce qui concerne tout d'abord les résultats pour le PIB dans le cas du scénario CIR1FE avec effets Phillips et comportements de marge à l'exportation, la Figure 6 permet à nouveau de distinguer plusieurs phases d'impacts.

Figure 6 : Scénario CIR1FE – Les résultats pour le PIB et ses composantes, en points de PIB calculés en écart au scénario de référence du modèle NEMESIS



La première phase « d'investissement » qui court entre 2008 et 2010, dans laquelle les impacts sur l'activité proviennent essentiellement du jeu du multiplicateur de dépense keynésien, et la phase « d'innovation » entre 2011 et 2016, où les impacts proviennent cette fois surtout des innovations de procédé et de produit mises en place par les entreprises, sont nécessairement identiques à celles du scénario précédent CIR1 dans lequel le dispositif est stoppé après 2016.

Les différences entre les scénarios CIR1 et le scénario CIR1FE commencent ainsi après 2016. Alors que précédemment la troisième phase « phase d'obsolescence » débutait en 2017, avec l'arrêt du dispositif et une diminution immédiate importante de ses effets positifs sur l'activité économique, cette fois, avec le scénario CIR1FE, la « phase d'innovation » se prolonge bien au-delà de 2016. Nous observons notamment sur la Figure 6 que les gains de compétitivité extérieure provoqués par les innovations de procédé et de produit progressent cette fois d'environ + 0,13 point de PIB en 2016

jusqu'environ + 0,49 point en 2027. Le solde extérieur est à cette date le premier contributeur au gain de PIB qui atteint + 1,29 %, avec des contributions respectives de + 0,34 point pour la consommation finale, et de + 0,46 point pour l'investissement.

Après 2027, mais c'est déjà légèrement visible les années précédentes, commence la troisième phase, que nous qualifierons « d'essoufflement ». Les innovations continuent à arriver, mais les gains en termes de commerce extérieur commencent à stagner, avec même de légères diminutions certaines années, comme entre 2031 et 2037. Cela est dû essentiellement aux tensions qui se développent sur le marché du travail, qui sont liées aux créations d'emplois (et à la diminution du chômage), comme nous le verrons après. Les gains de PIB continuent à augmenter, mais leur progression est cette fois entièrement due à la progression de la demande intérieure. Ils atteignent finalement 1,55 % en 2038, la dernière année de simulation, avec des contributions cette fois relativement égales pour le solde extérieur (+ 0,49 point), la consommation des ménages (+ 0,52 point) et l'investissement (+ 0,54 point).

Du côté des créations d'emplois, la première différence avec le scénario CIR1 concerne l'emploi de recherche qui ne diminue plus après 2016 puisque cette fois le CIR est maintenu jusqu'en 2038. Le nombre des emplois créés dans la recherche est ainsi relativement stable après 2016, à environ 33-34 mille (Cf. Figure 7).

Nous constatons également que par rapport au scénario précédent l'emploi hors recherche continue à progresser après 2016, au lieu de diminuer brutalement, en raison de l'augmentation des gains de PIB après 2016, entraînés par le dynamisme des demandes intérieure et extérieure. Les créations d'emplois hors recherche atteignent en 2030 + 114 mille pour l'emploi peu qualifié et + 80 mille pour l'emploi qualifié, soit au total + 227 mille emplois en incluant également les créations d'emplois dans la recherche.

Après 2030, il n'y a pas de nouvelles créations d'emplois. Bien que les innovations provoquées par les investissements en R&D continuent à arriver permettant aux entreprises d'améliorer leur compétitivité, les tensions qui apparaissent sur le marché du travail induisent dans la direction opposée une augmentation des coûts de production avec un impact négatif important sur la demande. Les effets des innovations et ceux des tensions sur le marché du travail finissent par se neutraliser, et les créations d'emplois sont complètement bloquées.

Figure 7 : Scénario CIR1FE – Les résultats pour l’emploi, en milliers et en écart au scénario de référence du modèle NEMESIS

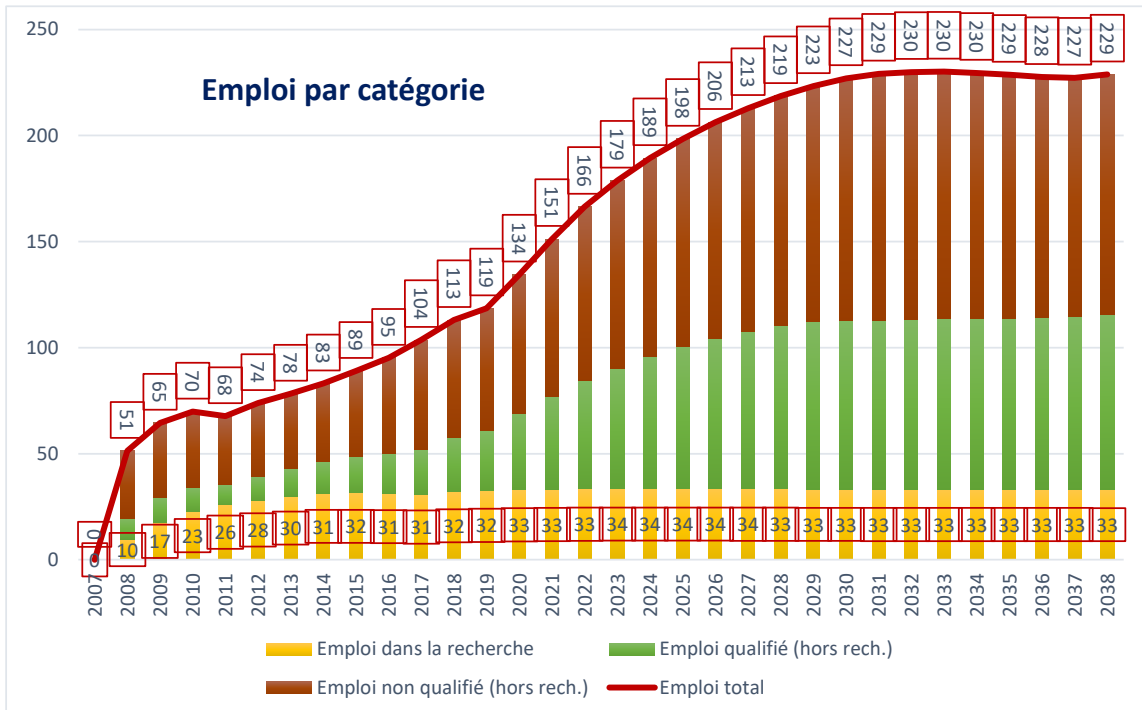
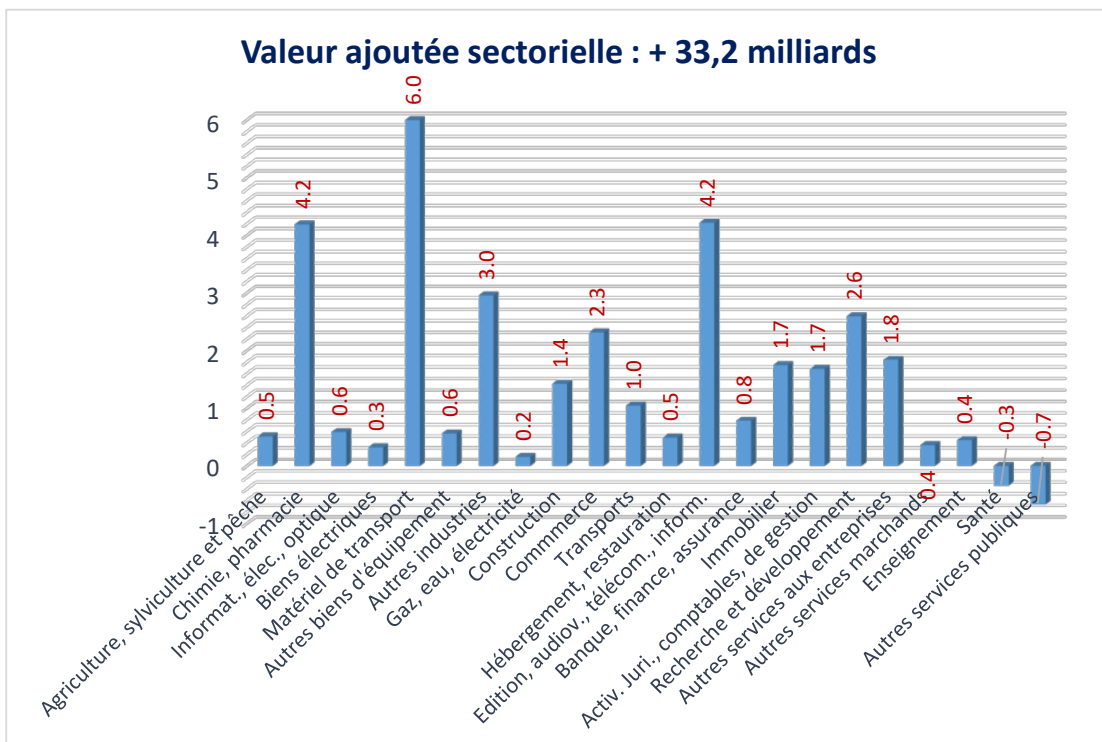


Figure 8 : Scénario CIR1FE - Les résultats pour la valeur ajoutée sectorielle en 2030, en milliards d’euros constants de 2014 et en écart au scénario central du modèle NEMESIS



Nous voyons qu'à long terme, avec les résultats de ce premier scénario basé sur les hypothèses de fonctionnement habituelles du modèle NEMESIS, que le dispositif du CIR ne permet pas de continuer à accroître durablement la compétitivité extérieure de la France et de générer des gains de croissance économique substantiels à long terme, pas plus qu'il ne permet d'obtenir un impact positif durable sur les créations d'emplois. Les gains en termes de solde extérieur, de PIB et d'emploi obtenus au cours des premières périodes sont bien durables, mais le blocage du processus de croissance par les pressions inflationnistes qui finissent par apparaître ne permettent pas de les accroître davantage.

Au niveau des résultats sectoriels, la Figure 8 indique que les gains en termes de valeur ajoutée, qui s'élèvent globalement à 33,2 milliards d'euros en 2030, sont concentrés pour une part importante dans les secteurs industriels qui sont les principaux bénéficiaires du CIR (Cf. Figure 8). Les gains dans l'industrie s'élèvent au total à + 14,6 milliards (44 % du total) avec + 4,2 milliards pour la Chimie-Pharmacie, + 0,6 milliard pour l'Informatique, les Biens électroniques et l'Optique, + 0,3 milliard pour les Biens électriques, + 6 milliards pour le Matériel de transport, + 0,6 milliard pour les Autres biens d'équipement, et + 3 milliards pour les Autres industries.

Figure 9 : Montant distribués par secteur au titre du renforcement du CIR. Évaluation pour l'année 2016, en milliards d'euros constants de 2014.

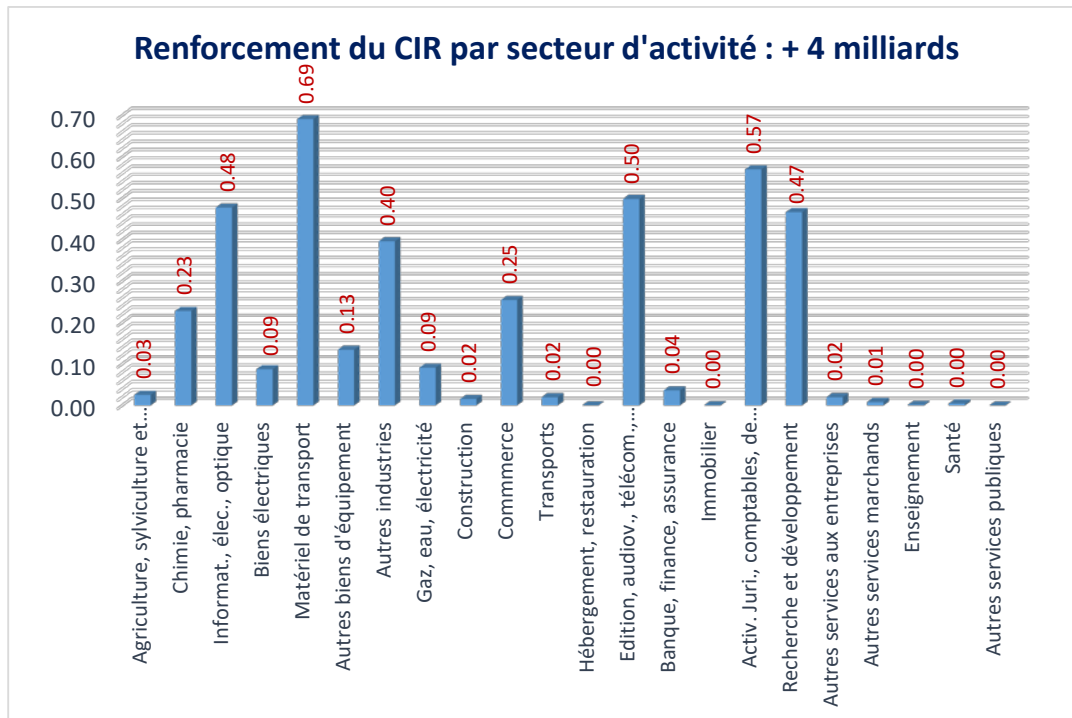
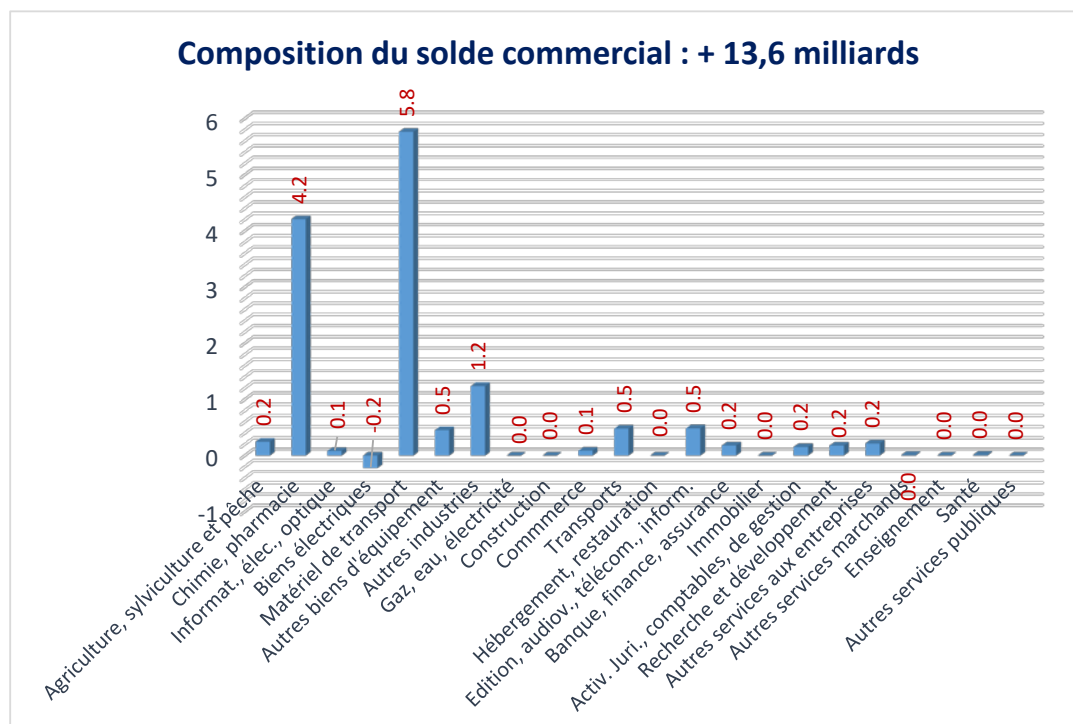


Figure 10 : Scénario CIR1FE : Les résultats pour le solde commercial par secteur en 2030, en milliards d'euros constants de 2014 et en écart au scénario central du modèle NEMESIS

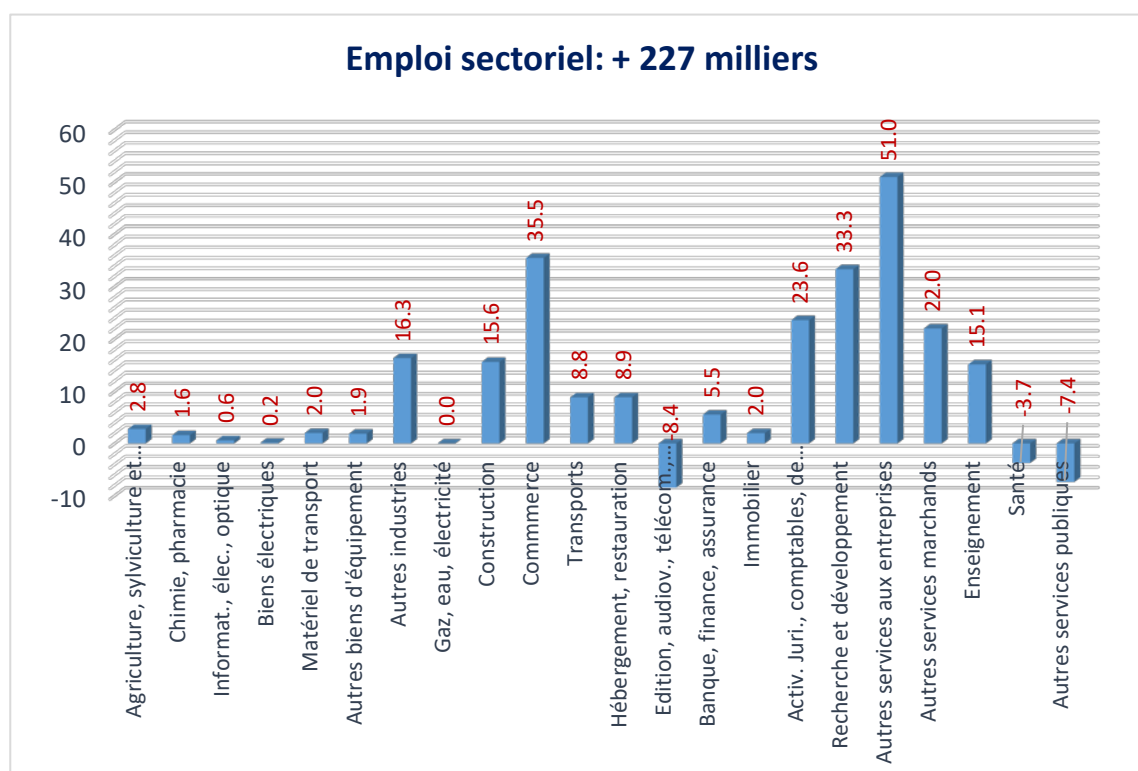


La Figure 10 qui présente cette fois les résultats pour le solde extérieur souligne que les gains de valeur ajoutée dans l'industrie proviennent pour une part très importante de l'amélioration de la compétitivité des secteurs industriels vis-à-vis de la concurrence exercée par les entreprises étrangères. Nous observons notamment que dans le cas de la Chimie-Pharmacie, que l'intégralité des gains de valeur ajoutée provient de l'amélioration du solde commercial du secteur. De façon similaire, pour le matériel de transport sur les + 6 milliards de gain de valeur ajoutée, + 5,8 milliards proviennent du solde extérieur, tandis que pour les Autres industries le solde commercial contribue pour + 1,2 milliard au gain de valeur ajouté de + 3 milliards réalisé par ce secteur.

En ce qui concerne les autres secteurs, les secteurs de services marchands principalement, nous voyons que les gains en termes de solde extérieur sont extrêmement limités puisque l'industrie réalise à elle seule près des trois quarts des exportations de la France. Par contre, environ 54 % des gains globaux de valeur ajoutée (+ 17,7 milliards) sont réalisés par les services marchands, dont + 2,6 milliards directement par le secteur de la Recherche et + 4,2 milliards par le secteur des industries créatives, composées notamment de l'Édition, de l'Audiovisuel, des Télécom et des Services informatiques, + 1,7 pour les Activités juridiques, comptables et de gestion, soit tout un ensemble de secteurs qui bénéficient de façon importante du CIR. Pour les autres secteurs, les gains d'activité

proviennent surtout du dynamisme de la demande intérieure dans le scénario, que ce soit pour la demande de services émanant des entreprises ou des particuliers.

Figure 11 : Scénario CIR1FE : Les résultats pour l'emploi par secteur en 2030, en milliers et en écart au scénario central du modèle NEMESIS



Au niveau de l'emploi enfin, sur les 227 000 créations d'emplois en 2030, environ 23 000, soit près de 10 % du total sont des emplois industriels. C'est bien plus favorable pour l'emploi industriel que les résultats du scénario CIR1 présentés dans la section précédente, où seulement 2 % des créations d'emplois totales, en moyenne, correspondaient à des emplois industriels. La raison en est que lorsque le dispositif est maintenu après 2016, comme dans le cas présent, la phase d'innovation dure plus longtemps et, comme nous venons de le voir, une part très importante des gains d'activité globaux (44 %) se concentre dans l'industrie qui bénéficie d'environ 60 % des créances qui sont versées par l'État au titre du CIR. Les gains de productivité très importants dans l'industrie limitent toutefois les créations d'emplois industriels. Mais il faut souligner à nouveau ici qu'une part très importante des emplois de recherche créés (+ 33 000), environ 60 %, correspond à des emplois créés pour les besoins de l'industrie. Il conviendrait ainsi de considérer que ce sont plutôt + 43 000 emplois (23 000 + 0,6*33 000), soit environ 19 % des créations d'emplois totales, qui ont lieu dans l'industrie.

On remarquera de façon similaire que les industries créatives (l'Édition, de l'Audiovisuel, des Télécom et des Services informatiques) perdent environ – 8 000 emplois, alors qu'elles concentrent à elles

seules près de 13 % des gains de valeur ajoutée provoqués par le renforcement du CIR. Les gains de productivité réalisés par ces industries qui bénéficient d'environ 12,5 % des créances distribuées au titre du CIR, sont ainsi très importants et conduisent à des destructions d'emplois. Ce constat peut être amoindri si l'on considère qu'environ 4 000 créations d'emplois dans la recherche correspondent en fait à des emplois créés directement par les industries créatives.

Au niveau des autres secteurs, les créations d'emplois sont davantage des créations d'emplois « indirectes », liées au dynamisme de la demande intérieure et à l'amélioration du pouvoir d'achat des ménages, que des créations d'emplois liées directement aux activités de recherche et d'innovation ; elles sont par conséquent cette fois davantage en phase avec le regain d'activité dans les différents secteurs. Les autres services aux entreprises créent notamment + 51 000 emplois (22 % du total), la branche Commerce +35 500 (16 % du total), les Activités juridiques, comptables et de gestion +23 600 (10 % du total), les Autres services marchands + 22 000 (environ 10 % du total également), et la construction + 15 600 (7 % du total). Enfin si l'on met à part le secteur de la Santé (- 3 700 emplois) et les autres services publics (- 7 400 emploi), tous les autres secteurs de l'économie créent également des emplois.

7.2. L'influence à long terme des effets Phillips et des comportements de marge à l'exportation sur les impacts économiques du renforcement du CIR

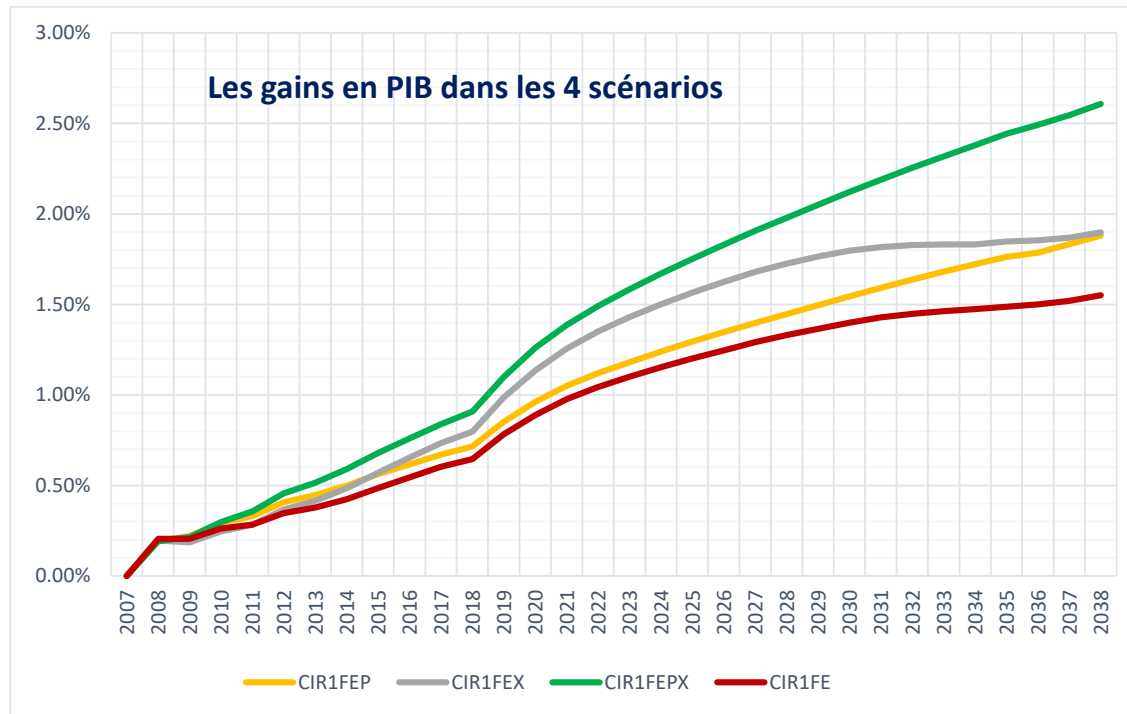
Comme nous l'avons vu plus haut à la section 3.2, l'apparition de tensions sur le marché du travail et l'existence d'un comportement de marge à l'exportation des entreprises peuvent influencer de façon importante les impacts du CIR sur l'activité économique et sur l'emploi. Les tensions sur le marché du travail vont induire des pressions inflationnistes qui vont réduire à terme les impacts positifs des innovations de procédé et de produit provoquées par le CIR. D'un autre côté la prise de marges par les entreprises, si elle n'est pas réinvestie, comme c'est le cas pour les scénarios analysés avec le modèle NEMESIS, va réduire le volume des exportations et ainsi les effets positifs du dispositif sur le solde extérieur, et finalement sur l'activité et l'emploi. Dans cette section nous analysons ces deux aspects plus en détail, en comparant ensemble les résultats des quatre scénarios qui retiennent un effet de levier de 1 du CIR sur les investissements en R&D des entreprises, mais qui diffèrent selon les hypothèses qu'ils retiennent sur les effets Phillips et les comportements de marge à l'exportation. Nous rappelons une fois encore que ces quatre scénarios sont respectivement :

1. le scénario central CIR1FR, avec les effets Phillips et les comportements de marge habituels du modèle NEMESIS ;
2. le scénario CIR1FEP **sans** effets Phillips et **avec** comportements de marge à l'exportation ;

3. le scénario CIR1FEX **avec** effets Phillips et **sans** comportements de marge à l'exportation ;
4. et le scénario CIR1FEPX **sans** effets Phillips et **sans** comportements de marge à l'exportation.

La Figure 12 qui présente pour commencer les résultats pour le PIB dans les quatre scénarios, permet de constater que la phase d'« essoufflement » qui se mettait en place autour de 2027-2030 dans le cas du scénario central CIR1FE, disparaît complètement dans le cas du scénario CIR1FEP, dans lequel les effets Phillips ont été supprimés. L'absence de tensions sur le marché du travail et de pressions inflationnistes permet ainsi aux innovations introduites par les entreprises d'avoir un impact bien plus important sur l'activité économique. Les gains annuels de PIB ne ralentissent plus après 2027-2030, et la phase d'« innovation » se prolonge jusqu'en fin de simulation en 2038. Les gains de PIB continuent ainsi à progresser de + 0,042 point par an après 2030, soit d'environ 1,3 milliard, alors qu'ils ne progressaient plus en moyenne que de + 0,019 points par an, soit à peu près 0,5 milliards, dans le cas du scénario précédent. L'« essoufflement » du potentiel de croissance provoqué par le CIR ne s'observe ainsi plus dans ce nouveau scénario où les tensions inflationnistes en provenance du marché du travail ont été supprimées.

Figure 12 : Les résultats pour le PIB dans les scénarios CIR1FE, CIR1FEP, CIRFEP et CIR1FEPX, en pourcentage d'écart au scénario central du modèle NEMESIS



Quand ce sont cette fois les comportements de marge à l'exportation des entreprises qui sont supprimés, comme dans le scénario CIR1FEX, les constats sont bien différents.

On observe notamment sur le graphique que si les courbes correspondant aux scénarios CIR1FEP et CIR1FEX se rejoignent en fin de simulation, indiquant toutes deux un écart de PIB d'environ + 1,88 % pour 2038, toutes les années précédentes jusqu'au début de la phase d'innovation en 2016, le gain de PIB est toujours supérieur dans le cas du scénario CIR1FEX. Sur l'ensemble de la période allant de 2016 à 2038, le gain de PIB annuel moyen est ainsi de + 1,51 % dans le cas du scénario CIR1FEX, contre seulement 1,34 % pour le scénario CIR1FEP, soit environ 13 % de plus.

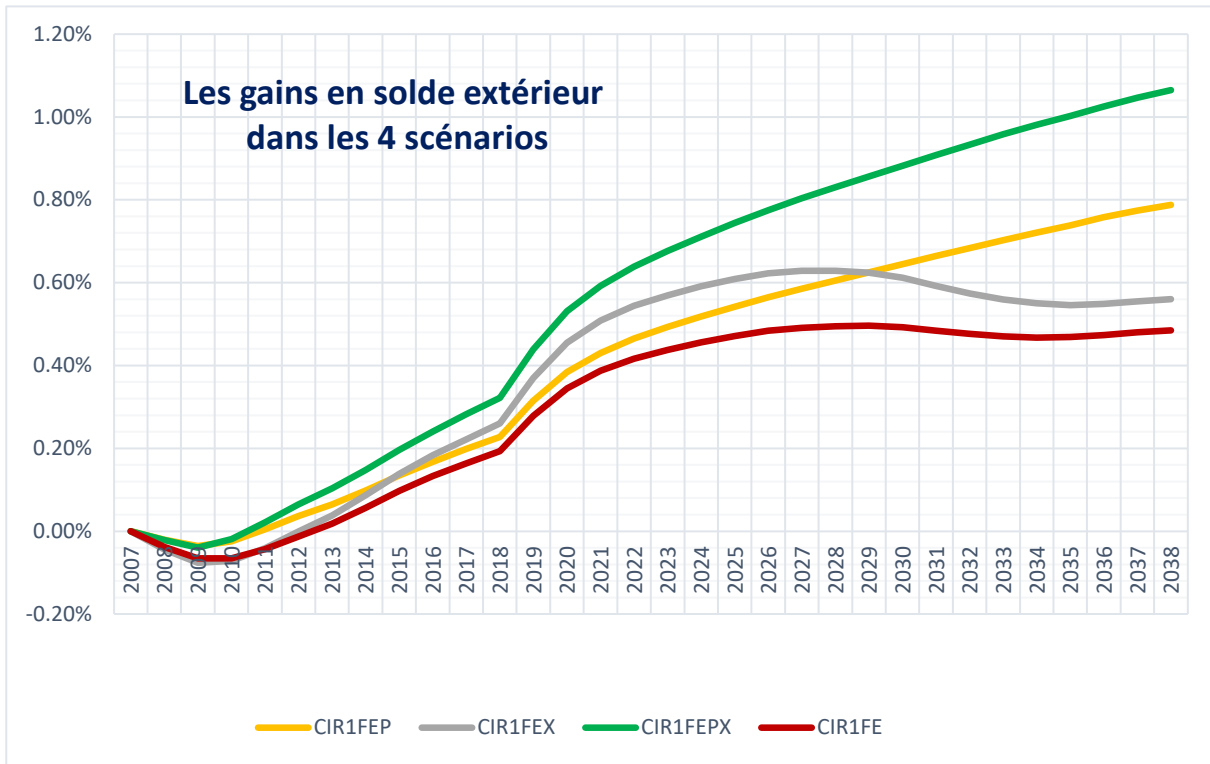
Par contre l'évolution de la courbe correspondant au scénario CIR1FEX indique que la suppression du comportement de marge à l'exportation ne permet pas d'éviter la phase d'« essoufflement » que l'on observait déjà dans le cas du scénario central CIR1FE. Sa suppression permet d'accroître de façon importante l'effet positif du CIR sur le solde extérieur (Cf. *infra*), mais à terme la persistance des tensions sur le marché du travail et des pressions inflationnistes vient réduire l'efficacité du dispositif, de façon similaire à ce qui se passe dans le cas du scénario central CIR1FE.

Enfin dans le cas du scénario CIR1FEPX, où l'on supprime à la fois les effets Phillips et les comportements de marge à l'exportation, on observe qu'au-delà de cumuler les avantages des scénarios CIR1FEP et CIR1FEX, cette combinaison des deux scénarios permet de les amplifier. Le gain de PIB culmine en fin de simulations à + 2,61 %, soit plus d'un point de plus (+ 1,06 exactement) que pour le scénario central CIR1FE, et environ + 0,7 point de plus que pour chacun des deux autres scénarios. Le gain annuel moyen de PIB entre 2016 et 2038 est cette fois de + 1,82 %, sans aucune tendance à la réduction de l'influence positive du dispositif du CIR sur le taux de croissance de l'économie à long terme, qui est de l'ordre de + 0,06 point par an.

Ainsi, selon les conditions macroéconomiques prévalant lors de l'application du dispositif et le comportement des agents économiques en termes de formation des salaires et des prix, les effets du CIR sur les gains annuels de PIB mesurés avec le modèle NEMESIS peuvent différer de plus de 50%, et l'impact mesuré du dispositif sur le taux croissance de l'économie française à long terme peut lui-même varier d'un facteur 3.

La Figure 13 présente maintenant pour chaque scénario les impacts sur le solde extérieur. Les résultats sont exprimés en points de PIB et en écart au scénario de référence du modèle NEMESIS. Ils expriment ainsi la contribution du solde extérieur aux gains de PIB dans chacun des quatre scénarios étudiés

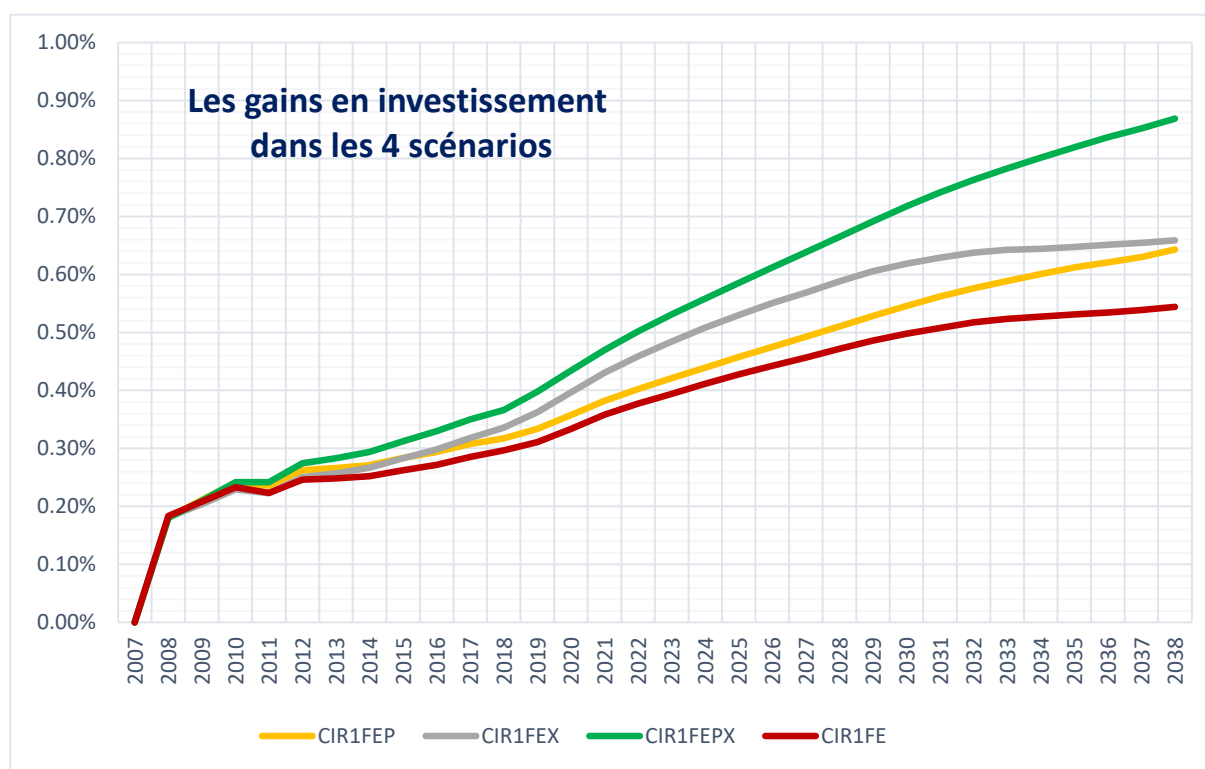
Figure 13 : Les résultats pour le solde extérieur dans les scénarios CIR1FE, CIR1FEP, CIRFEP et CIR1FEPX, en points de PIB et en écart au scénario central du modèle NEMESIS



Les courbes du graphique confirment que la capacité du dispositif du CIR à influencer durablement la croissance économique à long terme dépend principalement de la possibilité de contenir les tensions inflationnistes pour préserver la compétitivité extérieure des entreprises à long terme. Ainsi la suppression des comportements de marge à l'exportation dans le cas scénario CIR1FEX ne permet pas à elle seule de réduire les tensions inflationnistes et à la compétitivité extérieure de l'économie française de continuer à s'améliorer à long terme sous l'effet des innovations financées par la CIR. Dès 2028 l'amélioration du solde extérieur dans le scénario CIR1FEP, dans lesquels les effets Phillips sont supprimés, devient en effet supérieure à celle obtenue pour le scénario CIR1FEX, l'influence des comportements de marge sur la performance à l'exportation ne semblant que transitoire. Ce dernier commentaire doit toutefois être nuancé puisque l'évolution du solde extérieur dans le scénario CIR1FEPX combinant suppression des marges et des tensions inflationnistes surperforme largement les résultats obtenus pour tous les autres scénarios, que ce soit à court, moyen ou long terme. Le gain en solde extérieur en 2038 dans ce dernier scénario en est de + 1,06 point de PIB, soit plus de deux fois plus que dans le cas du scénario central CIR1FE, le moins favorable, avec seulement + 0,49 point de PIB.

Pour l'investissement, les gains relatifs entre les différents scénarios, présentés sur la Figure 14, reflètent assez fidèlement la hiérarchie des gains de PIB présentés plus hauts. Comme pour les gains de PIB, en fin de simulation les gains en investissement sont presque identiques pour les scénarios CIR1FEP et CIR1FEX, avec environ + 0,65 point de PIB, contre + 0,54 point dans le cas du scénario central CIR1FE et + 0,87 point dans le scénario CIR1FEPX, encore une fois le plus favorable.

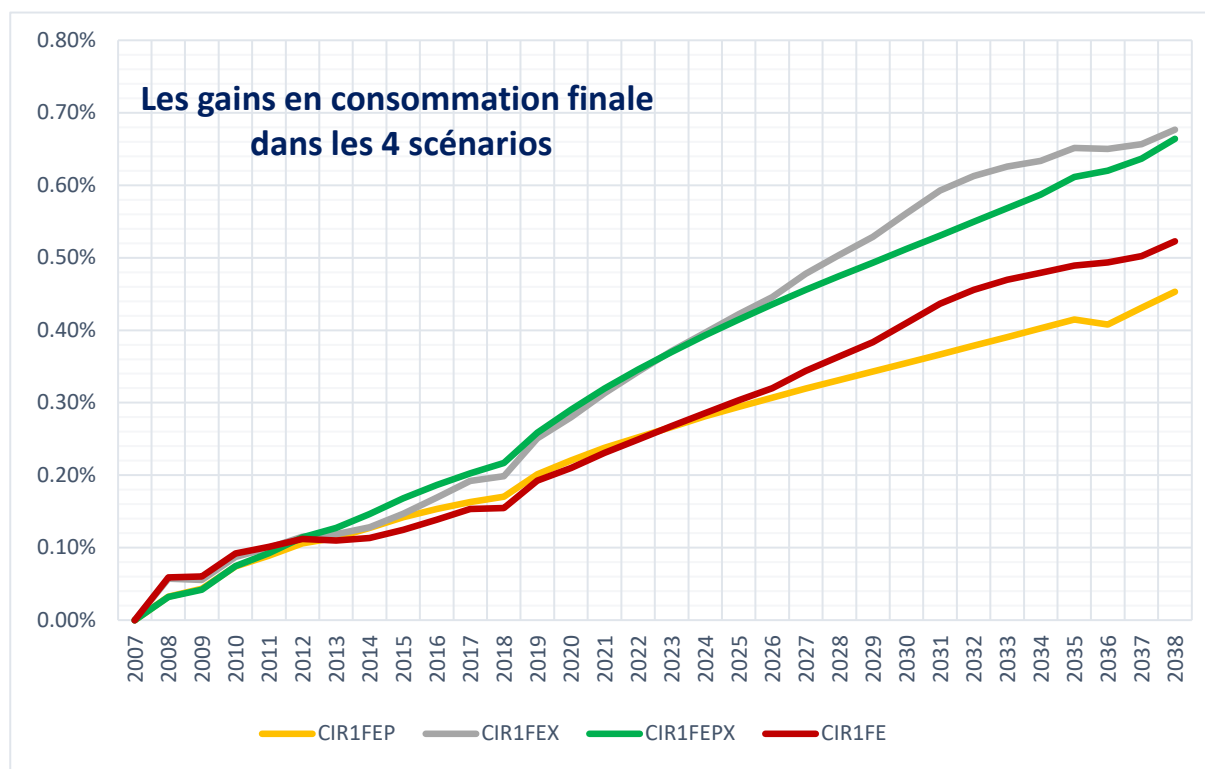
Figure 14 : Les résultats pour l'investissement dans les scénarios CIR1FE, CIR1FEP, CIRFEP et CIR1FEPX, en points de PIB et en écart au scénario central du modèle NEMESIS



Les résultats pour la consommation finale des ménages que nous livre la Figure 15 sont de prime abord plus surprenant. Jusqu'à vers 2026, avant que les pressions inflationnistes ne commencent à dégrader la compétitivité extérieure des entreprises, les gains de consommation sont relativement identiques dans les deux scénarios où l'on supprime les comportements de marge à l'exportation (CIR1FEX et CIR1FEPX), avec environ + 0,45 point de PIB à cette date. Le constat est similaire pour les deux scénarios où les comportements de marge à l'exportation sont maintenus (CIR1FE et CIR1FEP) mais avec des gains de consommation finale bien moins importants : environ + 0,31/+ 0,32 point de PIB en 2026. Ainsi jusqu'en 2026 la pression sur les salaires que traduisent les effets Phillips dans le modèle semble sans influence sur le niveau de la consommation finale. Les gains en consommation progressent par ailleurs relativement régulièrement au cours du temps dans tous les scénarios, même si après 2026 ils

augmentent plus vite dans les deux scénarios dans lesquels les effets Phillips sont maintenus (CIR1FE et CIR1FEX), par rapport à ceux où ils ne le sont pas (CIR1FEP et CIR1FEPX).

Figure 15 : Les résultats pour la consommation finale dans les scénarios CIR1FE, CIR1FEP, CIRFEP et CIR1FEPX, en points de PIB et en écart au scénario central du modèle NEMESIS



Contrairement aux résultats pour l'investissement, les gains de consommation finale semblent ainsi relativement décorrélés des gains de PIB, produisant une hiérarchie très différente entre les quatre scénarios.

Les gains de consommation finale semblent inversement corrélés à l'importance des marges à l'exportation, ce qui paraît surprenant en l'absence de lien direct entre ces marges et le prix des biens consommés par les ménages.

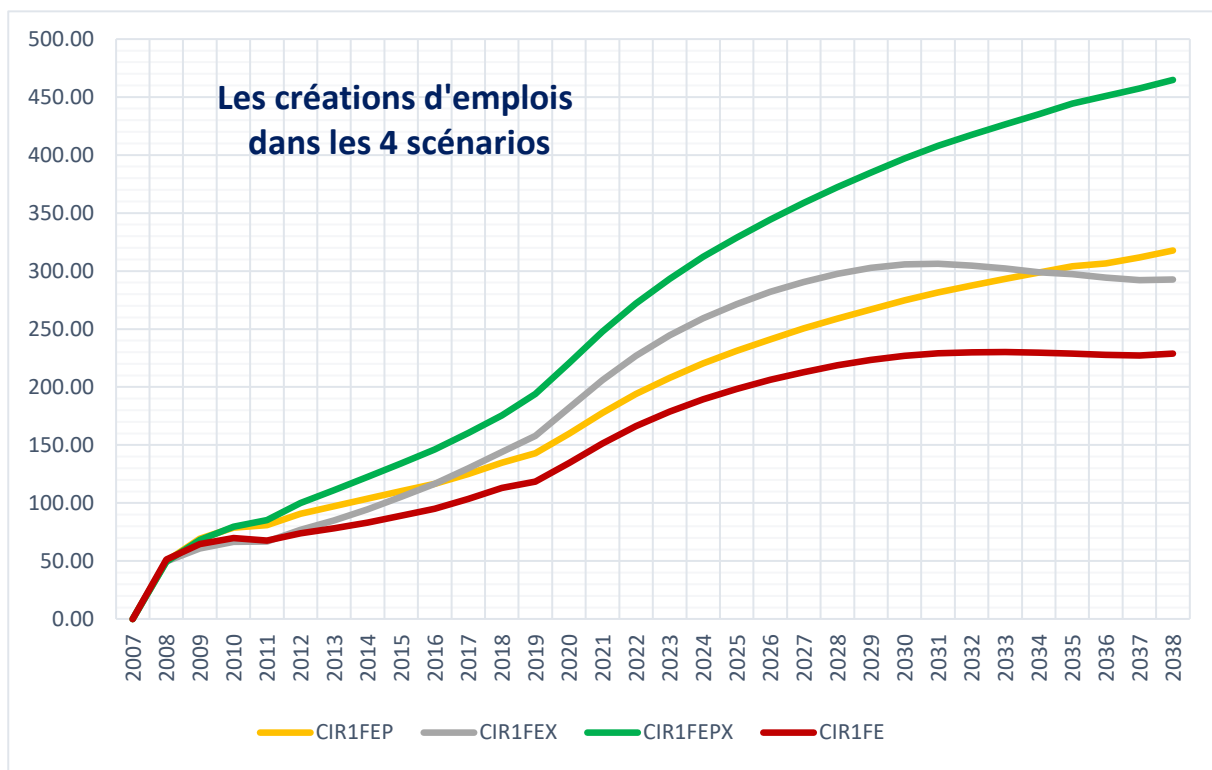
Mais cette relation inverse n'est qu'apparente. En effet, les deux scénarios où l'on supprime les comportements de marge à l'exportations (CIR1FEX et CIR1FEPX) sont également ceux où l'on obtient les gains de PIB les plus élevés, même si ceux-ci se réduisent fortement en fin de simulation dans le cas du scénario CIRFEX, sous l'effet des pressions inflationnistes.

Le changement de hiérarchie entre scénarios pour la consommation finale vient ainsi davantage de la suppression des effets Phillips qui réduit à terme mécaniquement la consommation finale puisque les salaires réels progressent moins, et que les pertes de pouvoir d'achat qui en résultent ne sont pas

intégralement compensées par des créations d'emplois, l'élasticité de l'emploi au salaire réel étant inférieure à 1 dans le modèle, et proche de 0,4 en moyenne. C'est ce qui explique qu'en 2026 la courbe jaune passe en dessous de la courbe rouge, et la courbe verte en dessous de la courbe grise.

En résumé, lorsque l'on compare les quatre scénarios, les gains de consommation finale sont d'autant plus élevés que les gains de PIB sont importants, et que les gains en termes de salaire réels sont également importants, c'est-à-dire lorsque les effets Phillips sont présents et que les salariés ont un pouvoir de négociation sur le niveau de leur salaire. Il existe ainsi une sorte d'arbitrage, à moyen-long terme, entre d'une part les gains en termes de consommation et de pouvoir d'achat, et d'autre part les gains en termes de créations d'emploi et de croissance économique.

Figure 16 : Les résultats pour l'emploi dans les scénarios CIR1FE, CIR1FEP, CIRFEP et CIR1FEPX, en milliers et en écart au scénario central du modèle NEMESIS



Enfin, au niveau des créations d'emplois dans les quatre scénarios, les résultats confirment leur fort lien avec les gains d'activité économique et de croissance à long terme. A partir de 2017 et jusqu'en 2038, les créations d'emplois sont ainsi toujours plus nombreuses dans les scénarios où les gains de PIB sont les plus importants. Il y a une légère exception avec le croisement des courbes grise (scénario CIR1FEX) et jaune (scénario CIR1FEP) en 2034, alors que pour le PIB la courbe grise reste légèrement au-dessus de la courbe jaune avant de la rejoindre en 2038. La raison est que dans le scénario CIR1FEX, pour un gain en PIB relativement similaire à celui du scénario CIR1FEP, le niveau des salaires réels est

plus élevé, ce qui suffit à faire passer la courbe des créations d'emploi en dessous de celle du scénario CIR1FEP.

Nous soulignerons enfin que selon le scénario, les créations d'emplois peuvent aller du simple au double, avec en 2038 + 229 000 emplois dans le cas du scénario CIR1FE contre + 465 000 dans le cas du scénario le plus favorable CIR1FEPX, et avec respectivement + 318 000 et + 293 000 dans le cas des scénarios CIR1FEP et CIR1FEX.

7.3. Résultats synthétiques et analyse coût-bénéfice des scénarios « CIR forever »

Nous présentons dans cette dernière section un tableau de synthèse des résultats comprenant une analyse coût-bénéfice des six scénarios de type « CIR forever » (Tableau 8), comme nous l'avons fait à la section 3.2 pour les six scénarios « CIR 2008-2016 ».

Tableau 8 : Les résultats de la seconde catégorie de scénarios - « CIR forever »

	CIR08FE		CIR1FE		CIR1FEP		CIR1FEX		CIR1FEPX		CIR12FE			
	Levier	Effet Phillips Marges à l'export	Levier	Effet Phillips Marges à l'export	Levier	Effet Phillips Marges à l'export	Levier	Effet Phillips Marges à l'export	Levier	Effet Phillips Marges à l'export	Levier	Effet Phillips Marges à l'export		
	0.8	oui	oui	1	oui	oui	1	non	oui	non	non	1.2	oui	oui
Impact annuel moyen sur les indicateurs macro-économiques entre 2008 et 2030 (en euros constants de 2014) <i>(Cumul des écarts au scénario de référence entre 2008 et 2030 divisé par le nombre d'années : 23)</i>														
PIB	15.2		19.4		21.2		24.4		27.8		23.2			
Investissement	6.4		8.1		8.7		9.5		10.5		9.7			
Consommation finale des ménages	3.8		5.1		4.9		6.7		6.6		6.1			
Exportations nettes	5.0		6.2		7.7		8.2		10.8		7.4			
Valeur ajoutée du secteur de la recherche	1.8		2.2		2.2		2.2		2.2		2.6			
Valeur ajoutée industrielle	5.4		6.7		7.4		8.1		9.2		8.1			
Impact annuel moyen sur l'emploi entre 2008 et 2030 (en milliers) <i>(Cumul des écarts au scénario de référence entre 2008 et 2030, divisé par le nombre d'années : 23)</i>														
Emploi total	108		135		160		175		216		163			
Emploi qualifié (> bac)	52		83		77		83		101		79			
Emploi non qualifié (<= bac)	56		92		84		92		115		84			
Emploi dans la recherche	24		30		30		30		30		36			
Emploi dans l'industrie	7.3		9.0		14.9		17.8		27.7		10.6			
Analyse coût-bénéfice du dispositif en 2030: Multiplicateur (M) et taux de rendement social net (TRS) <i>(M : Gain moyen de PIB par € de CIR versé ; TRS : Taux de rendement par € de CIR net de dépréciation)</i>														
Multiplicateur	3.6		4.6		5		5.7		6.5		5.5			
Taux de rendement	39.0%		54%		60.0%		70.50%		82.5%		67.5%			
Impact sur les finances publiques <i>(Impact annuel moyen entre 2008 et 2030, en points de PIB)</i>														
Recettes publiques	0.11		0.16		0.15		0.26		0.27		0.16			
Dépenses publiques	0.08		-0.01		0.01		0.00		0.02		0.04			
Solde budgétaire	0.03		0.17		0.14		0.26		0.25		0.13			

Au niveau du tableau, la seule différence avec le tableau de la section 3.2 (Tableau 7) est que tous les calculs sont cette fois réalisés sur la période 2008-2030, et non plus sur la période 2008-2020, puisque dans ces nouveaux scénarios le dispositif est supposé continuer « pour toujours ». Nous avons limité la période de calcul à l'année 2030 afin de retenir une date suffisamment proche pour se représenter les impacts, mais également suffisamment éloignée pour bien prendre en compte dans les calculs les effets à long terme du dispositif et mieux apprécier son taux de rendement social à long terme.

Par rapport aux résultats présentés à la section 3.2 pour les scénarios de type « CIR 2008-2016 » (Tableau 7), on constate principalement que tous les chiffres de ce nouveau tableau sont beaucoup plus élevés, confirmant l'intérêt des scénarios de type « forever » pour mieux apprécier les effets des politiques de recherche et d'innovation, dont les impacts mettent beaucoup de temps à se déployer.

Tableau 9 : Proportionnalité des résultats entre les scénarios de type « CIR forever » et ceux des scénarios « CIR 2008-2016 »

	CIR08FE/CIR08			CIR1FE/CIR1			CIR1FEP/CIR1P			CIR1FEX/CIR1X			CIR1FEPX/CIR1PX			CIR12FE/CIR12		
	Levier	Effet Phillips	Marges à l'export	Levier	Effet Phillips	Marges à l'export	Levier	Effet Phillips	Marges à l'export	Levier	Effet Phillips	Marges à l'export	Levier	Effet Phillips	Price maker	Levier	Effet Phillips	Marges à l'export
	0.8	oui	oui	1	oui	oui	1	non	oui	1	oui	non	1	non	non	1.2	oui	oui
Impact annuel moyen sur les indicateurs macro-économiques																		
PIB	2.55			2.58			2.43			2.71			2.57			2.60		
Investissement	2.07			2.04			2.01			2.19			2.17			2.07		
Consommation finale	2.67			2.86			2.47			3.02			2.65			2.88		
Exportations nettes	3.49			3.47			3.14			3.37			3.07			3.47		
Valeur ajoutée du secteur de la recherche	1.78			1.75			1.75			1.75			1.75			1.78		
Valeur ajoutée industrielle	3.15			3.14			2.92			3.12			2.91			3.14		
Impact annuel moyen sur l'emploi(en milliers)																		
Emploi total	2.24			2.21			2.07			2.34			2.22			2.24		
Emploi qualifié (> bac)	2.36			2.95			2.16			2.48			2.33			2.37		
Emploi non qualifié (<= bac)	2.13			2.76			2.00			2.23			2.13			2.13		
Emploi dans la recherche	1.54			1.52			1.52			1.52			1.52			1.54		
Emploi dans l'industrie	6.82			7.31			2.79			3.85			2.63			7.01		
Analyse coût-bénéfice du dispositif : Multiplicateur (M) et taux de rendement social net (TRSN)																		
Multiplicateur	1.57			1.59			1.47			1.63			1.55			1.57		
Taux de rendement	2.00			1.89			1.67			1.88			1.72			1.80		
Impact sur les finances publiques																		
Recettes publiques	1.38			1.59			1.58			1.88			1.87			1.38		
Dépenses publiques	1.89			-0.39			0.21			-0.05			0.36			6.58		
Solde budgétaire	0.74			2.19			2.60			2.45			2.79			1.12		

Le Tableau 9 qui indique la proportionnalité des résultats obtenus pour les deux types de scénarios montre ainsi que les gains annuels moyen de PIB provoqués par le dispositif sont 2,4 (CIR1FEP/CIR1FE) à 2,7 (CIR1FEX/CIR1X) fois plus élevés pour les scénarios de type « CIR forever » que pour les scénarios « CIR 2008-2016 ». Cette analyse de la proportionnalité des résultats montre aussi que dans les

scénarios de type « *forever* » les contributions du solde extérieur et de la valeur ajoutée industrielle aux gains de PIB sont plus élevées, puisque le coefficient de proportionnalité entre les deux types de scénarios est supérieur à 3 pour les exportations nettes (compris entre 3,1 pour CIR1FEXP/CIR1PX et 3,5 pour CIR08FE/CIR08, CIRFE/CIR et CIR12FE/CIR12) et proche de 3 pour la valeur ajoutée industrielle. Les scénarios de type « *forever* » prennent ainsi mieux en compte les effets à long terme des innovations financées par le CIR sur la compétitivité extérieure des entreprises françaises, avec une contribution beaucoup plus forte dans les calculs de la phase d' « innovation » qui ne décline pas après 2016, à la différence des scénarios « CIR 2008-2016 ».

Au niveau de la hiérarchie des différents scénarios en termes d'impact et d'analyse coût-bénéfice, il n'y a pas de différence notable avec celle que nous avons établie précédemment dans nos commentaires des résultats des scénarios « CIR 2008-2016 ». Plutôt que de nous répéter, nous nous contenterons ici d'illustrer certains chiffres clé du tableau de synthèse :

1. Le dispositif du CIR, s'il était maintenu après 2016 jusqu'en 2030, permettrait pour les seules créances liées au renforcement du dispositif après 2007, soit dans nos scénarios environ 4,2 milliards par an, de générer chaque année un gain de PIB compris entre + 15,2 milliards (CIR08FE) et + 27,7 milliards (CIRFEXP), soit près du simple au double selon les hypothèses plus ou moins favorables retenues dans les scénarios sur l'effet de levier du dispositif sur les investissements en R&D des entreprises bénéficiaires, l'importance des tensions sur le marché de travail, et les comportements en termes de formation des prix à l'exportation. En moyenne, même si ces proportions peuvent différer légèrement entre les scénarios, ces gains de PIB correspondent pour environ 41 % à des gains en investissement, pour 25 % à des gains de consommation finale des ménages et pour 34 % à des gains réalisés grâce à l'amélioration du solde extérieur. La contribution de l'investissement aux gains de PIB est d'autant plus forte que le CIR exerce un effet de levier direct sur les investissements en R&D des entreprises bénéficiaires compris entre 0,8 et 1,2, correspond à des investissements de R&D compris entre 3,4 milliards et 5 milliards chaque année. La contribution moyenne de la consommation finale aux gains de PIB, avec 25 %, apparaît relativement faible puisque la consommation des ménages représentait en 2019 de l'ordre de 54 % du PIB, soit plus du double. La contribution aux gains de PIB du solde extérieur, avec 34 %, ressort à l'opposé très élevée, et proche des taux d'importation et d'exportation de l'économie française en 2019. Ces résultats confirment le rôle moteur que joue le commerce extérieur dans toute la chaîne des effets positifs à attendre des politiques d'innovation, dont l'objectif essentiel reste le renforcement de la compétitivité extérieure du pays. Les principaux bénéficiaires du CIR, et les principaux exportateurs étant les entreprises des secteurs industriels, une part très importante des gains

de PIB profite ainsi directement à l'industrie, ainsi qu'aux activités de recherche industrielle qui lui sont rattachées. Ainsi en moyenne 34 % des gains de PIB correspondent directement à des gains de valeur ajoutée industrielle, et 10 % à des gains de valeur ajoutée dans le secteur de la recherche, alors que l'industrie ne représentait en 2019 que 11,4 % de la valeur ajoutée totale des entreprises, et la branche recherche seulement 1,9 %.

2. Pour l'emploi, le renforcement du dispositif du CIR après 2007 et son maintien jusqu'en 2030 aurait un impact annuel moyen entre 2008 et 2030 compris entre + 108 000 (CIR08FE) et + 216 000 (CIRFEPX), soit plus du simple au double selon le scénario retenu. Sur ces emplois, 48 % en moyenne sont des emplois qualifiés (niveau d'éducation supérieur au bac) et 52 % des emplois peu qualifiés (niveau d'éducation inférieur ou égal au bac). Environ 19 % du total des emplois sont créés directement dans les activités de R&D, et près de 9 % dans l'industrie. La part des créations d'emplois dans l'industrie est relativement faible en raison des gains de productivité très élevés que provoquent les investissements en R&D dans les entreprises du secteur industriel. On peut toutefois ajouter à ces 9 % d'emplois industriels environ 6 % correspondant aux besoins d'emplois de recherche du secteur industriel, portant les créations d'emplois industriels à 15 % du total, alors que l'emploi industriel (en incluant les emplois dans la recherche financés par les entreprises) ne représentait que 10 % l'ensemble des emplois en 2019.
3. Au niveau de l'analyse coût bénéfice, le multiplicateur, c'est-à-dire le gain moyen de PIB par euro de créances versées par l'État au cours de la période 2008-2030 au titre du renforcement du CIR, est compris d'après les résultats du Tableau 8 entre 3,6 (CIR08FE) et 6,5 (CIRFEPX), avec un multiplicateur moyen, calculé sur l'ensemble des scénarios d'environ 5,3. A ces multiplicateurs sont associés des taux de rendements sociaux nets du renforcement du dispositif du CIR compris entre 39 % et 82,5 %, et un taux de rendement moyen de 64 %. Ainsi d'après les chiffres du Tableau 8, on peut estimer que la valeur du multiplicateur pour ces six scénarios est en moyenne 1,6 fois plus élevée que pour les scénarios « CIR 2008-2016 » de la section 3. Les taux de rendements sociaux calculés ont eux une valeur moyenne environ 1,9 fois plus élevée que pour la moyenne des scénarios précédents. Par rapport aux scénarios précédents, les valeurs moyennes du multiplicateur et du taux de rendement social sont ainsi plus proches de celles admises dans la littérature économétrique sur la R&D, comprises respectivement entre 4,3 et 7,7, et entre 50% et 100%. Ces derniers résultats confirment encore l'intérêt des scénarios de type « forever » pour mieux évaluer les impacts des politiques de recherche et d'innovation à long terme.
4. Enfin, alors que sur l'ensemble de la période 2008-2030 le dispositif du CIR aurait *ex-ante* un coût budgétaire pour l'État de l'ordre de + 0,18 point de PIB par an s'il était maintenu, nous

voyons sur le Tableau 8 qu'*ex-post*, c'est-à-dire en prenant en compte ses effets indirects positifs sur les recettes publiques, et négatifs sur les dépenses publiques, qu'il aurait un effet ou bien neutre (scénario CIR08FE) ou bien positif jusqu'à hauteur de + 0,26 point de PIB (scénario CIR1FEX) sur le solde budgétaire de l'État, avec une effet moyen entre les six scénarios de l'ordre de + 0,18 point de PIB.

L'ensemble de ces résultats souligne ainsi que les politiques de recherche et d'innovation comme le CIR ont des effets induits positifs qui profitent à l'ensemble des acteurs économiques : les entreprises, les ménages, mais également l'État.

8. Premiers éléments d'analyse du coût d'opportunité du renforcement du CIR en 2008 : le cas d'une diminution du taux d'imposition sur les sociétés (IS)

Cette section propose maintenant une illustration de la méthodologie qui peut être utilisée pour analyser avec le modèle NEMESIS le coût d'opportunité du renforcement du dispositif du CIR en 2008, par rapport à une utilisation alternative des fonds publics. Nous avons choisi pour cette illustration le cas d'une baisse du taux d'imposition sur les sociétés⁴¹ équivalente au coût pour l'État du renforcement du CIR, soit environ 0,18 point de PIB à partir de 2010 et un peu moins les deux années précédentes, correspondant à une baisse à terme du taux d'IS d'environ 2,9 points, soit un passage de 33,33 % à 30,43%.

Comme pour le cas du CIR, le principal impact à attendre d'une baisse d'IS doit passer par son effet de levier sur l'investissement des entreprises⁴². Or, pour l'IS, dont la baisse programmée de 33,3 % à 25 % a commencé seulement en 2018, il n'existe pas encore d'analyse d'impact approfondie sur l'investissement des entreprises, comme par exemple les études microéconomiques de Lopez et Mairesse (2018, *ibid*) Mulkay et Mairesse (2018, *ibid*) sur l'impact du renforcement du CIR sur l'investissement en R&D des entreprises. Au niveau macroéconomique, nous y reviendrons, il existe

⁴¹Ce choix nous est apparu « naturel » dans la mesure où le CIR représente lui-même une diminution de l'impôt payé sur les sociétés, tout comme le dispositif de CICE avant sa transformation en 2019 en un allègement de cotisations patronales. Mais le cas de la baisse des impôts de production représente un « candidat » tout aussi valable.

⁴²Il faut souligner que les dépenses de R&D des entreprises sont également des investissements, et qu'une baisse de l'IS, pour autant qu'elle renforce l'investissement des entreprises, aura également un impact positif sur leur effort de recherche. Une baisse d'IS impactera également les investissements en TIC, en logiciels et dans d'autres actifs qui leurs sont complémentaires, comme les dépenses de formation, même si celles-ci ne sont pas comptabilisées comme des investissements dans les comptes nationaux. Or, en plus de la R&D, tous ces actifs ont, dans le modèle NEMESIS, un impact sur l'innovation des entreprises et sur le taux de croissance à long terme de l'économie.

également très peu d'études sur les impacts indirects sur l'activité et sur l'emploi d'une baisse d'IS, par exemple comme celle réalisée dans cette étude pour le CIR avec le modèle NEMESIS.

Avant de présenter les résultats de cette analyse de coût d'opportunité, nous commencerons ainsi par rappeler comment une baisse d'IS modifie analytiquement le coût d'usage du capital et la décision d'investissement des entreprises, puis comment une baisse d'IS impacte l'investissement, le PIB et l'emploi d'après le modèle NEMESIS, en fonction des choix méthodologiques qui sont retenus.

8.1. Comment une baisse d'IS modifie le coût d'usage du capital et l'investissement des entreprises

Du point de vue méthodologique, à défaut d'études disponibles, la principale difficulté a ainsi consisté à essayer de chiffrer l'effet de levier d'une baisse d'IS sur la décision d'investissement des entreprises, ce qui nécessite préalablement de déterminer comment le coût d'usage du capital est modifié par une baisse d'IS. Deux approches théoriques peuvent être utilisées pour cela :

Dans l'approche « traditionnelle » retenue dans NEMESIS et dans la plupart des autres modèles macro-économiques, l'expression du coût d'usage du capital à une date t , C_t^K , ressort de la maximisation intertemporelle du résultat net de l'entreprise. Nous avons dans ce cas :

$$(58) C_t^K = P_t^I \cdot \frac{(1-\tau_t^I)}{(1-\tau_t^P)} \cdot \left[1 - \frac{(1-\tau_{t+1}^I) \cdot (1+\widehat{P_{t+1}^I}) \cdot (1-\delta_t) \cdot (1-\tau_{t+1}^B)}{(1-\tau_t^I) \cdot (1+r_{t+1}) \cdot (1-\tau_t^B)} \right]$$

D'après cette formulation du coût d'usage du capital, celui-ci est à court terme une fonction :

1. Croissante du niveau du prix d'investissement (P_t^I)
2. Décroissante de la croissance anticipée du prix de l'investissement ($\widehat{P_{t+1}^I}$)
3. Croissante du taux d'intérêt anticipé (r_{t+1})
4. Croissante du taux des impôts nets de production (τ_t^P)
5. Décroissante du taux de subvention à l'investissement courant (τ_t^I)
6. Croissante du taux de déclassement du capital (δ_t) : 8 %
7. Croissante à une variation à la hausse du taux d'imposition sur les sociétés et/ou du taux de subvention à l'investissement entre t et $t+1$, à travers les termes $\frac{(1-\tau_{t+1}^B)}{(1-\tau_t^B)}$ et $\frac{(1-\tau_{t+1}^I)}{(1-\tau_t^I)}$ respectivement.

L'effet d'une baisse de l'impôt sur les sociétés, par exemple de 33 % à 25 % en une fois, n'a ainsi qu'un effet transitoire, entre t et $t+1$, sur le coût d'usage du capital.

En effet, si l'on raisonne maintenant à fiscalité inchangée, avec $x_t = x_{t-1} = x_0$, $x = \tau^B, \tau^P, \tau^I$ l'expression du coût d'usage du capital devient :

$$(59) C_t^K = P_t^I \cdot \frac{(1-\tau_t^I)}{(1-\tau_t^P)} \cdot \left(\delta_t + r_t - \widehat{P_t^I} \right),$$

Ainsi à long terme, seuls les impôts de production et le taux de subvention à l'investissement ont une influence sur le coût d'usage du capital.

Dans ce cas, la solution qui peut être retenue dans les modèles pour traduire l'impact d'un changement du taux d'IS sur le coût d'usage du capital à long terme, consiste à assimiler la baisse d'IS à une augmentation du taux de subvention à l'investissement. Pour faire un parallèle avec l'impact du CIR sur le coût d'usage de la R&D à long terme dans l'étude de Lopez et Mairesse (*ibid*), les auteurs le définissent comme suit :

$$(60) C = P^{RD} \cdot (\delta + r - \pi) \cdot (1 - \gamma)$$

Avec :

C , le coût d'usage de la R&D

δ , le taux de déclassement de la R&D : 15 %

r , le taux d'intérêt nominal : 3 %

π , le taux d'inflation (non précisé)

et γ , l'« impact » du CIR mesuré comme le montant des crédits d'impôts reçus sur les montant d'investissements en R&D déclarés par les entreprises pour 2012 :

$$\gamma = \frac{\text{Crédits d'impôts}}{\text{Investissements en R\&D}} = 24,2 \%$$

Les auteurs utilisent pour évaluer l'impact du crédit d'impôts recherche sur le coût d'usage de la R&D un modèle analogue à celui qui vient d'être présenté dans le cas du capital physique, où l'effet du CIR sur le coût d'usage du capital s'apparente effectivement à l'effet d'une subvention à l'investissement, puisque le CIR est bien assimilable à une subvention à l'investissement en R&D.

Dans une approche « élaborée » le coût d'usage ressort d'un programme intertemporel de maximisation de la valeur de l'entreprise, c'est-à-dire des dividendes, faisant cette fois intervenir les influences (1) de l'effet de levier du financement de l'investissement par endettement et (2) de l'amortissement fiscal du capital, sur le taux de rendement net du capital (Voir Teurlai et Chapelain 2002, desquels notre exemple est adapté). L'expression du coût d'usage du capital est cette fois :

$$(61) C_t^K = P_t^I \cdot \frac{(1-\tau_t^I)}{(1-\tau_t^B) \cdot (1-\tau_t^P)} \cdot [1 - c_1 - c_2 - c_3]$$

avec :

$$c_1 = \frac{(1 - \tau_{t+1}^I) \cdot (1 + \widehat{P_{t+1}^I}) \cdot (1 - \delta_t)}{(1 - \tau_t^I) \cdot (1 + r_t)}$$

$$c_2 = [r_t - (1 - \tau_{t+1}^B) \cdot i_t] \cdot \frac{B_t}{(1 - \tau_t^I) \cdot P_t^I \cdot K_t}$$

$$c_3 = \frac{\delta_t \cdot \tau_{t+1}^B}{(1 - \tau_t^I)}$$

La première composante du coût d'usage du capital :

$$P_t^I \cdot \frac{(1 - \tau_t^I)}{(1 - \tau_t^B) \cdot (1 - \tau_t^P)} \cdot [1 - c_1]$$

Elle est similaire à celle du modèle précédent, avec cette différence principale que le taux d'imposition sur les sociétés, à gauche au dénominateur, a cette fois un effet permanent, à la hausse, sur le coût d'usage du capital.

Le terme c_2 réduit le coût d'usage « dans la limite fixée par le coût du crédit » (le coût marginal de la dette, i_t , étant une fonction croissante du taux d'endettement, $\frac{B_t}{P_t^I \cdot K_t}$). À travers cette expression, une hausse du taux d'imposition sur les sociétés réduit toutes choses égales par ailleurs le coût d'usage en accroissant les avantages pour les actionnaires du recours à l'endettement.

Le troisième terme, c_3 , « prend en compte les réductions du coût du capital liées à la dépréciation (fiscale) de ce dernier ». Ces réductions de coût augmentent également avec le taux d'imposition sur les sociétés.

L'expression du coût d'usage à fiscalité inchangée est cette fois :

$$(62) \ C_t^K = \frac{P_t^I \cdot \frac{(1 - \tau_0^I)}{(1 - \tau_0^B)(1 - \tau_0^P)}}{M} \cdot \left[1 - \frac{(1 + P_{t+1}^I) \cdot (1 - \delta_t)}{(1 + r_t)} - [r_t - (1 - \tau_0^B) \cdot i_t] \cdot \frac{B_t}{(1 - \tau_0^I) \cdot P_t^I \cdot K_t} - \frac{\delta_t \cdot \tau_0^B}{(1 - \tau_0^I)} \right]$$

où le taux d'imposition sur les sociétés a bien un effet permanent sur le coût d'usage du capital, dont il reste à déterminer l'ampleur.

On a par exemple chiffré sur les données de comptabilité nationale pour 2019 que la baisse du coût d'usage du capital qui résulterait d'une baisse de l'IS de 33 % 1/3 à 25 % (soit environ 0,5 point de PIB) est de -8,36 %. La baisse du coût du capital pour une réduction de l'IS de 0,18 point de PIB (l'IS passe à 30,1 %), soit le montant annuel du CIR, serait, elle de - 2,9 %, soit 2,2 fois supérieure à celle qui résulterait du modèle précédent en assimilant la baisse d'IS à une subvention à l'investissement : - 1,3 %.

On peut cette fois faire un parallèle avec l'expression du coût d'usage de la R&D utilisée dans l'étude de Mulkey et Mairesse (*ibid*) qui, par rapport à l'étude précédente de Lopez et Mairesse (*ibid*), prend en compte de façon plus précise la manière dont l'entreprise finance sa R&D (endettement ou autofinancement), et les paramètres fiscaux tels que l'impôt sur les sociétés, la déductibilité fiscale des dépenses de R&D, les subventions à la R&D reçues, et finalement le crédit d'impôt recherche. Faute

de données suffisantes, les auteurs ne retiennent finalement du coût d'usage de la R&D que les éléments du coût de base $[1 - c_1]$ ci-dessus.

On a finalement :

$$(63) C = P^{RD} \cdot \left(1 - \frac{\gamma}{1 - \tau_0^B}\right) \cdot (\delta + r - \pi)$$

L'effet du CIR sur le coût d'usage de la R&D est cette fois : $-\frac{\gamma}{1 - \tau_0^B}$

Avec un taux d'imposition sur les sociétés de 33 % l'effet du CIR sur le coût de la R&D est cette fois de -45 %. Il ne serait que de -40% avec un taux d'IS à 25 %.

Avec ce nouveau modèle, l'impact du CIR sur le coût d'usage de la R&D est cette fois environ 2 fois supérieur à ce qui ressort du modèle précédent.

L'effet de levier d'une baisse d'IS sur l'investissement des entreprises s'obtient finalement en multipliant la variation, en pourcentage, du coût d'usage provoqué par la baisse d'IS, par l'élasticité prix de la demande d'investissement. Cette élasticité étant proche de -0,35 dans NEMESIS en moyenne, une baisse du taux d'IS de 0,18 point de PIB, soit le montant du renforcement du CIR, aurait à long terme un effet de levier de seulement 0,45 (1 euro de baisse d'IS augmente l'investissement de 45 centimes) contre un levier d'environ 1 avec le second modèle, soit le levier maximum à court terme et à endettement constant, pour que la baisse d'IS ne se traduise pas par une diminution des dividendes et de la valeur de l'entreprise.

Pour reprendre le parallèle avec le CIR, les deux études citées trouvent un effet de levier du CIR sur l'investissement en R&D des entreprises relativement similaires, impliquant que l'élasticité prix de la R&D à son coût d'usage qui est estimée dans l'étude de Mulkay et Mairesse (*ibid*), est environ deux fois plus faible que celle qui est estimée dans l'étude précédente de Lopez et Mairesse (*ibid*).

8.2. Comment une baisse d'IS impacte l'investissement, le PIB et l'emploi dans le modèle NEMESIS

Avec les chiffrages précédents, on peut maintenant examiner comment une baisse d'IS calibrée à 0,18 point de PIB, influence l'investissement, le PIB et l'emploi d'après le modèle NEMESIS.

Nous n'avons retenu pour cela que le cas 1, dans lequel on assimile la baisse de l'IS à une augmentation équivalente du taux de subvention à l'investissement des entreprises. Au niveau sectoriel, le choc sur le coût d'usage capital qui en résulte, de -1,3 % en moyenne, a été proportionné en fonction du taux de marge brut de chaque secteur. Notons que dans le modèle NEMESIS, d'après la méthodologie utilisée, la baisse de l'IS se traduit *ex-ante* mécaniquement en une baisse équivalente du coût unitaire de production des entreprises, et par conséquent de leur prix de vente. Cette mise en œuvre est optimiste sur les effets d'une diminution de l'IS, car ce qui n'est pas investi, soit avec un effet de levier de 0,45, 0,55 centimes pour chaque euro de baisse d'IS, va se retrouver en diminution des prix de

vente. L'effet final sur les prix dépendra des substitutions factorielles, principalement de la substitution du capital au travail que va induire la diminution du son coût d'usage du capital.

Le cas 2, dans lequel la baisse du coût d'usage résulte de la maximisation de la valeur de l'entreprise, n'a pas été considéré pour deux raisons principales :

1. Tout d'abord, l'expression analytique de ce coût d'usage n'est pas celle qui est traditionnellement utilisée pour estimer l'élasticité prix de la demande de capital à son coût d'usage. Il serait ainsi nécessaire réestimer cette élasticité dont la valeur, d'après le parallèle que nous avons fait ci-dessus avec les études sur le coût d'usage de la R&D, pourrait être très inférieure à celle qui figure actuellement dans le modèle.
2. Dans ce cas 2, la baisse du coût d'usage perçue par l'entreprise est 2,2 fois supérieure au « gain » monétaire direct que représente la diminution du taux d'IS, ce qui pose un problème conceptuel, notamment sur la proportion de cette baisse de coût qui doit se traduire à terme en diminution du coût unitaire de production et donc du prix de vente.

Les résultats pour le cas 1 sont présentés dans le Tableau 10 où figurent également les évaluations qu'avaient fait en 2017 et en 2018 l'OFCE⁴³ et REXECODE⁴⁴ de l'impact de la baisse programmée de 33 % 1/3 à 25 % de l'IS sur 5 ans, que nous avons recalibrée à 0,18 point de PIB (2,9 points d'IS) pour permettre la comparaison avec les résultats de NEMESIS.

Tableau 10 : Effet d'une baisse d'IS de 0,18 point de PIB après 4 ans (en %)

	INVESTISSEMENT	PIB	EMPLOI
Modèle OFCE	-	0.14	-
NEMESIS - cas 1	0.61	0.25	0.11
REXECODE	0.6	0.3	0.12

Nous voyons qu'avec ce cas 1, où l'on assimile la baisse d'IS à une subvention à l'investissement et que l'effet de levier utilisé est de 0,45, le modèle NEMESIS trouve pour le PIB, avec +0,25 %, un impact intermédiaire entre celui estimé par l'OFCE, +0,14 %, et REXECODE, avec +0,3 %. Pour l'investissement⁴⁵ et l'emploi, les résultats de NEMESIS sont très proches de ceux de REXECODE, ce qui laisserait supposer que REXECODE a ainsi assimilé dans son étude la baisse d'IS à une augmentation équivalente des subventions à l'investissement, avec également un impact à la baisse sur le prix de vente des entreprises pour la partie de la baisse d'IS qui n'est pas réinvestie. Toutefois, REXECODE n'utilise pas de modèle, et on ne dispose pas d'information sur la façon dont ces chiffres ont été

⁴³OFCE, *policy brief* n° 38, 16 octobre 2018.

⁴⁴ COE-REXECODE, document de travail n° 62, mars 2017.

⁴⁵Il s'agit de l'investissement total de l'économie, et non pas du seul investissement des entreprises.

obtenus. Les possibilités de comparaison avec l'OFCE sont également limitées. Le chiffre pour le PIB doit avoir été obtenu avec le modèle *e-mod*, mais on ne sait pas à l'appui de quelles hypothèses, notamment sur l'effet de levier, les impacts de la baisse d'IS sur ce dernier et sur l'emploi n'étant pas renseignés. On a toutefois pu vérifier que l'on obtiendrait avec NEMESIS un résultat proche de l'OFCE pour le PIB, si la part de la baisse d'IS qui n'est pas réinvestie ne vient pas à terme diminuer le prix de vente des produits.

Tableau 11 : Comparaison IS/CIR pour 0,18 point de PIB après 30 ans (en %)

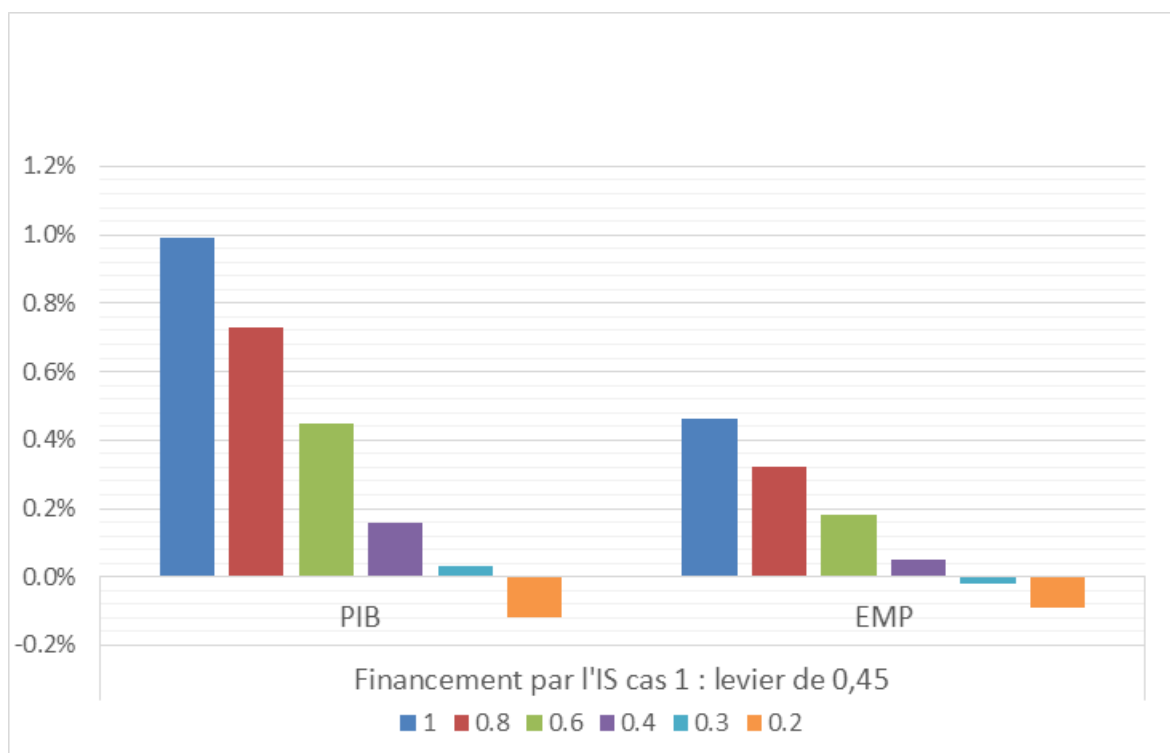
	PIB	EMPLOI
IS - cas 1 levier de 0,45	0.41	0.23
CIR levier de 1	1.55	0.74

Si l'on compare cette fois les effets, après 30 ans, d'une baisse de l'IS de 0,18 point de PIB avec ceux du renforcement du CIR pour le même montant, nous obtenons une augmentation du PIB de 0,41 % dans le cas de l'IS, contre 1,55 % dans le cas du CIR, soit des effets environ 3,78 fois supérieur pour le PIB dans le cas du CIR par rapport à l'IS, et 3,22 fois supérieurs pour l'emploi (+0,74 % contre seulement +0,23 %). Il faut enfin souligner que la baisse d'IS a un impact positif sur l'investissement en R&D, en TIC et en logiciels des entreprises, représentant environ ¼ de l'impact total qui est mesuré pour la baisse de l'IS sur la FBCF de l'entreprises. Or ces investissements, à la différence des autres investissements en matériel et en infrastructures, ont pour effet dans le modèle d'améliorer la capacité d'innovation des entreprises. Comme nous l'avons vérifié, cela revient à augmenter d'environ 25 % les résultats pour le PIB, et de 10 % les résultats pour l'emploi, par rapport à un modèle où les impacts des investissements sur la capacité d'innovation des entreprises ne sont pas pris en compte.

8.3. Quel coût d'opportunité du CIR par rapport à une baisse d'IS ?

Nous avons vu avec ce qui précède que l'analyse du coût d'opportunité du renforcement du CIR par rapport à une diminution du même montant de l'impôt sur les sociétés nous ramène à la problématique de l'effet de levier. Pour illustrer davantage ce point, nous avons simulé les impacts qu'aurait le renforcement du CIR sur l'investissement, le PIB et l'emploi, s'il était financé cette fois par une augmentation équivalente de l'IS. Les résultats de simulation, présentés sur la Figure 17, sont fournis pour différentes hypothèses sur l'effet de levier du CIR sur l'investissement en R&D des entreprises, avec des valeurs comprises entre 0,2 et 1.

Figure 17 : Coût d'opportunité du CIR par rapport à l'IS en fonction de l'effet de levier analysé en t+30



Nous voyons sur la figure, toujours avec l'hypothèse d'un effet de levier de 0,45 de l'IS sur l'investissement des entreprises (cas 1), que le CIR a un impact supérieur à l'IS sur le PIB à long terme (ici mesuré en t + 30), tant que l'effet de levier du CIR sur l'investissement en R&D des entreprises est lui-même supérieur à 0,3, puisque dans ce cas l'effet combiné d'un renforcement du CIR financé par une augmentation du même montant de l'IS est positif. Pour l'emploi, ce seuil est plus proche de 0,4 en raison de l'impact très fort, à long terme, qu'ont les investissements dans la recherche sur la productivité du travail, par rapport à l'effet direct qu'exerce la modification du taux d'IS sur la substitution du capital au travail.

Les résultats de cette étude préliminaires sur le coût d'opportunité du renforcement du CIR par rapport à la mise en place d'une politique alternative, confirment encore une fois que l'effet de levier est un déterminant très fort de l'efficacité du CIR. Mais à défaut d'études dédiées à ce sujet, l'incertitude sur l'effet de levier d'une baisse d'IS sur l'investissement des entreprises est encore plus forte. Ces incertitudes sur l'effet de levier, et la méthodologie précise à utiliser pour effectuer la comparaison des deux dispositifs, ne nous permettent ainsi pas de trancher de façon définitive sur la supériorité du CIR par rapport à une baisse comparable de l'IS, les résultats partiels présentés ici⁴⁶ n'étant proposés

⁴⁶Une analyse plus poussée devrait inclure celle de davantage d'indicateurs, comme les impacts relatifs des deux dispositifs mis en concurrence sur les finances publiques, et examiner l'intégrale de leurs effets respectifs, ou de leur combinaison, dans le temps, et non pas seulement, comme ici, en un point du temps (t +30, *i.e.* 2038).

qu'en vue d'illustrer comment le modèle NEMESIS peut être utilisé pour analyser le coût d'opportunité d'un dispositif fiscal, ou de toute autre politique.

9. Conclusion

Cette évaluation économique des effets du renforcement du CIR avait pour objectif de répondre aux questions suivantes : Quelle est la valeur créée et donc le taux de rendement pour la collectivité et les pouvoirs publics des fonds investis dans le dispositif ? Combien d'emplois le CIR a-t-il permis de créer dans la recherche et dans les autres activités économiques ? Comment le CIR a-t-il renforcé la compétitivité des entreprises françaises et contribué à améliorer le solde extérieur de la France ?

Pour répondre à ces questions, deux séries de scénarios ont été simulés avec le modèle NEMESIS. Tout d'abord des scénarios de type « *one-shot* », dans lesquels il n'a été retenu que les dépenses fiscales réalisées entre 2008, l'année où le dispositif a été renforcé, et 2016, la dernière année pour laquelle nous disposons de données au moment de réaliser l'étude. Ensuite des scénarios de type « *forever* », dans lesquels, au contraire, le dispositif est maintenu « pour toujours » après 2016, avec un montant annuel de crédits d'impôts rapporté au PIB supposé égal au ratio moyen calculé entre 2012 et 2016, soit 0,28 point de PIB et 0,18 point pour le seul renforcement du dispositif.

On peut dire que l'ensemble des résultats présentés est la résultante d'une dynamique sectorielle fondée sur les mécanismes de la nouvelle croissance endogène, dynamique qui est confrontée à de multiples interactions et un retour « macroéconomique ».

Un premier résultat important de l'étude est que les deux types de scénarios apportent des évaluations à la fois différentes et complémentaires des impacts économiques du dispositif. Le premier type de scénarios va voir l'ensemble de ses effets, c'est-à-dire, les phases d'investissement, d'innovation et d'obsolescence se dérouler pratiquement totalement sur la période 2007-2030 avec un retour à l'état initial ; c'est un scénario d'accroissement des connaissances transitoire. Au contraire, le second type de scénarios dans lequel le maintien du dispositif permet un accroissement durable de l'intensité de R&D, permet éventuellement de modifier « *ex-ante* », c'est-à-dire avant les effets de rééquilibrage macro-économiques, au niveau de chaque secteur de production, le taux de croissance de long terme, conformément aux nouvelles théories de la croissance endogène : il s'agit là de l'accroissement des capacités de captation des externalités par les entreprises, capacités qui dépendent directement de l'effort de R&D (dépense de R&D en pourcentage du chiffre d'affaires ou de la valeur ajoutée).

Dès lors tous les indicateurs mesurés en efficacité par le rapport entre une variable de résultats et l'ensemble des efforts consentis par l'état seront bien meilleurs dans le second jeu de simulations.

Retenons-en les principaux : dans l'hypothèse médiane où l'effet de levier retenu est 1 et tous les mécanismes du modèle sont conservés, un euro dépensé va engendrer une création de valeur de 2,9 euros dans le cas d'un dispositif transitoire et de 4,6 euros dans le cas d'un dispositif permanent ; le solde extérieur sera amélioré respectivement de 0,7 euro et de 1,5 euro. L'emploi total annuel moyen créé par l'ensemble des dépenses sera de 61 000 dont 20 000 dans la recherche si le dispositif est transitoire et de 135 000 dont 30 000 dans la recherche si le dispositif est permanent. Par ailleurs, un indicateur extrêmement synthétique est fourni par le taux de rendement des investissements publics qui est respectivement de 28,5 % dans le premier cas et de 54 % dans le second. Enfin, il faut souligner que le supplément de croissance engendré par ces dépenses initiales entraîne dans les deux scénarios un accroissement de recettes et que, en moyenne le solde budgétaire est légèrement positif sur les périodes analysées.

En outre, les innovations de procédés générées par le dispositif abaissent le coût de production et les innovations de qualité abaissent le prix d'une qualité donnée, ce qui confère à l'économie française de précieux gains de compétitivité. La durée de ces améliorations va dépendre cependant de la possibilité de maintenir les prix. Or, d'après les mécanismes du modèle, il existe dès le début des germes inflationnistes qui naissent d'abord sur le marché du travail. Plus précisément, des tensions apparaissent à l'embauche des chercheurs supplémentaires que nécessite cette politique, tensions qui rejaillissent sur l'ensemble des travailleurs qualifiés et qui s'ajoutent aux tensions liées à la période « keynésienne » de l'investissement en R&D. Pour mesurer l'ampleur du phénomène, il a été conduit des simulations sans cet effet dit « Philips ». L'amélioration des résultats pour l'hypothèse centrale (effet de levier de 1) est sans appel : chaque euro dépensé conduit respectivement en fonction du caractère transitoire ou durable du dispositif aux créations de valeurs de 3,4 et 5,7 euros respectivement, et à l'amélioration du solde extérieur de 0,9 et 2,1 euros respectivement. Le nombre annuel moyen d'emplois créés par le dispositif est de 77 000 et de 160 000 respectivement, enfin les taux de rendement de 36 % et 70 %. La suppression de l'effet Phillips enlève une bonne part des freins dus aux effets de rééquilibrage macroéconomique et surtout permet de s'évader de la contrainte du nouveau taux de chômage naturel, qui, s'il est abaissé en raison des gains de productivité, n'en demeure pas moins un frein à la croissance de l'emploi. Les conséquences en termes de recommandations de politique économique sont d'essayer de limiter le plus possible l'émergence de ces tensions initiales en formant un nombre suffisant de chercheurs et de personnels liés à l'activité de recherche et en veillant également aux tensions qui pourraient naître de l'augmentation de la croissance.

On peut aller encore plus loin pour maintenir la compétitivité de l'économie, en limitant les « pouvoirs de monopole » de certains acteurs qui utilisent le dispositif pour accroître leur taux de marge. C'est le

cas notamment des exportateurs qui ont un « comportement de marge » qui aboutit à limiter les baisses de prix des exports. En supprimant ce comportement dû à la concurrence monopolistique, la baisse du prix des exports améliorerait encore davantage les résultats du modèle, mais il est vrai que cette suppression proviendrait davantage de réformes structurelles de pays tiers. En tout cas, en faisant l'hypothèse de suppression de ce comportement de marge qui s'ajoute à la courbe de Philips, on obtient, toujours pour l'hypothèse centrale de l'effet de levier égal à 1 que, dans ce cas, un euro de CIR engendrerait une création de richesse de 4,2 euros pour le CIR transitoire et de 6,5 pour le durable et, respectivement, une amélioration du solde commercial de 1,4 et 2,5 euros. Les gains en emplois des deux scénarios seraient respectivement de 97 000 et 216 000 ; les taux de rendement seraient respectivement de 48 % et de 82,5 %. On se retrouve dans le cas où les forces rééquilibrantes macro-économiques exercent le moins de contraintes et où le sentier de croissance se rapproche le plus possible de celui d'un modèle de croissance endogène dans lequel l'augmentation soutenue de l'effort de R & D conduit à une augmentation durable du taux de croissance.

Enfin soulignons que l'ensemble de ces chiffrages ont été obtenus pour une hypothèse médiane de l'effet de levier de 1. Les autres résultats pour les bornes de 0,8 et de 1,2 sont présentés dans le corps du texte et ils sont à peu près proportionnels à la valeur de l'effet de levier : 20 % inférieurs et 20 % supérieurs.

Tels sont les principaux résultats que nous voulions mettre en valeur ; il reste que, en dépit de cette étude relativement détaillée, ayant nécessité de nombreuses simulations, nous ressentons encore le besoin d'approfondissements futurs exposés plus avant.

Le premier approfondissement porte sur la mesure de l'effet de levier : les études commanditées par la CNPEI et le MESRI concernent seulement les entreprises bénéficiaires de ce dispositif avant son renforcement en 2008, laissant de côté celles qui n'en bénéficiaient pas avant. Il serait intéressant de reprendre ces évaluations lorsque de nouvelles études nous auront livré leurs résultats sur l'effet de levier pour les entreprises qui ont commencé à bénéficier du CIR après 2008. De plus, ces études sur l'effet de levier se concentrant à ce stade sur les petites et moyennes entreprises, les études plus récentes commandées par la CNEPI tendent à montrer que les premières études tendent à surévaluer l'effet de levier du CIR sur les investissements en recherche des entreprises, qui pourrait être inférieure à 0,8, la borne basse retenue dans cette étude. Une meilleure prise en compte des grandes entreprises, qui ont dans leur ensemble une stratégie mondialisée, pourrait conduire également à réviser ultérieurement à la baisse l'évaluation des retombées économiques du CIR sur le territoire national donnée par cette étude.

Le second approfondissement concerne le mode de financement : nous avons supposé ici que le financement ne venait de « nulle part », en ce sens qu'il accroît « *ex-ante* » le déficit de l'État avant que les effets de la croissance économique générée par le dispositif sur les finances publiques ne conduisent à une augmentation des recettes supérieures aux dépenses liées au CIR. L'analyse mesure le coût d'opportunité d'une utilisation des fonds publics pour financer le CIR par rapport à une baisse de l'impôt sur les sociétés. Ce coût d'opportunité est négatif tant que l'effet de levier du CIR est supposé supérieur à 0,3. Il serait intéressant d'approfondir cette analyse en précisant mieux l'origine des fonds comme l'ont fait diverses évaluations de politiques de Recherche Européennes, ou encore le coût d'opportunité du dispositif par rapport à d'autres politiques publiques en particulier d'autres modes de soutien à la R & D privée ou publique.

En raison des contraintes de temps et de ressources, il n'a pas été possible d'exploiter toutes les possibilités du modèle qui comporte d'autres actifs d'innovation, les technologies de l'information et de la communication et les compétences. Or, ces actifs sont complémentaires des investissements en R&D et il serait intéressant d'évaluer aussi la capacité de politiques d'accompagnement visant ces actifs à améliorer l'efficacité du CIR.

10. Bibliographie

P. Aghion and P. Howitt. A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, 60(2):323–351, 1992.

Philippe Aghion and Peter Howitt. *Endogeneous Growth Theory*. MIT Press, Cambridge, 1998.

U. Akcigit, C. Benedetti-Fasili, G. Impullitti, O. Licandro, and M. Sanchez-Martinez. *Macroeconomic Modelling of Innovation Policy*. Palgrave Macmillan, 2020 - Forthcoming.

Barbara Annicchiarico, Omar Licandro, Eva Ortega, Pierre Mohnen and Reinhilde Veugelers. *Moving the Frontier of Macroeconomic Modelling of Research and Innovation Policy*. Independent expert report for European Commission. 2020. doi:10.2777/34199

K.J. Arrow. The economic implications of learning by doing. *The Review of Economic Studies*, pages 155–173, 1962.

d'Artis Kancs and Boriss Siliverstovs. R&d and non-linear productivity growth. *Research Policy*, 46:634–646, 2016.

Sara Barcenilla-Visus, Carmen Lopez-Pueyo, and Jaime Sanau. *Semi-Endogenous Growth Theory Versus Fully-Endogenous Growth Theory: a Sectoral Approach*. Technical report, Mimeo. University of Zaragoza, 2010.

R. Belderbos and P. Mohnen. SIMPATIC Project, Deliverable D7: Intersectoral and international R&D spillovers. Technical report, MERIT, 2013.

J. I. Bernstein. The Structure of Canadian Inter-industry R&D Spillovers, and the Rates of Return to R&D, *Journal of Industrial Economics*, XXXVII (3), 315-328. 1989.

J.I. Berstein and I.M. Nadiri. Product demand, cost of production, spillovers and the social rate of return to R&D. NBER Working Paper No 3625, 1991.

Bernstein, J. I., and P. Mohnen (1998), International R&D Spillovers Between U.S. and Japanese R&D Intensive Sectors, *Journal of International Economics*, 44, 315-338.

Bernstein, J. I. (1998), Factor intensities, rates of return, and international spillovers: The case of Canadian and U.S. industries, *Annales d'Economie et de Statistique*, 49/50, 541-564.

F. Bogliacino and M. Pianta. Innovation and employment: a reinvestigation using revised Pavitt classes. *Research Policy* 39 (6), 623, 2010.

B. Boitier, P. Le Mouël, P. Zagamé, H. Brozaitis, J. Espasa, V. Stanciauskas, R. Wintjes, and P. Mohnen. Support for Assessment of Socio-Economic and Environmental Impacts (SEEI) of the European R&I Programme; the Case of Horizon Europe. European Commission KI-02-18- 999-EN-N, 2018.

Laura Bottazzi, Giovanni Peri. The International Dynamics of R&D and Innovation in the Long Run and in the Short Run. *The Economic Journal*, Volume 117, Issue 518, March 2007, Pages 486–511. 2007.

A. Bozio, S. Cottet et L. Py (2017), Impact de la réforme de 2008 du CIR sur la R & D et l'innovation, rapport pour France Stratégie, février.

Dorothee Brécard, Carole Chevallier, Arnaud Fougeyrollas, Pierre Le Mouël, Lionel Lemiale and Paul Zagamé. A 3% r&d effort in Europe in 2010: an analysis of the consequences using the NEMESIS model. Technical report, DG RTD, 2004.

D. Brécard, A. Fougeyrollas, P. Le Mouël, L. Lemiale, and P. Zagamé. Macro-economic consequences of European research policy: Prospects of the Nemesis model in the year 2030. *Research Policy*, 35(7):910–924, 2006.

T. F. Bresnahan and M. Trajtenberg. «General Purpose Technologies: Engines of Growth». *Journal of Econometrics*, 65(1):83–108, 1995.

T.F. Bresnahan, E. Brynjolfsson, and L.M. Hitt. Information Technology, Workplace Organization, and the Demand for Skilled Labor: Firm-Level Evidence. *Quarterly Journal of Economics*, 117(1):339–376, 2002.

G. Cameron. Innovation and growth: A survey of the empirical evidence. Nuffield College, Oxford, July, <http://hicks.nuff.ox.ac.uk/users/cameron/research/gpapers.html>, 3, 1998.

D. Cass. Optimum Growth in an Aggregative Model of Capital Accumulation. *Review of Economic Studies*, 32:233–40.

Carole Chevallier, Arnaud Fougeyrollas, Pierre Le Mouël and Paul Zagamé. A Time to Sow, a Time to Reap for the European Countries: a Macro-Econometric Glance at the RTD National Action Plans. *Revue de l'OFCE*, (5):235–257, 2006.

K.B. Clark and Z. Griliches. *Productivity Growth and R&D at the Business Level: Results from the PIMS data base*. Chicago, IL: University of Chicago Press, 1984.

Carol Corrado, Jonathan Haskel, Cecilia Jona-Lasinio, and Massimiliano Iommi. *Intangible Capital and Growth in Advanced Economies: Measurement Methods and Comparative Results*. IZA, 2012.

Carol Corrado, Jonathan Haskel, Cecilia Jona-Lasinio, and Massimiliano Iommi. *Intangibles and Industry Productivity Growth: Evidence from the EU*. In IARIW 33rd General Conference, 2014.

David T Coe and Elhanan Helpman. *International R&D Spillovers*. *European Economic Review*, 39(5):859–887, 1995.

Dirk Crass and Bettina Peters. *Intangible Assets and Firm-Level Productivity*. 2014.

Gustavo Crespi, Chiara Criscuolo, and Jonathan Haskel. *Information Technology, Organisational Change and Productivity*. 2007.

J. P. Damijan, C. Kostevc, and M. Stare. *Impact of innovation on employment and skill upgrading*. The Warwick Economics Research Paper Series (TWERPS 339, SIMPATIC 7th EU Project, Working paper n° 7, March, 2014.

J. Davidson, D. Hendry, F. Srba, and S. Yeo. *Econometric Modelling of the Aggregate Timeseries Relationship Between Consumers' Expenditure and Income in the United-Kingdom*. *The Economic Journal*, (88):661–692, 1978.

F.P.A.-R. D'Auria and J. Varga. *A Comparison of Structural Reform Scenarios across the EU Member States: Simulation-based Analysis using QUEST Model with Endogenous Growth*. DG ECFIN, European Economy. *Economic Papers* 392., 2009.

Henri Delanghe and Ugur Muldur. *Ex-ante impact assessment of research programmes: The experience of the European Union's 7th framework programme*. *Science and Public Policy*, 34(3):169–183, 2007.

Elias Dinopoulos and Peter Thompson. *Schumpeterian Growth Without Scale Effects*. *Journal of Economic Growth*, 3(4):313–335, 1998.

P. Donselaar and C.C. Koopmans. *The fruits of R&D: Meta-analyses of the effects of Research and Development on productivity*. *Research Memorandum 2016-1*, Vrije university, 45:797–815, 2016.

European Commission. *The grand challenge - the design and societal impact of horizon 2020*. Technical report, Directorate-General for Research and Innovation, 2012.

European Commission. In-Depth Interim Evaluation of Horizon 2020, commission staff working document, swd(2017) 221 final - 222 final. Technical report, European Commission, 2017.

European Commission. A New Horizon for Europe - Impact Assessment of the 9th EU Framework Programme for Research and Innovation. European Commission - KI-02-18-513-EN-N, 2018.

John G Fernald and Charles I Jones. The Future of US Economic Growth. Technical report, National Bureau of Economic Research, 2014.

A. Fougeyrollas, B. Le Hir, P. Le Mouël, and P. Zagamé. Macro-Economic Evaluation of Innovation Policies: A New Frame by NEMESIS. 2015.

Milton Friedman. The Role of Monetary Policy. *American Economic Review*, 58(1):1–17, 1968.

Akira Goto and Kazuyuki Suzuki. R & D Capital, Rate of Return on R & D Investment and Spillover of R & D in Japanese Manufacturing Industries. *The Review of Economics and Statistics*, pages 555–564, 1989.

Z. Griliches. Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth. *Bell Journal of Economics*, 10(1):92–116, 1979.

Z. Griliches and F. Lichtenberg. Interindustry technology flows and productivity growth: A reexamination. *The Review of Economics and Statistics*, 66(2):324–329, 1984.

A.N. Link. A disaggregated analysis of industrial R&D: product versus process R&D. Lexington, MA: D.C. Heath, 1982.

Griffith, R., S. Redding, and J. Van Reenen (2004), Mapping the Two Faces of R&D: Productivity Growth in a Panel of OECD Manufacturing Industries. *Review of Economics and Statistics* 86(4), 883-895.

Z. Griliches and J. Mairesse. Productivity and R&D at the Firm Level. In Z. Griliches, editor, *R&D, Patents and Productivity*, pages 339–374. Chicago University Press, 1984.

Z. Griliches. *Returns to Research and Development Expenditures in the Private Sector*. Chicago University Press, 1980.

Z. Griliches and F. Lichtenberg. Interindustry technology flows and productivity growth: A reexamination. *The Review of Economics and Statistics*, 66(2):324–329, 1984.

G.M. Grossman and E. Helpman. Quality Ladders in the Theory of Growth. *The Review of Economic Studies*, 58(1):43–61, 1991.

R. Harrison, J. Jaumandreu, J. Mairesse, and B. Peters. Does innovation stimulate employment? A firm-level analysis using comparable micro-data from four European countries. *International Journal of Industrial Organization*, 35:29–43, 2014.

Joonkyung Ha and Peter Howitt. Accounting for Trends in Productivity and R&D: A Schumpeterian Critique of Semi-Endogenous Growth Theory. *Journal of Money, Credit and Banking*, 39(4):733–774, 2007.

Bronwyn H Hall, Jacques Mairesse, and Pierre Mohnen. Measuring the Returns to R&D. Technical report, National Bureau of Economic Research, 2009.

Bronwyn Hall. Innovation and Productivity. NBER working paper No 17178. 2011.

P. Hanel. R&D, inter-industry and international spillovers of technology and the total factor productivity growth of manufacturing industries in Canada, 1974-1989. Sherbrooke, Canada: University of Sherbrooke, Cahier de recherche 94-04, 1994.

D. Harhoff. R&D and productivity in German manufacturing firms. *Economics of Innovation and New Technology*, 6(1):29–49, 1998.

H. Hernandez, F. Hervas, and A. Tuebke. The 2011 EU Industrial R&D investment Scoreboard. European Commission, DG Joint Research Center, IPTS Working Papers, JRC67197, 2011.

Bengt Holmstrom. Moral Hazard in Teams. *The Bell Journal of Economics*. Vol. 13, No. 2 (Autumn, 1982), pp. 324-340. 1982.

P. Howitt. Steady Endogenous Growth with Population and R&D inputs Growth. *Journal of Political Economy*, 104(4):715–730. 1999.

Howitt P. Endogenous Growth, Productivity and Economic Policy: A Progress Report. *International Productivity Monitor*, 8, Spring 2004, 2004.

A. B. Jaffe. Technological opportunity and spillovers of R&D: Evidence from firms' patents, profits, and market value, *American Economic Review*, 76(5), 984-1001. 1986.

D.K.N. Johnson. The OECD Technology Concordance (OTC): Patents by Industry of Manufacture and Sector of Use. OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2002.

Charles I Jones. Time Series Tests of Endogenous Growth Models. *The Quarterly Journal of Economics*, pages 495–525, 1995a.

C.I. Jones. R & D-based models of economic growth. *Journal of Political Economy*, pages 759–784, 1995b.

Charles I Jones. Growth: With or without scale effects? *American Economic Review*, pages 139–144, 1999.

D. Jorgenson. Technology in Growth Theory. In Jeffrey G. Fuhrer and Jane Sneddon Little, editors, *Technology and Growth*, pages 45–77. Jeffrey G. Fuhrer and Jane Sneddon Little, Federal Reserve Bank of Boston, Conference series Nb 40, 1996.

Samuel S Kortum. Research, Patenting, and Technological Change. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, pages 1389–1419, 1997.

T.C. Koopmans. *On the Concept of Optimum Growth*. Chicago: Rand-McNally, 1965.

P.K. Kruse-Andersen. Testing R&D Based Endogenous Growth Models. Copenhagen Institute of Economics Discussion Paper, 17-05, 2017.

- S. Kuznets. *Economic Growth of Nations*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1971.
- H.U. Kwon and T. Inui. R&D an Productivity Growth in Japanese Manufacturing Firms. *Economic and Social Research Institute (ESRI) Discussion paper series*, 044, December 2003.
- P. Lecca and S. Sakkas. *RHOMOLO V3: A Spatial Modelling Framework*. JRC Technical Reports 111861, Publication Office of the European Union, Luxembourg, 2018.
- Boris Le Hir. *Capturing Information and Communication Technologies as a General Purpose Technology*. PhD thesis, Ecole Centrale, Paris, 2012.
- Aija Leiponen and Ina Drejer. What Exactly are Technological Regimes?: Intra-industry Heterogeneity in the Organization of Innovation Activities. *Research Policy*, 36(8):1221–1238, 2007.
- Pierre Le Mouël. *Macroeconomic evaluation of EU R&I Policies : ways and Means*. Economics and Finance. PhD thesis, Université Côte d'Azur, 2019. ([NNT : 2019AZUR0008](#)). ([tel-02497667](#))
- Chol-Wong Li. Endogenous vs. Semi-endogenous Growth in a Two R&D-Sector Model. *The Economic Journal*, 100:C110–C122, 2000.
- R.G. Lipsey, K. Carlaw, and C. Bekar. *Economic Transformations: General Purpose Technologies and Sustained Economic Growth*. New York: Oxford University Press, 2006.
- J. Lopez et J. Mairesse (2018), Impacts du CIR sur les principaux indicateurs d'innovation des enquêtes CIS et la productivité des entreprises, rapport final pour France Stratégie, décembre.
- J. Lopez and J. Mairesse. Influences des Investissements en TIC et R&D sur la Productivité : Une Analyse Empirique sur un Panel Non-Stationnaire. In 2nd ICTNET Workshop, London, pages 11–12, 2011.
- R. Lucas. On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1):3–42, 1988.
- Jakob B. Madsen. Semi-Endogenous Growth versus Schumpeterian Growth Models: Testing the Knowledge Production Function Using International Data. *Journal of Economic Growth*, 13:1–26, 2008.
- Jacques Mairesse et Philippe Cunéo. Recherche-développement et performances des entreprises : une étude économétrique sur données individuelles. *Revue économique*, pages 1001-1042. 1985.
- P. Mohnen and N. Lépine. R&D, R&D Spillovers and Payments For Technology: Canadian Evidence, *Structural Change and Economic Dynamics*, 2, 213-228. 1991.
- B. Mulkay et J. Mairesse (2018), Nouveaux résultats sur l'impact du Crédit d'Impôt Recherche, étude pour le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, septembre.
- OECD. *Effective Innovation Policies*. 2015.

M. O'Mahony and F. Peng. Workforce Training, Intangible Investments and Productivity in Europe: Evidence from EU KLEMS and the EU LFS. Technical report, SERVICEGAP Discussion Paper, 2010.

H. Meijers and B. Verspagen. Construction of Technology Flow Matrices. DEMETER 7th FP Project, Working Paper No. 1.2a, 2010.

R. Ortega-Argiles, M.C. Piva, and M. Vivarelli. Productivity gains from r&d investment: Are high-tech sectors still ahead? *Economics of Innovation and New Technology*, 24:2014–222, 2015.

L.L. Pasinetti. *Structural Change and Economic Growth*. University Press, Cambridge, 1981.

L.L. Pasinetti. *Structural Economic Dynamic: A Theory of the Economic Consequences of Human Learning*. Cambridge University Press, 1993.

B. Peters, B. Dachs, M. Dunser, M. Hud, C. Kohler, and C. Rammer. Firm Growth, Innovation and the Business Cycle. Technical report, Background Report for the 2014 Competitiveness Report, European Commission, May, 2014.

Phelps. Phillips Curves, Expectation of Inflation and Optimal Unemployment Over Time . *Economica*, 34(135):254–281, 1967.

PPMI. Assessment of the union added value and the economic impact of the eu framework programmes - final report. Technical report, 2017.

F. Ramsey. A Mathematical Theory of Saving. *Economic Journal*, 28(112):543–59, 1928.

J. Ravet, B. Boitier, M. Grancagnolo, P. Le Mouël, L. Stirbat, and P. Zagamé. The Shape of the Things to Come: Ex-ante Assessment of the Economic Impact of Horizon Europe. *Journal for Research and Technology Policy Evaluation*. 2019.

P.M. Romer. Increasing returns and long-run growth. *The Journal of Political Economy*, 94(5):1002, 1986.

P.M. Romer. Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98(S5):71, 1990.

F.M. Scherer. Inter-industry technology flows and productivity growth. *The Review of Economics and Statistics*, 64(4):627–634, 1982.

F.M. Scherer. Concentration, R&D and productivity change. *Southern Economic Journal*, 50:221–225, 1983.

Paul Segerstrom. Endogenous Growth without Scale Effects. *American Economic Review*, 88(5):1290–1310, 1998.

Andrew Sissons. *More than Making Things: A New Future for Manufacturing in a Service Economy*. Work Foundation, London, 2011.

A. Sterlacchini. R&D, innovation and total factor productivity growth in British manufacturing. *Applied Economics*, 21:1549–1562, 1989.

R.M. Solow. A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, pages 65–94, 1956.

R.M. Solow. Technical change and the aggregate production function. *The Review of Economics and Statistics*, 39(3):312–320, 1957.

Martin Srholec and Bart Verspagen. The Voyage of the Beagle into Innovation: Explorations on Heterogeneity, Selection, and Sectors. *Industrial and corporate change*, 21(5):1221–1253, 2012.

T.W. Swan. Economic Growth and Capital Accumulation. *Economic Record*, 32, 1956.

N.E. Terleckyj. Direct and indirect effects of industrial research and development on the productivity growth of industries. In J.N. Kendrick and B.N. Vacara, editors, *New Developments in Productivity Measurement and Analysis*, pages 359–386. University of Chicago Press, 1980.

N.E. Terleckyj. Effects of R&D on the productivity growth of industries: An exploratory study. Report no.140, December. Washington, D.C.:National Planning Association. 1974

N.E. Terleckyj. R&D and the U.S. industrial productivity in the 1970s. In *The transfer and utilization of technical knowledge*, ed. D. Saha. Lexington, Mass.: D.C.Heath. 1982.

J. Tirole. *The theory of industrial organization*. MIT press, 1994.

M. Trajtenberg. Innovation in Israel 1968-1997: a comparative analysis using patent data. *Research Policy*, 30:363–389, 2001.

H. Ulku. *R&D, Innovation and Growth: Evidence from Four Manufacturing Sectors in OECD*. Oxford Economic Papers, 2007.

Janos Varga. The QUEST III DSGE Model. In U. Akcigit, C. Benedetti-Fasil, G. Impullitti, O. Licandro, and M. Sanchez-Martinez. *Macroeconomic Modelling of Innovation Policy*. Palgrave Macmillan, 2020 - Forthcoming.

F. Venturini. Product Variety, Product Quality, and Evidence of Endogenous Growth. *Economic Letters*, 117:74–77, 2012.

Bart Verspagen. Endogenous Innovation in Neo-Classical Growth Models: A Survey. *Journal of Macroeconomics*, 14(4):631–662, 1992.

B. Verspagen and I. De Loo. Technology Spillovers between Sectors and Over Time. *Technological Forecasting and Social Change*, 60:215–235, 1999.

Bart Verspagen. R&D and productivity: A broad cross-section cross-country look. *Journal of Productivity Analysis*, volume 6, pages117–135. 1995

J.C. Wang and K.H. Tsai. *Productivity Growth and R&D Expenditures in Taiwan’s Manufacturing Firms*. The University of Chicago Press, Chicago/London, 2004.

Werner Roeger and Janos Varga. Structural Reforms in the EU: A Simulation-Based Analysis Using the QUEST Model with Endogenous Growth. Technical report, Directorate General Economic and Monetary Affairs (DG ECFIN), European Commission, 2008.

Wieser Robert. Research and Development Productivity and Spillovers: Empirical Evidence at the Firm Level. *Journal of Economic Surveys*, 19(4):587–621, 2005.

Christophe Teurlai et Jean-Bernard Chatelain. L'influence du coût d'usage du capital sur la décision d'investir et sur l'investissement corporel des entreprises de services françaises. Le recours au crédit-bail permet-il d'identifier des entreprises à l'origine du canal du crédit ? Cahiers du Credoc ? n° 178, novembre 2002.

Wolff, E. N., and M. I. Nadiri. (1993), Spillover effects, linkage structure, and research and development. *Structural Change and Economic Dynamics* 4 (2), 315-331.

Alwyn Young. Growth Without Scale Effects. *Journal of Political Economy*, 106(1):41–63, 1998.

Paul Zagamé. The costs of a non-innovative Europe: What can we learn and what can we expect from the simulation works. EC publication. https://ec.europa.eu/eip/ageing/library/costs-non-innovative-europe-what-can-we-learn-and-what-can-we-expect-simulation-works_en. 2010