

La dépense de R&D en quelques chiffres clé : éclairage particulier sur le secteur énergétique¹

Pierre Leprince, Nathalie Popiolek

Les dépenses de Recherche-Développement ont stagné ces dernières années en Occident, quand la Chine s'affirme comme une figure majeure de la recherche mondiale. En 2013, elle a dépassé l'Union Européenne (UE) en matière de dépense intérieure de R&D sur le PIB (passant de 1,4 % en 2007 à 2 % en 2013) et si cette dynamique suit son cours, l'empire du milieu atteindra l'objectif de Lisbonne (intensité de recherche 3 %) avant l'UE. Dans le domaine énergétique, on constate que les dépenses publiques occidentales de R&D restent toujours faibles (moins de 0,1 % du PIB) bien que le secteur soit en pleine mutation depuis 2008 et que ce sont les recherches en faveur de l'efficacité énergétique (+1.1G\$ pour les membres de l'AIE entre 2008 et 2013) et des énergies renouvelables (+1.9G\$) qui sont désormais les plus soutenues par les États occidentaux, au détriment de la R&D nucléaire (-1.5G\$). Concernant la Chine et les pays émergents, l'absence de données fiables sur les dépenses publiques de R&D énergétique devient une lacune de plus en plus gênante dans le travail de comparaison internationale élaboré. Enfin, la montée en puissance des synergies pouvant exister entre les entreprises énergétiques, électroniques et numériques (Samsung Renewables Energy, Apple Energy, Energy Intel Group) sont de véritables faits porteurs d'avenir qui devront être examinés dans les prochaines années, même si ce n'est pas nécessairement sur la R&D énergétique que ces grands groupes basent leur stratégie.

L'objectif de cet article est d'apporter un éclairage concernant les dépenses de R&D consenties par les gouvernements et les entreprises ces quinze dernières années (2000 à 2014). La première partie présente les efforts

1. Cet article met à jour le panorama publié en 2011 par La Revue de l'énergie[1]. Ce travail fait partie d'une étude plus vaste réalisée, dans le cadre du Comité stratégique de la filière nucléaire, à l'Institut de technico-économie du CEA, pour le compte de la Direction de l'innovation et du soutien nucléaire.

de R&D des principaux acteurs de la recherche. La seconde s'intéresse plus particulièrement au financement de la R&D dans le secteur énergétique (acteurs privés et publics). Précisons que cette étude n'a pas vocation à juger la qualité de la recherche ou à estimer ses retombées économiques et sociales mais que son intérêt s'inscrit davantage dans la mise en évidence des grandes tendances de dépense de R&D pour en saisir les dynamiques associées.

1. Panorama de la R&D mondiale

1.1 L'Asie, le nouveau barycentre de l'exécution de la recherche mondiale

Remarque préliminaire : Les DIRD (dépenses intérieures de R&D) mettent en avant les dépenses de R&D (entreprises, instituts de recherche, laboratoires universitaires et publics, etc.) effectuées sur un territoire indépendamment de l'origine du financement de l'organisme considéré (Manuel de Frascati^[2]). Elles permettent de situer où s'exécute la R&D dans le monde.

Ces dernières années, le poids des acteurs historiques de la recherche (Etats-Unis, Japon et Union Européenne) a progressivement diminué au sein du mix-mondial des DIRD au profit de la Chine et de la Corée du Sud. De 2007 à 2013, la part du Japon dans les DIRD mondiales a reculé de 12 à 10 %^[3]. Sur la même période, les États-Unis et l'Union Européenne perdent respectivement 5 points (32 à 27 %) et 3 points (22 à 19 %). En contrepartie, la Chine

a confirmé ses ambitions scientifiques avec une augmentation conséquente des dépenses de R&D sur son territoire (10 à 20 %). La Corée du Sud et l'Inde ont également renforcé leur position. En 2014, le montant des DIRD mondiales était estimé à environ 1 803 milliards^[4] de dollars (cf. figure 1). Il était de 1 124 G\$ en 2007^[5].

L'évolution de la dépense intérieure de R&D sur le PIB permet de mieux appréhender les dynamiques chinoise et coréenne des quinze dernières années (cf. figure 2). Ce n'est pas tant le ralentissement de la recherche en Occident que l'émergence de nouveaux acteurs qui explique le rééquilibrage des DIRD dans le monde. Selon l'OCDE^[6], les DIRD rapportées au PIB en Allemagne, en France et au Royaume-Uni s'élevaient respectivement à 2,8 %, 2,2 % et 1,7 % en 2013.

1.2 Une recherche dominée par le financement des entreprises

La cartographie des DIRD qui vient d'être faite donne un panorama de l'exécution de la recherche dans le monde. Pour affiner l'étude, il convient désormais de déterminer l'origine

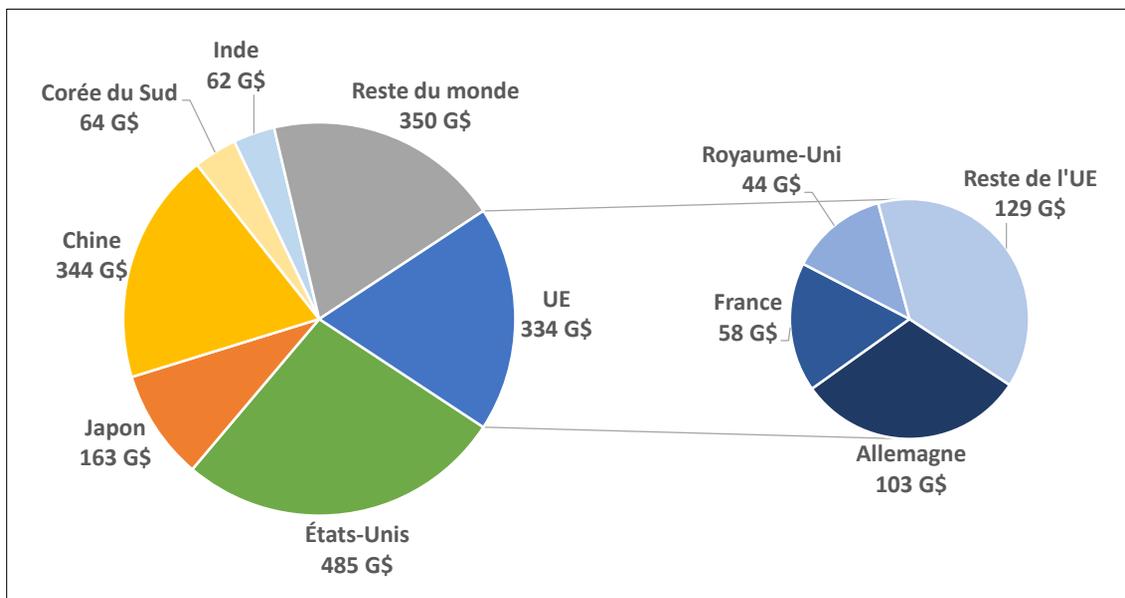


Figure 1 : Dépense intérieure de R&D dans le monde en G\$PPA en 2014
 Source: R&D Magazine (2016) The 2016 Global R&D Funding Forecast & OCDE (2016), Gross domestic spending on R&D.

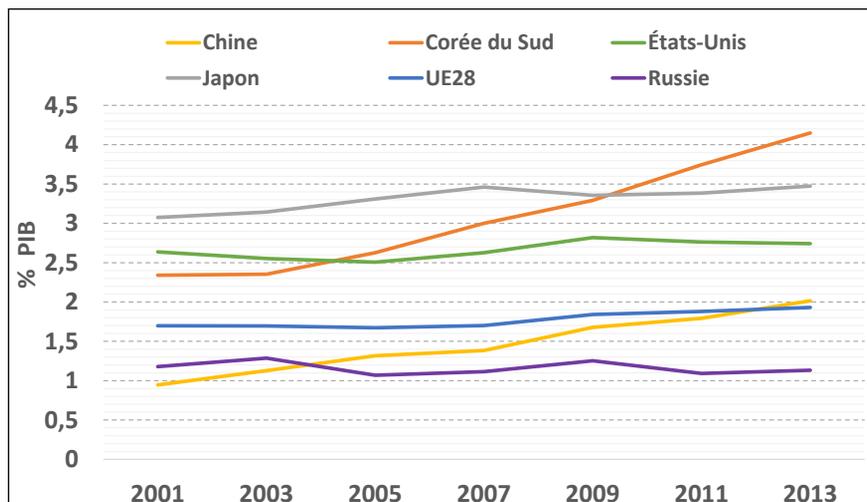


Figure 2 : Évolution de la dépense intérieure de R&D sur le PIB
 Source : OCDE (2016), Dépenses intérieures brutes de R&D

du financement de la recherche. La figure 3, ci-dessous, décompose les DIRD en fonction de trois sources de financement :

- les États,
- les entreprises (privées ou publiques),
- les autres sources (financements étrangers, universités, etc.).

Les grands acteurs de la recherche scientifique présentent tous des participations en R&D de l'État inférieures 1 % du PIB^[7]. Les entreprises représentent 29 % du financement

de R&D en Russie, contre 61 % aux États-Unis et 55 % en France. Le Japon, la Corée et la Chine s'appuient sur une forte participation des entreprises à l'effort de recherche (environ 75 % pour les trois pays). L'Asie attire en effet de plus en plus d'investisseurs privés, notamment des États-Unis. La proximité d'un marché de forte croissance, des sites industriels et des fournisseurs ainsi que des coûts de développement moins élevés justifient cette dynamique^[8].

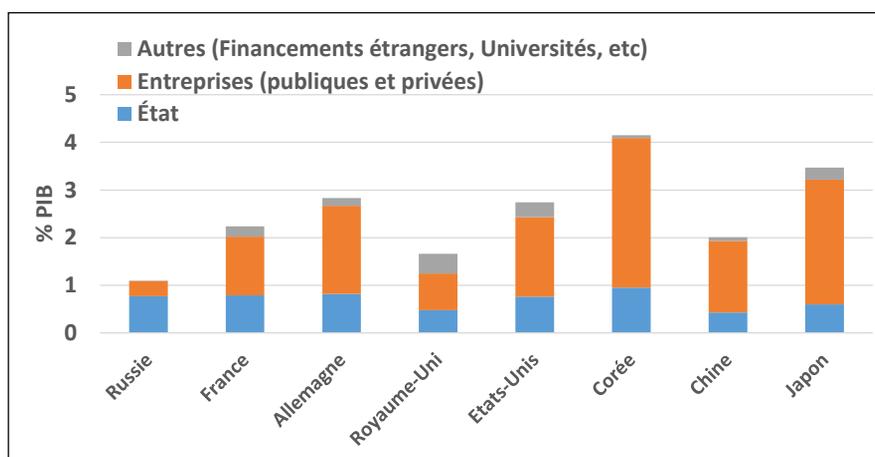


Figure 3 : Répartition des dépenses intérieures de R&D par source de financement sur le PIB en 2013

Source: OCDE (2014) Science, Technology and Energy Outlook 2014

1.3 Le financement de la recherche privée : l'inamovible leadership américain

Le rapport « *The 2015 EU R&D Scoreboard* »⁹¹ de la Commission Européenne donne un aperçu des entreprises qui investissent le plus dans la R&D dans le monde. Les 2500 entreprises leaders en recherche au niveau mondial ont investi un total de 734 G\$² en 2014. L'étude compte 829 entreprises basées aux États-Unis, 608 entreprises basées en Union Européenne, 445 en Chine³, 360 au Japon et 258 dans le reste du monde. La figure 4 (ci-dessous) présente la répartition des investissements de R&D de ces 2500 entreprises selon la localisation de leur siège social. Cette approche permet de localiser les bailleurs de fonds privés de la recherche mondiale. Avec 38 % des investissements de R&D, les entreprises américaines dominent le financement de la recherche mondiale. Les entreprises allemandes sont très impliquées dans la recherche (10,3 %). Dans une moindre mesure, la Suisse occupe également une place honorable (4,1 %).

En 2014, les cinq entreprises qui ont investi le plus dans le monde sont Volkswagen, Samsung, Microsoft, Intel and Novartis. Les groupes Volkswagen et Samsung ont investi des sommes colossales dans la recherche avec respectivement 15,9G\$ et 14,6G\$⁴. Plusieurs secteurs d'activité sont particulièrement dynamiques : l'industrie pharmaceutique, l'automobile et les télécommunications (le hardware⁵ et le software⁶). Le graphique ci-après (figure 5) présente la somme des investissements (les dépenses brutes de R&D) des entreprises par secteur d'activité et pour un échantillon de pays. Dans la plupart des secteurs d'activité, les entreprises américaines dominent les débats.

Dans ce classement, les entreprises chinoises n'affichent pas des dépenses de R&D particulièrement élevées. Bien que l'on assiste à un transfert de l'exécution de la recherche vers l'Asie, les entreprises qui financent cette R&D restent majoritairement européennes, nord-américaines et japonaises. Pour évaluer l'effort de R&D des entreprises privées, on peut

2. Taux de change du 31 décembre 2014 ; 1€ = 1,21\$, Banque Centrale Européenne.
 3. Les 114 entreprises taïwanaises sont comptabilisées comme chinoises dans l'étude (avec 2 % des investissements de R&D de l'étude).

4. Soit autant que la dépense publique de R&D énergétique de tous les États membres de l'AIE (Agence internationale de l'énergie) en 2013 (≈ 15G\$).
 5. Matériel et équipement informatique.
 6. Logiciel et ordinateur.

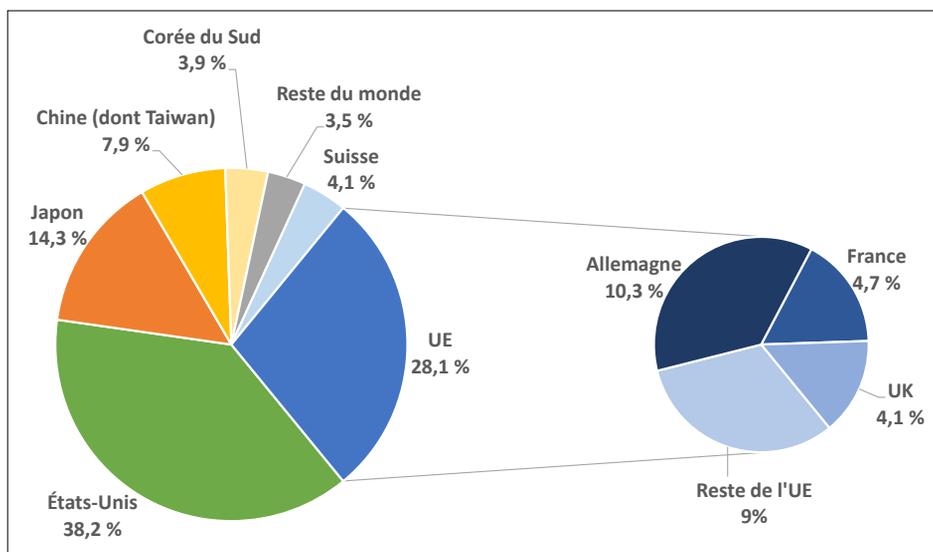


Figure 4 : Répartition des investissements de R&D (734 G\$) des 2500 entreprises leaders de R&D selon la localisation du siège social en 2014

Source : European Commission (2015) The 2015 EU Industrial R&D Investment Scoreboard

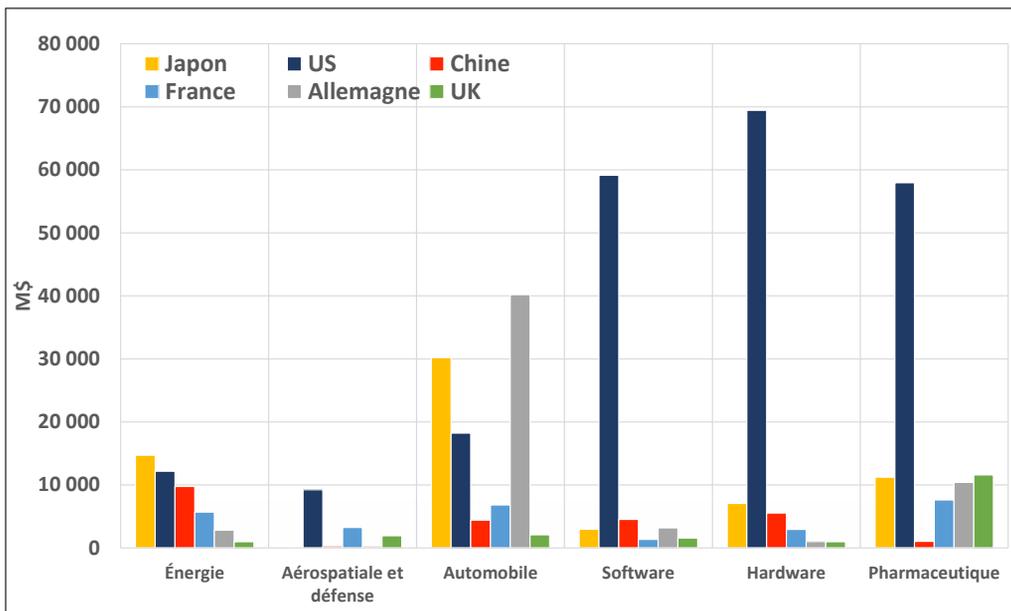


Figure 5 : Dépenses de R&D des entreprises leaders en matière de recherche par secteur d'activité et par pays en 2014

Source : European Commission (2015) The 2015 EU Industrial R&D Investment Scoreboard

ensuite s'appuyer sur l'intensité technologique qui est définie, pour une entreprise, comme le rapport entre ses dépenses de R&D et son chiffre d'affaires. On s'intéresse ici toujours aux entreprises leaders⁷ en matière de recherche⁸ (cf. figure 6).

Les entreprises japonaises présentent la meilleure intensité technologique moyenne avec 2,1 % ; elles sont suivies par les entreprises américaines (1,2 %), françaises (1 %), chinoises (0,7 %) et britanniques (0,4 %). Par secteur d'activité, le hardware, software et l'industrie pharmaceutique affichent des intensités technologiques élevées (environ 15 %). Notons également que l'intensité technologique des entreprises françaises se démarque dans l'aérospatiale et la défense. Le secteur de l'énergie⁹, quant à lui, présente des ordres de

grandeur bien différents : les investissements privés y sont faibles relativement aux chiffres d'affaires. Ce panorama des dépenses intérieures de R&D et des sources de financements de la R&D permet d'introduire la seconde partie de notre étude sur les dépenses de R&D énergétique en Occident.

2. Dépenses de R&D énergétique en Occident

Remarque préliminaire : La dépense publique de R&D énergétique définie par l'AIE (Agence internationale de l'énergie) diffère du Manuel de Frascati. L'AIE se base sur les budgets des gouvernements et non sur les dépenses des exécutants. Elle prend aussi en compte les contributions réparties dans des projets internationaux et des programmes étrangers. Elle intègre la recherche, le développement et la démonstration (R&D).

7. Les leaders en matière de recherche correspondent aux 2500 premières entreprises classées dans les rapports UE Scoreboard 2014 & 2015.

8. L'intensité technologique correspond à une moyenne pondérée des intensités technologiques des entreprises du secteur d'activité considéré.

9. Nous considérons comme relevant du secteur énergétique, les entreprises de l'UE Scoreboard dans les domaines suivants : production de gaz et de pétrole ;

équipement pétrolier ; service et distribution ; énergies alternatives ; gaz, eau et multiservices ; électricité ; composants électriques et équipements.

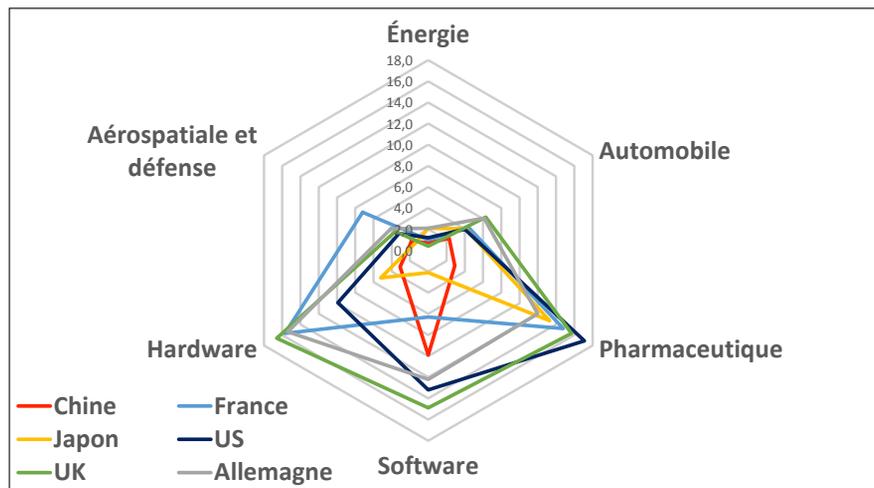


Figure 6 : Intensité technologique des entreprises leaders en matière de recherche par secteur d'activité et par pays en 2014

Source : European Commission (2015) The 2015 EU Industrial R&D Investment Scoreboard

Les enjeux liés au changement climatique et la sécurité des approvisionnements ne suffisent pas à stimuler les dépenses de R&D du secteur de l'énergie. Les budgets publics consacrés à la R&D énergétique sont relativement faibles : 15 G\$ pour les 17 États membres de l'AIE passés en revue en 2013 (les autres pays de l'AIE présentent des données manquantes sur la période 2000/2013). Quant aux budgets privés, ils sont, comme on l'a vu, bien inférieurs à ceux du secteur automobile, pharmaceutique ou des télécommunications. Les entreprises énergétiques françaises sortent cependant leur épingle du jeu en Europe. Les grands groupes (Total, Areva, EDF, Alstom, Schneider) ont investi environ 6,2 G\$ en 2014. En guise de comparaison, les grands groupes allemands et britanniques ont investi respectivement 3,1 G\$ et 1,1 G\$ sur la même année.

2.1 Évolution des dépenses publiques de R&D énergétique de 2000 à 2013

L'AIE^[10] répertorie la dépense publique¹⁰ de R&D¹¹ énergétique pour chacun de ses

10. La dépense publique de R&D énergétique correspond au budget gouvernemental de R&D énergétique. Cette recherche peut être financée sur le territoire national ou à l'étranger. Les données sont issues des bailleurs de fond.

11. La démonstration est incluse dans la définition de la R&D énergétique de l'AIE.

membres. En tant qu'agence autonome rattachée à l'OCDE, on y retrouve une majorité d'États occidentaux : Australie, Nouvelle-Zélande, Canada, États-Unis ainsi que 21 États européens auxquels s'ajoutent le Japon, la Corée du Sud et la Turquie. En combinant la dépense publique énergétique de certains pays, on obtient le graphique ci-après (cf. figure 7). De 2000 à 2008, le financement public de R&D énergétique a légèrement crû et les dépenses de R&D nucléaire restaient majoritaires. Après la crise économique de 2008, les dépenses de R&D allouées à l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables ont nettement augmenté. En 2013, les énergies renouvelables sont devenues le premier secteur d'investissement public de la R&D énergétique devant le nucléaire.

L'augmentation massive des dépenses publiques de R&D observées en 2009 est liée, en grande partie, au programme de réinvestissement américain (voir encadré : *L'influence des chocs pétroliers sur la dépense publique énergétique américaine*). De 2008 et 2013, l'énergie nucléaire a vu son financement public de R&D diminuer contrairement à toutes les autres sources d'énergie. L'évolution des dépenses publiques japonaises et américaines illustre parfaitement ces nouvelles dynamiques (cf. tableau 1).

Certains membres de l'AIE, comme la Corée du Sud, fournissent trop peu de données pour pouvoir être étudiés. De plus, l'analyse se heurte à la difficulté de recueillir des données précises et comparables pour les pays émergents. En 2008, la dépense publique chinoise de R&D énergétique a été estimée à 11,8 G\$^[11]. Cette somme très importante pose la question de la pertinence d'une analyse occidentale et de l'accessibilité des données dans les pays émergents. Nous reviendrons sur cette problématique.

La dépense publique de R&D énergétique (cf. figure 8) reste principalement orientée vers le nucléaire en France et au Japon. En 2013, aux États-Unis, la dépense publique de R&D nucléaire est revenue à son niveau de 2006 (environ 750 M\$). Il semble que la rubrique « Autres¹² » aux États-Unis corresponde en partie à la recherche fondamentale américaine^[12].

Si l'on rapporte les dépenses publiques de R&D énergétique au PIB de chaque pays (cf. figure 9), on obtient un ratio inférieur à 0,1 %. Toutes proportions gardées, la France reste un acteur majeur des dépenses de R&D énergétique. Elle présente un taux d'investissement plus important que les États-Unis et pourrait, à terme, faire jeu égal avec le Japon. Depuis les années 2000, le Japon est dans une dynamique négative due en grande partie à la baisse des subventions de R&D nucléaire. Enfin, les dépenses publiques allemandes et britanniques ont crû de manière significative depuis 2000.

12. La rubrique « Autres » correspond à la somme des deux sous-groupes 6 et 7 dans la classification de l'AIE (Group 6: Other power and storage technologies & Group 7: Other cross-cutting techs/research).

L'influence des chocs pétroliers sur la dépense publique énergétique américaine

Après le premier choc pétrolier de 1973, les États-Unis ont très nettement augmenté leur dépense publique de R&D énergétique (passant de 2.9 G\$ en 1974 à 9.1 G\$ en 1979). Tous les domaines énergétiques ont été concernés. Puis, en 1979, la révolution iranienne et le contexte géopolitique instable (la guerre entre l'Iran et l'Irak débute en 1980) ont de nouveau contribué à la flambée des prix du pétrole. Dans les années 80, le prix du pétrole s'effondre et l'administration Reagan^[13] diminue sévèrement les subventions énergétiques (les subventions aux énergies fossiles passent de 2.1 G\$ à 0.6 G\$) et laisse le marché réguler les investissements de l'énergie. Dans les années 80 et 90, avec un prix du baril bas, la R&D énergétique n'avait plus de raison d'être soutenue (cf. figure 10).

La crise économique et financière de 2008 relance les dépenses publiques de R&D énergétique américaine. Le plan de relance des États-Unis en 2009 (*American Recovery and Reinvestment Act of 2009*) décuple les dépenses publiques de R&D associées à l'efficacité énergétique (+ 1 578 M\$ entre 2008 et 2009) et aux énergies renouvelables (+ 1 902 M\$ entre 2008 et 2009). Les énergies fossiles sont aussi fortement soutenues^[14] (+ 3 021M\$ entre 2008 et 2009). Parallèlement, les investissements « Autres » chutent (- 1 136 M\$ entre 2008 et 2010). Bien qu'elle ne fausse pas notre analyse, cette rubrique est significative de la difficulté de l'interprétation des données. Dans le cas américain, on peut envisager qu'une partie de la recherche fondamentale soit intégrée à cette catégorie avec un périmètre fluctuant.

Tableau 1

Dépense publique de R&D en M\$ 2014 PPA

Source: IEA (2015) Database: Energy Technology RD&D Budgets, International Energy Agency

Dépense publique de R&D en M\$ _{2014 PPA}	Japon		États-Unis	
	Nucléaire	Énergies renouvelables	Nucléaire	Énergies renouvelables
2008	2410	185	1055	490
2013	1234	734	750	997

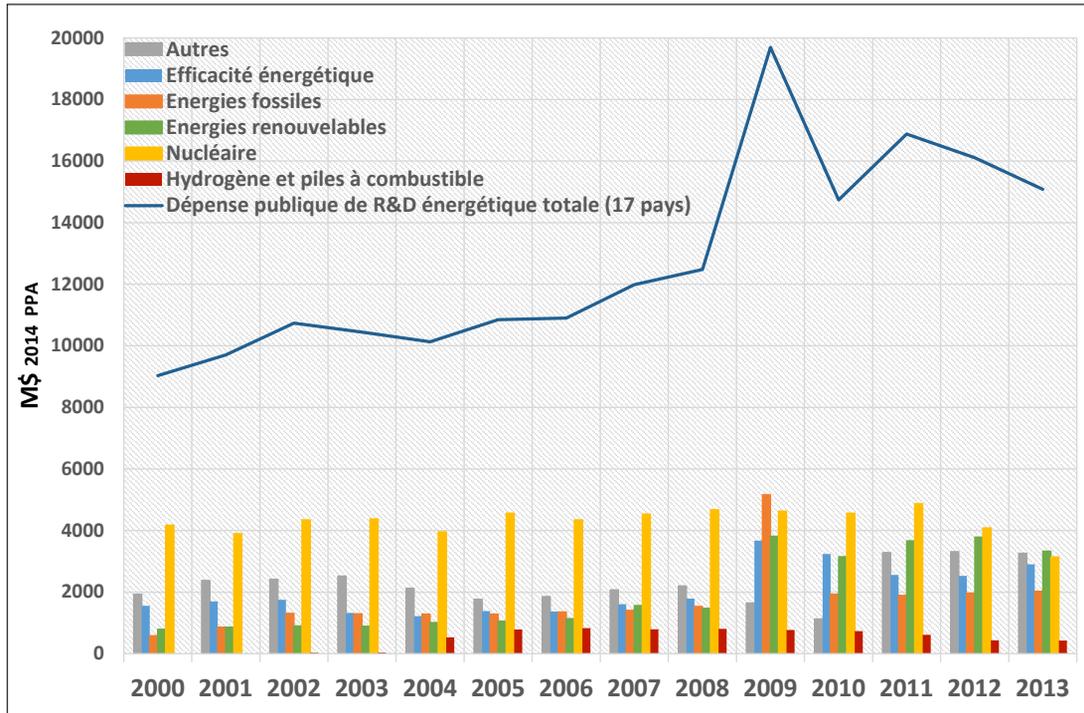


Figure 7 : Dépense publique de R&D énergétique des États* de l'AIE

Source: IEA (2015) Database: Energy Technology RD&D Budgets, International Energy Agency

* Seulement 17 États membres ont été pris en compte dans ce graphique : Australie, Autriche, Canada, Danemark, Finlande, France, Allemagne, Japon, Pays-Bas, Nouvelle-Zélande, Norvège, Portugal, Espagne, Suède, Suisse, Royaume-Uni, États-Unis. Les autres pays de l'AIE présentent des données manquantes sur la période 2000/2013.

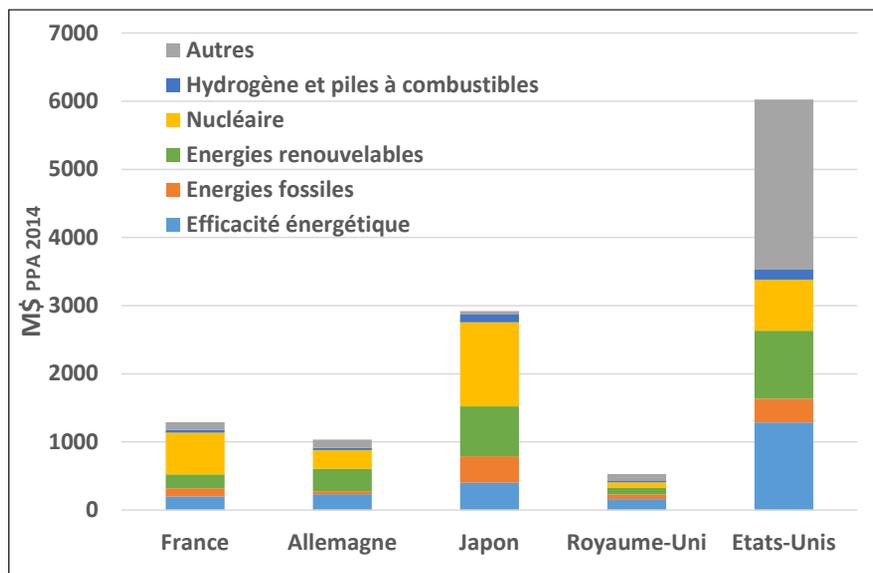


Figure 8 : Dépense publique de R&D énergétique par pays en 2013

Source: IEA (2015) Database: Energy Technology RD&D Budgets, International Energy Agency

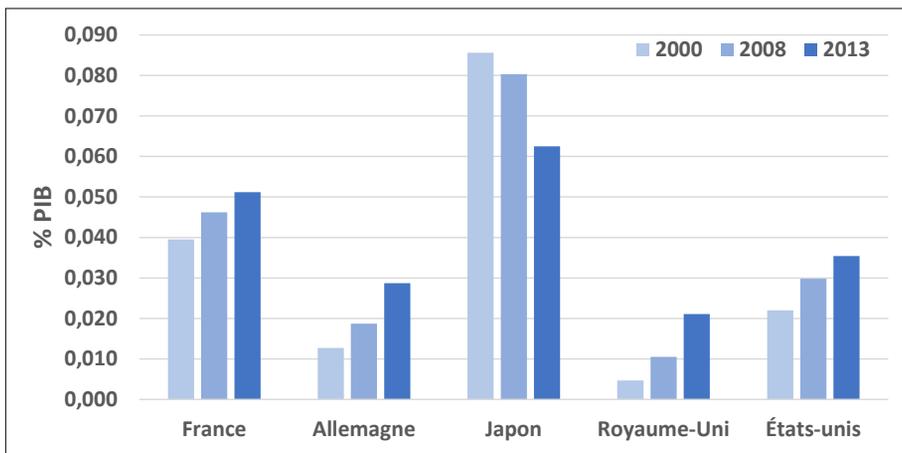


Figure 9 : Évolution de la dépense publique de R&D énergétique sur le PIB
 Source : European Commission (2015) The 2015 EU Industrial R&D Investment Scoreboard

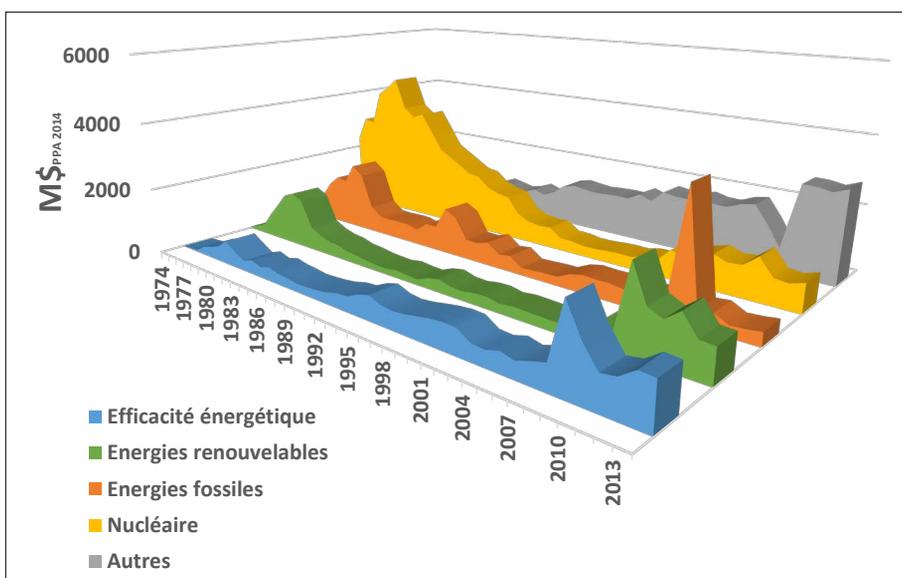


Figure 10 : Répartition de la dépense publique de R&D énergétique aux États-Unis de 1974 à 2013
 Source: IEA (2015) Database: Energy Technology RD&D Budgets, International Energy Agency

2.2 La recherche énergétique privée en Europe

Comme nous avons pu le voir dans la première partie, les entreprises américaines soutiennent massivement la recherche dans de nombreux secteurs d'activité. Cependant, la recherche privée énergétique n'est pas particulièrement soutenue par les multinationales outre-Atlantique. Les entreprises allemandes, françaises et britanniques présentent également

des intensités technologiques faibles dans le secteur de l'énergie.

La figure 11, ci-après, présente les budgets totaux de R&D par secteur d'activité en Allemagne, en France et au Royaume-Uni. La taille des bulles est proportionnelle à l'intensité technologique moyenne¹³ du secteur d'activité.

13. L'intensité technologique correspond à une moyenne pondérée des intensités technologiques des entreprises du secteur d'activité considéré.

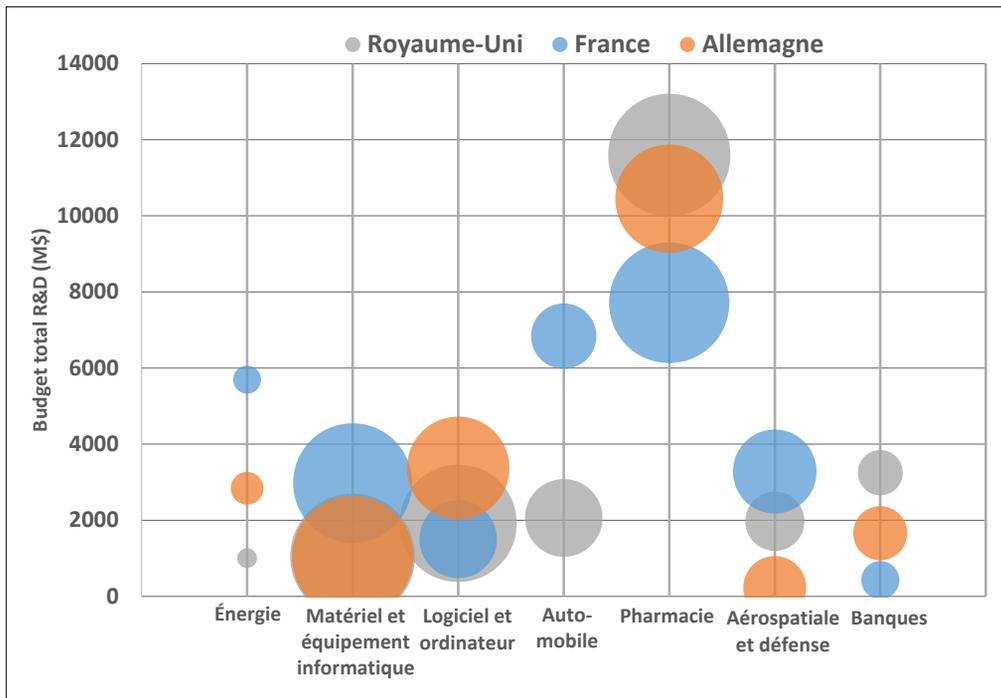


Figure 11 : Budget total* de R&D et intensité technologique moyenne des entreprises leaders en matière de recherche par pays et par secteur d'activité en 2014

Source : European Commission (2015) The 2015 EU Industrial R&D Investment Scoreboard

* Le budget total de R&D des entreprises allemandes d'automobiles n'est pas visible sur ce graphique. Il est de 40 165 M\$.

Pour chacun de ces secteurs, les budgets de R&D dans les pays sont différents. A l'inverse, les entreprises d'une même filière disposent d'intensités technologiques quasiment similaires. L'intensité technologique est faible dans le secteur de l'énergie pour les 3 pays étudiés. Tandis que l'industrie pharmaceutique est dynamique aussi bien en France, en Allemagne qu'au Royaume-Uni.

La France se distingue tout de même dans le domaine de l'énergie et de l'aérospatiale. Au Royaume-Uni, ce sont les secteurs de l'industrie pharmaceutique et de la banque qui sont davantage soutenus. Les dépenses de R&D des entreprises allemandes de l'automobile sont tellement importantes (40 165 M\$) qu'elles ne peuvent figurer sur ce graphique. Pour résumer, l'intensité technologique des entreprises énergétiques reste faible en Europe et le budget de R&D énergétique de ces acteurs est bien inférieur aux moyens déployés par l'industrie

automobile ou pharmaceutique. Cependant, cette classification a ses limites. Les synergies entre les secteurs énergétiques, électroniques et numériques se sont accentuées ces dernières années comme en témoigne par exemple l'investissement d'Apple (près d'un milliard de dollars) dans une centrale solaire californienne^[15]. À défaut de révéler toutes les nuances des investissements de R&D, ces données permettent de souligner les grandes tendances en matière d'innovation.

Observons l'évolution des intensités technologiques des principales entreprises européennes du secteur de l'énergie (cf. figure 12) entre 2008 et 2014. Les entreprises issues des équipements électriques (Siemens, Schneider, Legrand) et des énergies renouvelables (Vestas Wind systems, SMA Solar Technology) investissent toujours davantage dans la recherche que les entreprises des autres secteurs d'activité. L'intensité technologique des groupes

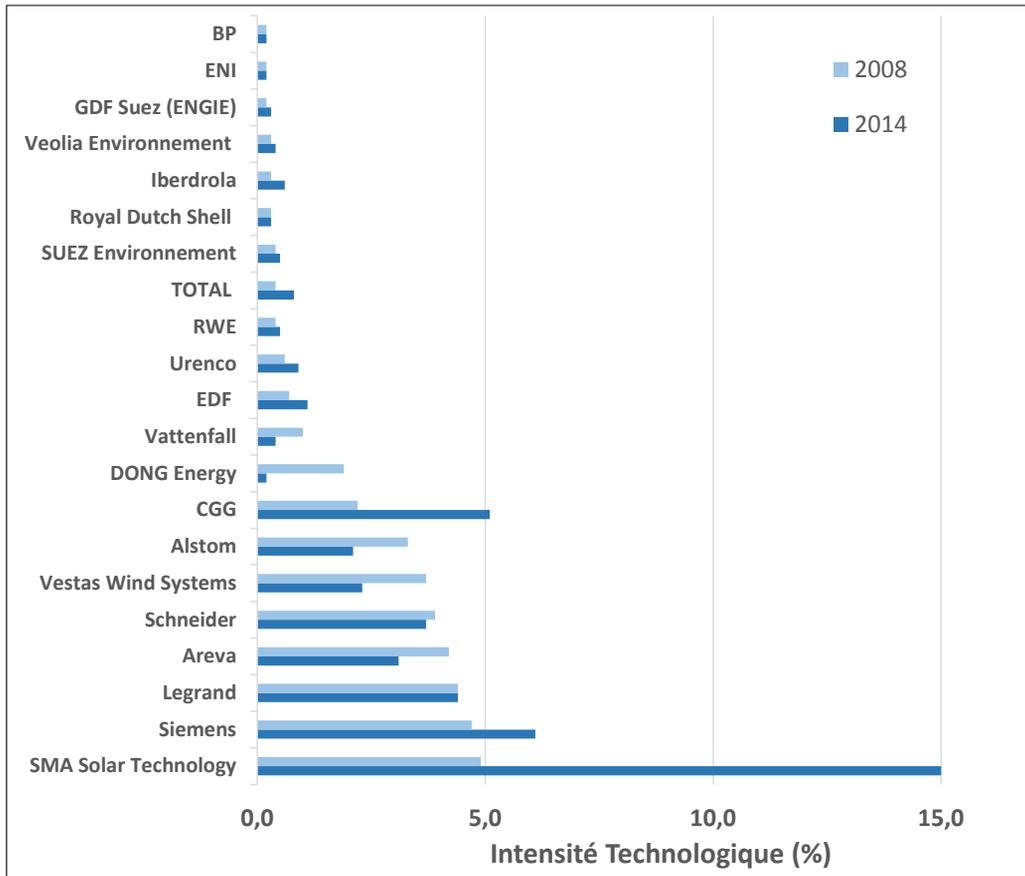


Figure 12 : Évolution de l'intensité technologique des entreprises énergétiques européennes
 Source : European Commission (2015, 2009) The 2015 (2009) EU Industrial R&D Investment Scoreboard

pétroliers (Shell, BP, Total) est restée faible en 2014. Dans le même temps, le groupe de géoscience CGG, dont les services sont principalement destinés à l'imagerie et à l'interprétation des réserves d'hydrocarbures dans le monde, a nettement augmenté son intensité technologique depuis 2008. SMA Solar Technology suit également une forte dynamique d'investissements dans la recherche. En 2014, le groupe a investi 15 % de son chiffre d'affaires dans la R&D (soit 148 M\$). Bien que Total dispose d'un chiffre d'affaires 200 fois plus important que SMA Solar Technology, le géant pétrolier n'a investi que 11 fois plus dans la R&D que l'entreprise allemande d'énergie solaire. Notons enfin que EDF, Areva et Alstom ont investi respectivement 1,1 %, 3,1 % et 2,1 % de leur chiffre d'affaires dans la R&D en 2014.

Conclusion

En 2014, les DIRD financées par l'État dans les différents pays étudiés ne dépassaient pas 1 % du PIB. Dans la plupart de ces pays, le maillon essentiel du financement de la recherche reste le secteur des entreprises. En Chine, au Japon ou en Corée du Sud, ces investissements représentent 75 % du financement de la recherche. Bien que les capitaux investis soient encore majoritairement européens et nord-américains, on assiste à un transfert des dépenses de R&D vers l'Asie. Les dépenses publiques énergétiques sont également sujettes à un plafond de verre, d'environ 0,1 % du PIB. L'intensité technologique des entreprises de l'énergie est extrêmement faible par rapport aux autres secteurs d'activité mais nous avons relevé que

cette analyse sectorielle masquait les investissements dans l'énergie des acteurs du numérique qui sont en phase de se positionner comme *outsiders* dans ce secteur en pleine mutation (Google, Apple...), sans compter le géant Tesla qui, avec le développement de capacités de stockage compétitives, va jouer un rôle significatif dans le paysage des investisseurs de R&D énergétique. Selon l'UE Scoreboard, le budget R&D 2014 de l'entreprise américaine Tesla, qui est comptée comme une entreprise relevant du secteur automobile, était de 463 M\$, soit 14,5 % de son chiffre d'affaires. Signalons néanmoins que Google ne base pas sa stratégie de conquête du marché énergétique sur l'investissement en recherche dans ce domaine, comme en témoigne l'arrêt en 2011 de son programme de R&D dans les renouvelables¹⁴.

Les résultats de ce travail de *benchmarking* s'appuient principalement sur les données de l'AIE et de la Commission Européenne. L'AIE fournit de solides données sur les budgets de R&D énergétique des pays développés. Cependant, les pays émergents ne sont pas membres de l'AIE. La montée en puissance de la Chine, et dans une moindre mesure des BRIMCS¹⁵, limite donc les conclusions de l'analyse. Les pays membres de l'OCDE de tradition occidentale n'offrent plus, à eux seuls, un panorama complet des dynamiques et des enjeux de la recherche énergétique. Déjà en 2011, Gallagher KS *et al.*¹⁶ alertaient sur la nécessité d'établir rapidement un système international de report des données énergétiques. Tant que les dépenses publiques de R&D énergétique des pays émergents ne seront pas prises en compte, la pertinence des analyses internationales en restera affaiblie. A ce biais, s'ajoute, comme nous l'avons signalé, la difficulté de considérer les investissements de R&D des nouveaux entrants sur le marché, dont le cœur de métier n'est pas répertorié dans la branche énergie. Enfin, terminons en rappelant à nouveau que la dépense de R&D ne fait pas à elle seule l'innovation et la transition (cf. en particulier au 5th European

Energy Forum du Conseil Français de l'Énergie¹⁷). Il faut bien l'organiser, la gérer et lui adjoindre un écosystème innovant ! ■

Bibliographie

- [1] Taverdet-Popiolek N (2011) La dépense de R&D en quelques chiffres clé avec un éclairage particulier sur le secteur énergétique. Revue de l'Énergie, Vol. 62.2011, 599, pp. 5-18.
- [2] OCDE (2002) Manuel de Frascati. Méthode type proposée pour les enquêtes sur la recherche et le développement expérimental. Paris.
- [3] UNESCO (2015) UNESCO Science Report: towards 2030. United Nation Educational, Scientific and Cultural Organization. Paris.
- [4] R&D Magazine (2016) The 2016 Global R&D Funding Forecast. Industrial Research Institute & Research-Technology Management. Rockaway.
- [5] R&D Magazine (2009) The 2009 Global R&D Funding Forecast. Industrial Research Institute & Research-Technology Management. Rockaway.
- [6] OCDE (2016) Principaux indicateurs de la science et de la technologie. Paris.
- [7] OCDE (2014) OCDE Science, Technology and Energy Outlook 2014. Paris.
- [8] Cornell University, INSEAD, and WIPO (2015) The Global Innovation Index 2015: Effective Innovation Policies for Development. Fontainebleau, Ithaca, and Geneva.
- [9] European Commission (2015) The 2015 EU Industrial R&D Investment Scoreboard. Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies. Luxembourg.
- [10] IEA (2015) Database Energy Technology RD&D Budgets. International Energy Agency, Paris.
- [11] Kempener R, Anadon LD, Condor J (2010) Governmental Energy Innovation Investments and Policies in the Major Emerging Economies: Brazil, Russia, India, Mexico, China and South Africa. Discussion paper 2010-2016, Energy Technology Innovation Policy research group, Belfer Center for science and International Affairs, Harvard Kennedy School.
- [12] American Energy Innovation Council (2015) Restoring American Energy Innovation Leadership: Report Card, Challenges, and Opportunities. Washington DC.
- [13] Sivaram V, Norris T (2016) The clean energy revolution, Fighting climate change with innovation. In: Foreign Affairs, Volume 95, Number 3, New York, pp. 147-156.
- [14] Office of Fossil Energy (2016) US Department of Energy. Disponible sur : <http://energy.gov/fe/fe-implementation-recovery-act> (Consulté le 17/06/2016).
- [15] Tim Cook (10/02/2015) Goldman Sachs Technology and Internet Conference. Apple CEO Tim Cook spoke on Tuesday, February 10, 2015.
- [16] Gallagher KS, Anadon LD, Kempener R and Wilson C (2011) Trends in Investments in Global Energy Research, development and Demonstration. Wiley interdisciplinary Reviews: Climate Change 2(3), pp. 373-396.
- [17] Conseil français de l'énergie (2016) 5th European Energy Forum. R&D and innovation, drivers of the energy transition. Paris 9th-10th May 2016.

14. <http://www.greentechmedia.com/articles/read/google-engineers-explain-why-they-stopped-rd-in-renewable-energy>

15. BRIMCS : Brazil, Russia, India, Mexico, China and South Africa