



**HAL**  
open science

## L'innovation technologique face au changement climatique : quelle est la position de la France ?

Yann Ménière, Matthieu Glachant, Antoine Dechezleprêtre, C. Pot, F. Carrere, Gilles Le Blanc

### ► To cite this version:

Yann Ménière, Matthieu Glachant, Antoine Dechezleprêtre, C. Pot, F. Carrere, et al.. L'innovation technologique face au changement climatique : quelle est la position de la France?. 2011. hal-00842146

**HAL Id: hal-00842146**

**<https://minesparis-psl.hal.science/hal-00842146>**

Preprint submitted on 8 Jul 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# L'INNOVATION TECHNOLOGIQUE FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE : QUELLE EST LA POSITION DE LA FRANCE ?

Ménière, Y.<sup>1</sup>, Glachant, M.<sup>1</sup>, Dechezleprêtre, A.<sup>2</sup>

Pot, C.<sup>1</sup>, Carrère, F.<sup>3</sup>, Leblanc, G.<sup>1</sup>

Juin 2011

## Résumé

Cet article propose une analyse statistique du positionnement et de la performance de la France en matière de technologies de lutte contre le réchauffement climatique. La méthodologie s'appuie sur une base de données décrivant l'ensemble des dépôts de brevets entre 1980 et 2008 dans 17 classes technologiques couvrant un large spectre de technologies liées au climat. Avec 5,2 % des inventions brevetées en moyenne en 2008 dans les technologies étudiées, la France est en moyenne au 5<sup>ème</sup> rang mondial dans un classement dominé par les Etats-Unis, le Japon, la Corée du Sud et l'Allemagne. 20% des dépôts de brevet en France proviennent du secteur public, contre 10% dans les autres pays industrialisés. Plus de la moitié des inventions "climat" françaises sont protégées dans des pays étrangers, soit 1,5 fois plus que la moyenne mondiale.

L'analyse par domaine technologique met en évidence un positionnement faible de la France dans les énergies renouvelables, dans lesquelles l'innovation est pourtant la plus dynamique au niveau mondial. En revanche, son positionnement est fort dans des secteurs comme le nucléaire (même si elle n'arrive qu'au troisième rang derrière le Japon et les Etats-Unis), la capture et séquestration du carbone (CSC), l'isolation, le ciment, le chauffage, l'hydraulique et les véhicules électriques et hybrides, où elle tire parti de la présence et du potentiel innovant des grandes firmes françaises d'envergure internationale (Air Liquide, Alstom, Areva, Electricité de France, Lafarge, PSA Peugeot Citroën, Renault, Saint-Gobain,

---

<sup>1</sup> Cerna, MINES ParisTech

<sup>2</sup> Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, London School of Economics

<sup>3</sup> Boston Consulting Group

Schlumberger) et des organismes publics de recherche scientifique (CNRS, Commissariat à l'Énergie Atomique, Institut Français du Pétrole).

## Introduction

Face à la menace du changement climatique, l'innovation est l'un des principaux leviers pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Des énergies renouvelables à la voiture électrique, en passant par toutes les formes d'efficacité énergétique, les technologies propres touchent une grande variété de secteurs. Leur déploiement à grande échelle, en réponse à l'augmentation des prix de l'énergie et aux politiques environnementales mises en place par les Etats, est la condition clé d'une transition économique réussie vers des sentiers de croissance durable.

Au-delà des considérations environnementales, le déploiement des technologies propres est désormais un enjeu économique majeur, associé à des opportunités de croissance, de nouvelles productions et des créations d'emplois. La capacité à développer et maîtriser ces technologies est en effet devenu un paramètre important de la compétitivité des nations. En témoignent les sommes consacrées dans les différents plans de relance aux investissements dans les technologies vertes ou les montants mobilisés par le capital investissement dans ces technologies. Les Etats-Unis et la Chine se sont engagés massivement dans cette nouvelle course technologique et un débat s'est ouvert en Europe sur les meilleurs moyens d'y répondre. Le mouvement s'accompagne d'une multiplication de rapports et livres blancs prospectifs, décrivant et évaluant les opportunités économiques en jeu, comme par exemple les perspectives de croissance et d'emploi des filières vertes en France.

Si les enjeux économiques et environnementaux associés aux technologies propres sont aujourd'hui bien identifiés, la question fondamentale du positionnement et de la performance des pays en matière d'innovation verte n'a pas été véritablement abordée jusqu'à présent. Cela s'explique par des obstacles méthodologiques importants. Mesurer l'innovation est en effet un exercice difficile, a fortiori lorsque les inventions sont très hétérogènes et présentes de manière diffuse dans un grand nombre de secteurs différents.

L'objectif de cet article est d'analyser la performance de l'innovation française dans les technologies propres en s'appuyant sur des données de brevets d'une grande richesse. Nos données comprennent les brevets déposés partout dans le monde dans 17 classes technologiques, couvrant un large spectre de technologies de lutte contre le réchauffement climatique. A partir de ces informations, nous cherchons à répondre aux questions suivantes : quel est le poids de l'innovation dans ces technologies en France ? Quel est le poids de la France dans le monde ? Quels sont les principaux acteurs de l'innovation propre en France, et quel rôle joue notamment le secteur public ? Vers quels pays diffusons-nous nos inventions ? Quelles ont été les évolutions depuis vingt ans ? Le diagnostic ainsi effectué nous permet de dégager les principaux facteurs conditionnant la performance de la France en matière de technologies propres pour les années à venir.

La mesure de l'innovation et de la diffusion des technologies s'appuie sur des statistiques de brevets issus de la base de données PASTAT qui rassemble les brevets de 81 offices nationaux de dépôt. Les données que nous exploitons couvrent plus précisément l'ensemble

des brevets déposés entre 1980 et 2010 dans 17 classes technologiques délimitées rigoureusement: les énergies renouvelables (solaire, éolien, biomasse, énergie marine, hydraulique, géothermie, combustion des déchets), le nucléaire, des technologies visant à maîtriser la consommation dans différents secteurs (piles à combustible, véhicules électriques et hybrides, ciment, isolation des bâtiments, pompes à chaleur, éclairage basse consommation) et trois techniques de recyclage et de dépollution (destruction du méthane, charbon propre captage et stockage du CO<sub>2</sub>). Ces technologies représentent environ 70 % des perspectives de réduction de gaz à effet de serre d'ici 2030 identifiées par Enkvist et al. (2007) ; sont notamment écartés les domaines agricoles et forestiers. Ce périmètre technologique partiel s'explique par la volonté de ne sélectionner que les données statistiques les plus fiables. Toutefois, la vision proposée est bien représentative des technologies liées au changement climatique dans la mesure où nous étudions des domaines très divers.

Même si les brevets ne fournissent pas une mesure précise de toute l'innovation, ils offrent un bon indicateur de l'activité inventive, autorisant des comparaisons rigoureuses dans le temps, entre pays et entre technologies. Les informations accompagnant les données de brevets permettent en outre d'aller au-delà de la mesure du volume de dépôts. L'extension internationale des brevets nous renseigne sur la capacité des inventeurs français à exporter leurs inventions dans d'autres pays. Les informations sur l'identité des déposants permettent enfin d'identifier les principaux acteurs de l'innovation en France. Compte tenu de son importance en France, nous accordons une attention particulière à la recherche publique dans le domaine des technologies propres, et mobilisons à cet effet des données supplémentaires sur la R&D publique.

Il existe une abondante littérature grise et académique sur le rôle de l'innovation dans la croissance verte et la lutte contre le changement climatique. Cette littérature est toutefois principalement centrée sur les enjeux économiques de la croissance verte (voir Stern, 2007; ou, dans le cas de la France, Jolly et al., 2010) et sur les problèmes de transition qu'elle soulève et le rôle des politiques publiques dans ce contexte (Acemoglu et al., 2011). D'autres travaux s'intéressent aux moyens de favoriser la diffusion des technologies sobres en carbone vers les pays en développement (Maskus et Okediji, 2010). A notre connaissance, la question de la performance des pays en matière d'innovation propre a été peu étudiée jusqu'à présent. Des travaux récents visent à identifier les filières industrielles de l'économie verte (CGDD, 2010) et leur potentiel en matière d'éco-innovation (OCDE, 2010). Trois études s'appuient sur des données de brevets pour mesurer l'innovation et la diffusion de technologies propres à l'échelle internationale (UNEP-EPO-ICTSD, 2010 ; Vossenaar, R. et J. Veena, 2010 ; Dechezleprêtre et al., 2011). Dechezleprêtre et Martin (2010) exploitent des données de brevets à l'échelle de l'économie britannique. Cet article centré sur la France s'inscrit dans la même démarche ; il comprend plusieurs améliorations méthodologiques, dont un élargissement du spectre des technologies couvertes et l'analyse de l'identité des déposants.

L'article est organisé comme suit. La partie 1 discute les avantages et limites de la mesure des brevets comme indicateur de l'innovation et des transferts de technologies. La base de données utilisée est présentée en partie 2. La partie 3 évalue le positionnement de l'innovation française dans les technologies climat. Les transferts internationaux de technologies françaises sont analysés dans la partie 4. La partie 5 met en relation les résultats obtenus avec les dépenses publiques de recherche et développement dans le secteur énergétique. Enfin, nous discutons dans la partie 6 ce que les résultats des parties précédentes peuvent nous enseigner sur la performance future de la France en matière de technologies propres.

# 1 Les brevets comme indicateurs de l'innovation et des transferts de technologies

En simplifiant, il existe deux stratégies pour évaluer quantitativement l'innovation. La première consiste à mesurer l'effort d'innovation par les dépenses de R&D ou le nombre de scientifiques dans un secteur. Pour notre projet qui consiste à comparer la performance d'un grand nombre de pays, ces indicateurs présentent deux inconvénients rédhibitoires. Tout d'abord, les statistiques internationales disponibles mesurent mal la R&D privée effectuée dans les entreprises. Par ailleurs, les données sont à un niveau technologique trop agrégé. A titre d'illustration, il est au mieux possible de connaître l'effort public d'innovation dans l'efficacité énergétique du secteur des transports sans pouvoir par exemple identifier la part des véhicules électriques et hybrides.

La seconde stratégie consiste à mesurer le résultat de l'effort d'innovation en examinant les dépôts de brevets. Les données sont disponibles pour de nombreux pays et elles permettent d'identifier des technologies particulières grâce à l'existence d'une nomenclature très fine. Il s'agit de la méthode retenue dans cette étude.

Afin de mieux comprendre la façon dont nous utilisons cet indicateur, il est nécessaire de rappeler brièvement le fonctionnement du système des brevets. Au départ, un inventeur d'un pays A découvre une nouvelle technologie. Il décide ensuite de protéger, ou non, cette technologie dans un certain nombre de pays. Un brevet lui confère le droit d'exploiter commercialement son invention dans le pays de dépôt pendant une période donnée (généralement une vingtaine d'années). Aussi un dépôt dans un pays B indique que l'inventeur projette d'exploiter sa technologie dans le pays B, et donc de la transférer dans le pays B. L'ensemble des brevets protégeant une même invention dans différents pays est appelé une famille de brevets.

Dans cette étude, nous utilisons le nombre de familles de brevets comme indicateur du nombre d'inventions<sup>4</sup> et le nombre de brevets déposés dans un pays B par les inventeurs localisés dans un pays A comme indicateur du volume de transferts de technologies entre A et B.

Ces indicateurs sont imparfaits pour plusieurs raisons bien cernées dans la littérature. En premier lieu, le brevet n'est pas le seul moyen de protéger une innovation. De nombreuses entreprises préfèrent le secret industriel, en particulier car le brevet impose la divulgation publique d'informations sur la technologie susceptibles d'être exploitées par les concurrents. Cela peut introduire des biais statistiques car l'utilisation des brevets (la « propension à breveter ») diffère d'un secteur à l'autre. Dans notre étude, nous traitons ce problème en nous interdisant d'additionner les brevets entre différentes classes technologiques ou encore d'un pays à l'autre.

Une autre limite tient au fait que, si le brevet garantit le droit exclusif d'utiliser une technologie dans un pays, rien n'oblige le détenteur à le faire. Si les coûts de dépôt des brevets étaient nuls, les inventeurs déposeraient des brevets dans de nombreux pays sans projet sérieux d'y transférer la technologie. Telle n'est pas la réalité. Un dépôt entraîne des

---

<sup>4</sup> Compter le nombre de familles de brevets évite de comptabiliser plusieurs fois une invention si celle-ci a été brevetée dans plusieurs pays par le même inventeur.

frais administratifs de dépôt et de renouvellement<sup>5</sup>. De plus, il implique la publication du brevet dans la langue locale, ce qui augmente les risques d'imitation. Au final, un inventeur ne déposera un brevet dans un pays que si ses intentions d'y exploiter la technologie sont réelles.

Enfin, la valeur individuelle associée à chaque brevet peut fortement varier. Comme beaucoup de brevets n'ont qu'une faible valeur, le nombre total de brevets relatifs à une technologie n'est pas entièrement représentatif de la valeur des innovations réalisées dans cette technologie. Pour se débarrasser des brevets de très faible valeur, nous avons décidé de retenir uniquement ceux qui ont été déposés dans au moins deux pays différents. Il s'agit à l'heure actuelle de la méthode de référence pour éliminer les brevets de faible valeur susceptibles de polluer les analyses statistiques (Dechezleprêtre et Martin, 2010). En effet, les études sur les brevets ont établi depuis longtemps l'existence d'une corrélation positive entre taux d'exportation et valeur unitaire des brevets. La mise en œuvre de cette méthode fait chuter le nombre de brevets chinois et japonais respectivement de 90% et 80%, tandis que la baisse observée pour les brevets européens ne dépasse pas 40%. Cela s'explique par le fait qu'au Japon, il est courant de déposer au sein du pays des brevets qui ne seront jamais examinés. En Chine, même si le nombre de brevets déposés localement a récemment explosé, la valeur de ces brevets est remise en question par de nombreux experts (de la Tour, Glachant et Ménérier, 2011).

## 2 La base de données PASTAT

Au cours des dernières années, l'Office Européen des Brevets (OEB) en collaboration avec l'OCDE a construit la base de données mondiale PASTAT regroupant plus de 70 millions de brevets déposés dans 81 offices de brevets nationaux et internationaux.

Nous avons extrait les données de brevets de 1980 à 2008 pour 17 classes de technologies. Les classes sont présentées dans le Tableau 1. Nous couvrons les énergies renouvelables, le nucléaire, des technologies permettant de maîtriser la consommation dans différents secteurs, ainsi que trois techniques de recyclage et de dépollution. Les brevets associés à chacune des classes sont identifiés au moyen de leur classification IPC (cette nomenclature comporte environ 70 000 subdivisions).

Pour corriger les biais dans les comparaisons entre pays, nous avons développé un système de pondération qui exploite le fait que, dans PATSTAT, de nombreuses technologies sont protégées dans plusieurs pays. Prenons l'exemple d'une même invention protégée dans deux pays A et B. PATSTAT nous indique le nombre de brevets la protégeant dans le pays A et le nombre de brevets la protégeant dans le pays B. En utilisant cette information, nous avons construit un système d'équivalence qui indique par exemple qu'une innovation protégée à l'Office Européen des Brevets par un brevet le sera en moyenne par 1,4 brevets au Japon<sup>6</sup>. Cela est dû au fait que le périmètre technologique moyen d'un brevet déposé au Japon est moins large qu'à l'OEB.

---

<sup>5</sup> Pour un brevet déposé à l'Office Européen, le coût de dépôt est estimé à 30 000 euros (Roland Berger).

<sup>6</sup> On trouvera plus d'informations sur cette méthode et ses limites dans l'étude internationale de Dechezleprêtre et al. (2011).

Enfin, nous avons fait le choix de n'utiliser que les brevets antérieurs à 2008 pour des raisons de fiabilité statistique. PATSTAT collecte les données auprès des offices nationaux. Ce processus est long et empêche l'utilisation des données les plus récentes.

Tableau 1 : Description des aspects couverts par les 17 technologies climat

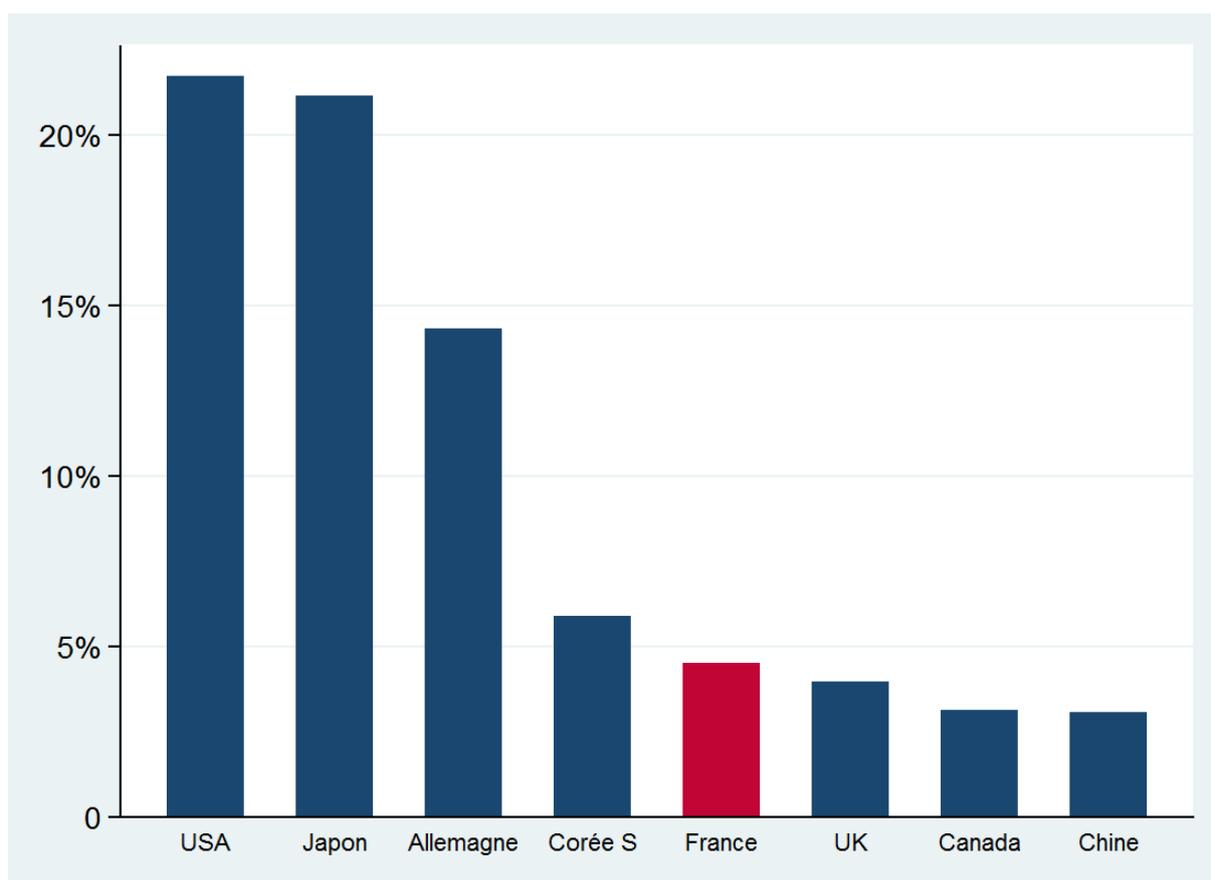
Technologies	Description des aspects couverts
<b>Biomasse</b>	Source d'énergie issue de matière organique (animale ou végétale) ; moteur fonctionnant avec de tels combustibles.
<b>Charbon propre</b>	Ensemble des techniques utilisées pour réduire l'impact environnemental induit par la combustion du charbon : lavage chimique des impuretés contenues dans le charbon ; gazéification ; traitement à la vapeur pour éliminer le dioxyde de soufre.
<b>Chauffage</b>	Pompe à chaleur ; système de chauffage central utilisant des pompes à chaleur ; processus de récupération d'énergie dans les systèmes d'air conditionné.
<b>Ciment</b>	Ciments de pouzzolanes naturels ; ciments contenant des scories ; ciments produits à partir de minerai de fer, de schistes bitumineux, de résidus ou de déchets ; ciments de sulfate de calcium.
<b>CSC</b>	Outils de captage et stockage du dioxyde de carbone.
<b>Déchets</b>	Combustible solide provenant de déchets ; récupération de la chaleur issue de l'incinération des déchets ; production d'énergie à partir des déchets ou des gaz produits ; récupération de la chaleur des gaz émis.
<b>Eclairage</b>	Lampe fluorescente compacte ; source de lumière électroluminescente (LED).
<b>Energie marine</b>	Energie marémotrice ; hydroliennes récupérant la cinétique des courants marins.
<b>Eolien</b>	Rotor ; outil de contrôle des rotors.
<b>Géothermie</b>	Utilisation de la chaleur géothermique ; système produisant de l'énergie mécanique à partir d'énergie géothermique.
<b>Hydraulique</b>	Barrages ; turbine hydraulique ; unité sous-marine incluant des générateurs électriques ; système de contrôle de turbine hydraulique.
<b>Isolation</b>	Éléments ou matériaux utilisés pour l'isolation thermique des bâtiments ; double vitrage.
<b>Méthane</b>	Équipement de traitement anaérobie des boues ; traitement des déchets liquides et des eaux usées ; processus de digestion anaérobie ; système permettant la collecte de gaz de fermentation.
<b>Nucléaire</b>	Réacteur nucléaire ; système de pilotage de réaction nucléaire ; appareil de mesure de radiation.
<b>Pile combustible</b>	Utilisation de pile à combustible à l'hydrogène ou au méthanol.
<b>Solaire</b>	<u>Photovoltaïque</u> : conversion de la lumière en énergie électrique ; panneaux solaires. <u>Thermique</u> : transformation du rayonnement en énergie thermique pour le chauffage ou la climatisation. <u>Thermodynamique</u> : système de concentration optique des rayons du soleil ; fluide caloporteur.
<b>VEH</b>	Systèmes de propulsion de véhicules électriques ou hybrides ; éléments de montage de batteries ; circuits électriques pour véhicules électriques et hybrides.

### 3 L'innovation française dans les technologies climat

#### 3.1 Classement mondial

Quelle est la performance française récente en matière d'innovation ? En volume, l'innovation française représente en moyenne 4,5% des inventions brevetées dans le monde sur la période 2003-2008<sup>7</sup> dans les 17 technologies, ce qui place la France au 5<sup>ème</sup> rang mondial (Graphique 1). C'est légèrement plus que la part du pays dans le PIB mondial<sup>8</sup> puisque la France arrive en 8<sup>ème</sup> position selon ce critère avec 3,0% du PIB mondial en moyenne sur la même période. Par ailleurs, la France est loin derrière les trois pays leaders : les Etats-Unis, le Japon et l'Allemagne. Elle est également devancée par un pays émergent : la Corée du Sud.

*Graphique 1 : Classement mondial des huit premiers pays innovateurs dans les 17 technologies climat (en % des inventions climat brevetées dans le monde entre 2003 et 2008)*



<sup>7</sup> Les variations annuelles sont parfois importantes. Pour remédier à ce problème, nous effectuons des moyennes sur la période 2003-2008.

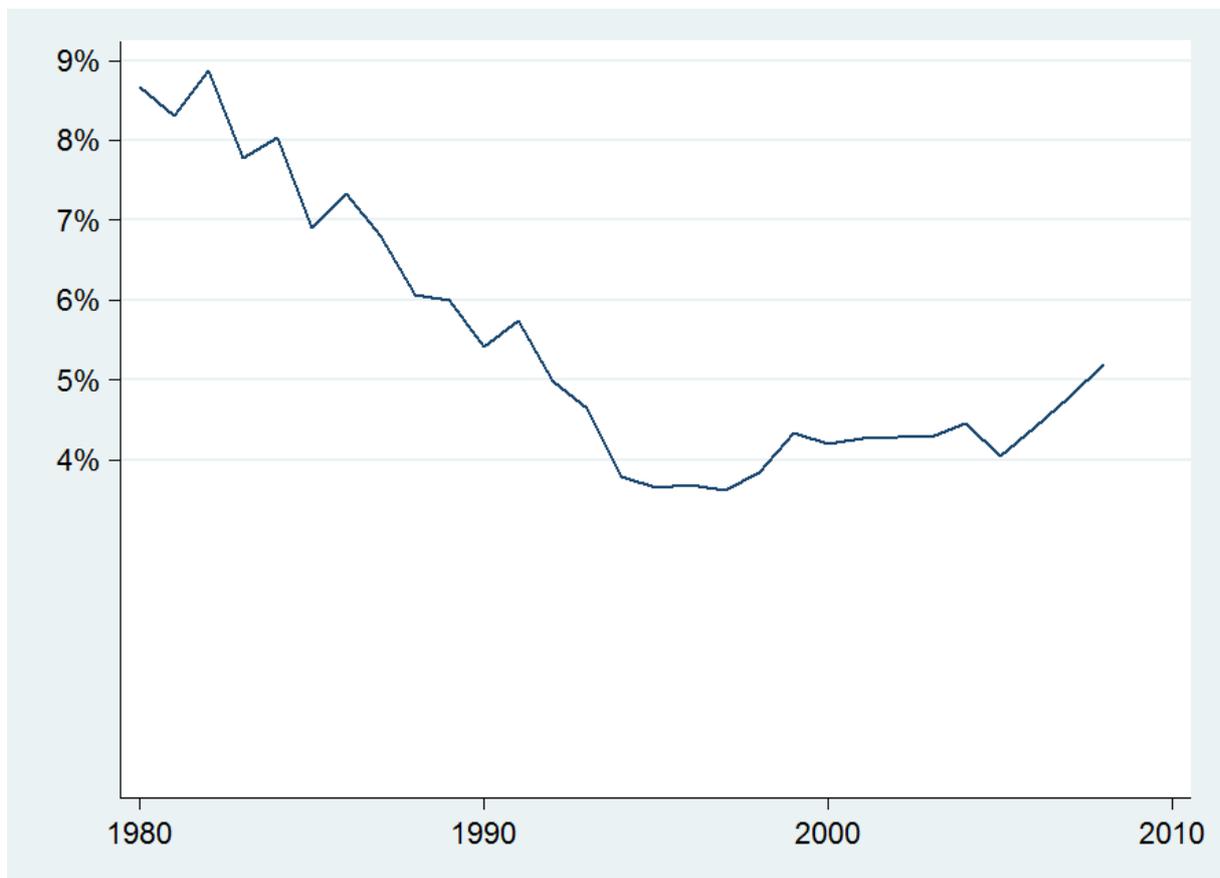
<sup>8</sup> Dans tout l'étude nous utilisons le PIB PPA (Parité de Pouvoir d'Achat).

### 3.2 Evolution de l'innovation en France et dans le monde

Le Graphique 2 illustre l'évolution temporelle de la part relative des inventions climat brevetées par la France dans l'ensemble des brevets mondiaux relatifs à l'innovation climat. On observe une dynamique décroissante qui s'inverse peu avant les années 2000. Alors qu'à partir de 1980, le poids de la France dans les 17 technologies étudiées n'a cessé de diminuer pendant les deux décennies suivantes jusqu'à atteindre un point bas de 3,6% en 1997, sa part de marché a progressé de 44% entre 1998 et 2008, pour atteindre 5,2% en 2008. Elle est pourtant loin des 8,7% de 1980.

Remarquons que 1997 marque, avec la signature du Protocole de Kyoto, le lancement de politiques de lutte contre le réchauffement climatique dans certains pays, exigeant ainsi un effort général de recherche et d'innovation, donc une croissance du nombre d'inventions brevetées.

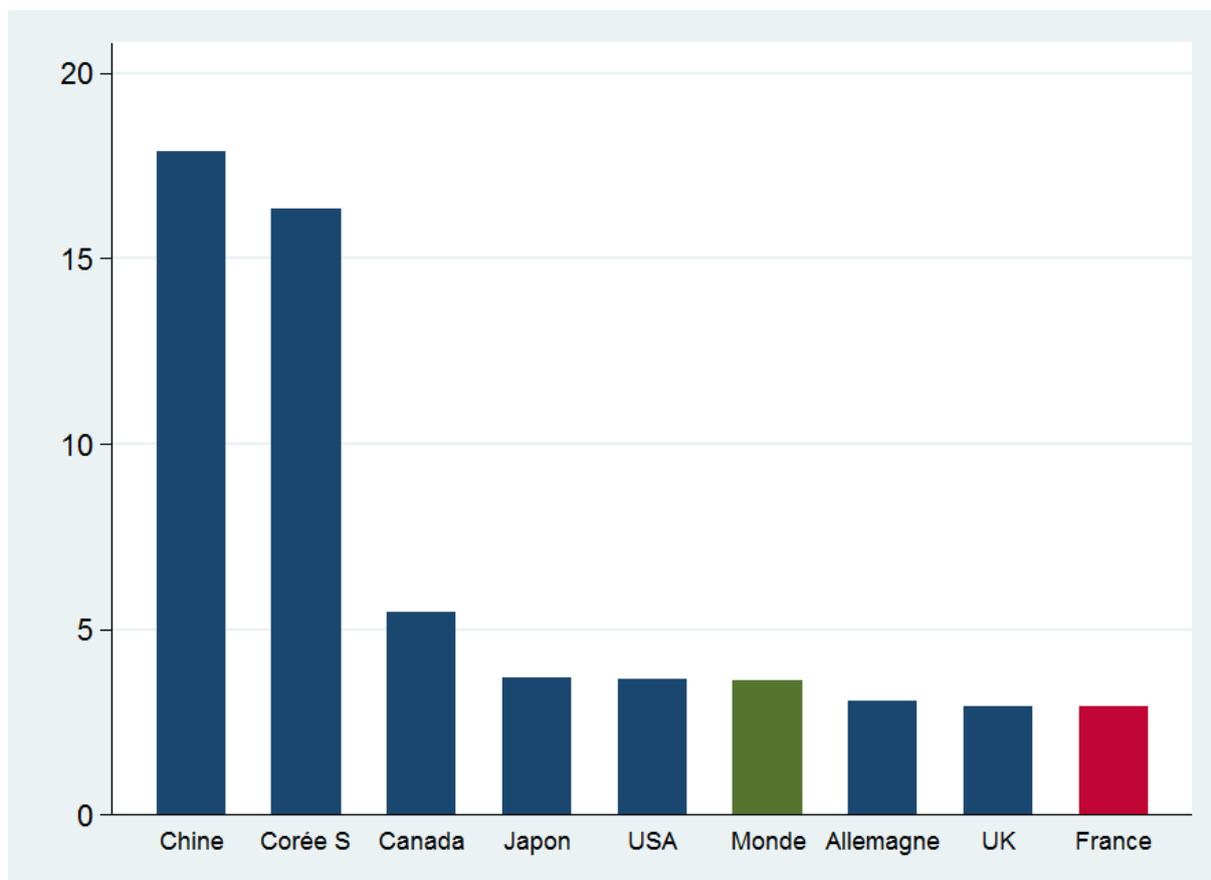
*Graphique 2 : Comparaison des évolutions de la contribution française à l'innovation mondiale dans les 17 technologies climat (en % des inventions climat brevetées dans le monde entre 1980 et 2008)*



Sur la longue période, cette diminution de la contribution française à l'innovation mondiale s'explique d'abord par l'essor de deux pays asiatiques émergents, la Chine et la Corée du Sud. Ce phénomène est illustré dans le Graphique 3, qui compare la croissance en volume des inventions dans les différents pays. La moyenne mondiale du nombre d'inventions brevetées

annuellement dans le monde a été multipliée par 3,6 entre les périodes 1980-2003 et 2003-2008 (Annexe 1.3). Si les Etats-Unis et le Japon ont suivi exactement la même évolution, l'augmentation est moindre chez les pays européens (le facteur multiplicatif reste inférieur à 3). Au contraire, le volume des brevets déposés annuellement par les pays asiatiques émergents, relativement faible entre 1980 et 2003, a considérablement progressé depuis (multiplication par 18 pour la Chine et 16 pour la Corée du Sud). Les pays européens perdent donc des parts de marché au bénéfice des pays asiatiques, tandis que les Etats-Unis et le Japon maintiennent leur position en tête du classement.

*Graphique 3 : Croissance en volume des inventions brevetées dans les 17 technologies climat (rapport du nombre moyen de brevets déposés par année sur les périodes 2003-2008 et 1980-2003)*

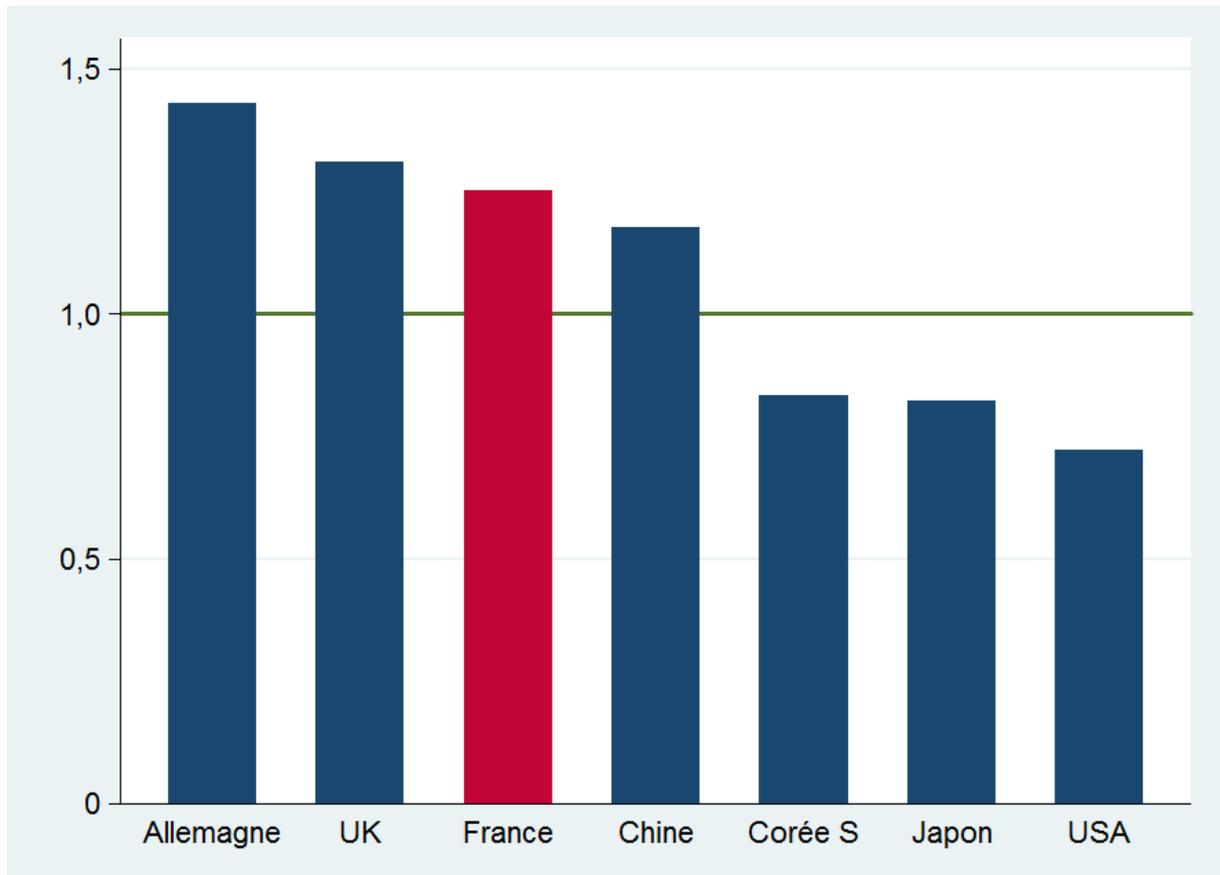


### 3.3 Spécialisation dans les technologies climat

La contribution française de 4,5% aux inventions climat brevetées au niveau mondial sur la période 2003-2008 est supérieure à sa part dans l'innovation mondiale toutes technologies (3,6%), ce qui traduit une légère spécialisation dans les technologies climat. Le Graphique 4 présente les indices de spécialisation des pays leaders, calculés en calculant pour chaque pays le rapport de la part de ses inventions climat brevetées sur la part représentée par ses brevets toutes technologies confondues (chiffres disponibles en Annexe 1.4). Cela nous permet d'éviter les biais liés aux variations de volume des brevets spécifiques à chaque technologie. Un indice supérieur à 1 indique une spécialisation dans les technologies climat.

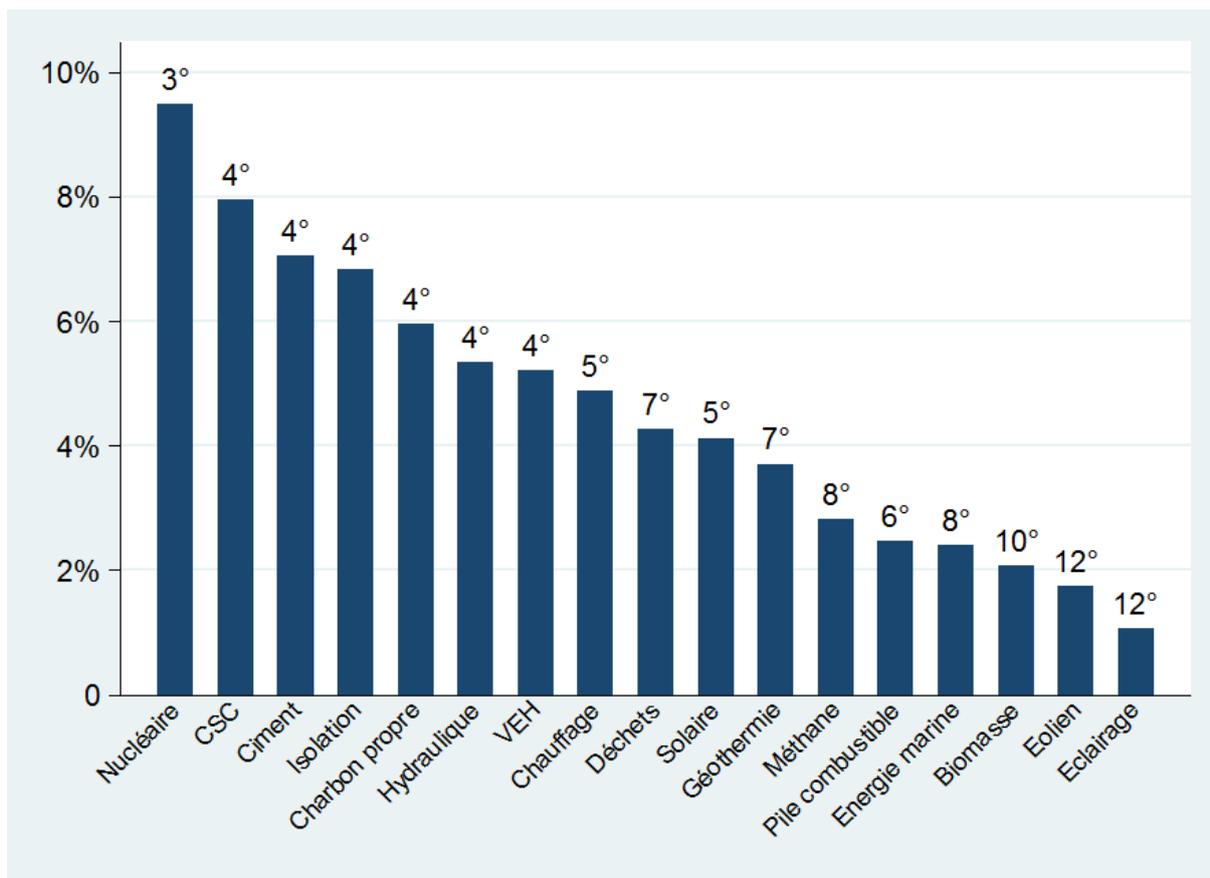
Alors que les Etats-Unis et le Japon occupent la tête du classement sur l'innovation dans les technologies climat, ils ne se sont pas pour autant spécialisés dans ces technologies de lutte contre l'effet de serre. Ils sont même en-dessous de la moyenne mondiale. A l'opposé, les pays européens se distinguent par une forte spécialisation.

*Graphique 4 : Degré de spécialisation dans l'innovation climat entre 2003 et 2008*



Au-delà de cette lecture agrégée, le Graphique 5 décrit de manière plus fine les parts de marché françaises par technologie. Sans surprise, le nucléaire est le domaine où la France est la plus performante, même si elle n'arrive qu'au troisième rang mondial derrière les Etats-Unis et le Japon. Par ailleurs, le captage et le stockage du CO<sub>2</sub>, le ciment, l'isolation, le charbon propre, l'hydraulique et les véhicules électriques et hybrides font partie des technologies dans lesquelles la France est un innovateur de premier plan (7 à 8% des inventions brevetées dans le monde).

*Graphique 5 : Contribution de la France à l'innovation mondiale par classe technologique (en % des inventions brevetées dans le monde entre 2003 et 2008)*



On notera que ces domaines correspondent à des secteurs dans lesquels la France a de grands groupes industriels ou des organismes publics de recherche scientifique performants. Le Tableau 2 présente les entreprises privées et établissements publics classés parmi les dix premiers déposants à l'Office Européen des Brevets dans au moins une des 17 technologies climat considérées<sup>9</sup>. On remarque notamment qu'en première position se distinguent Areva dans le nucléaire, Alstom dans le CSC et Saint-Gobain dans l'isolation.

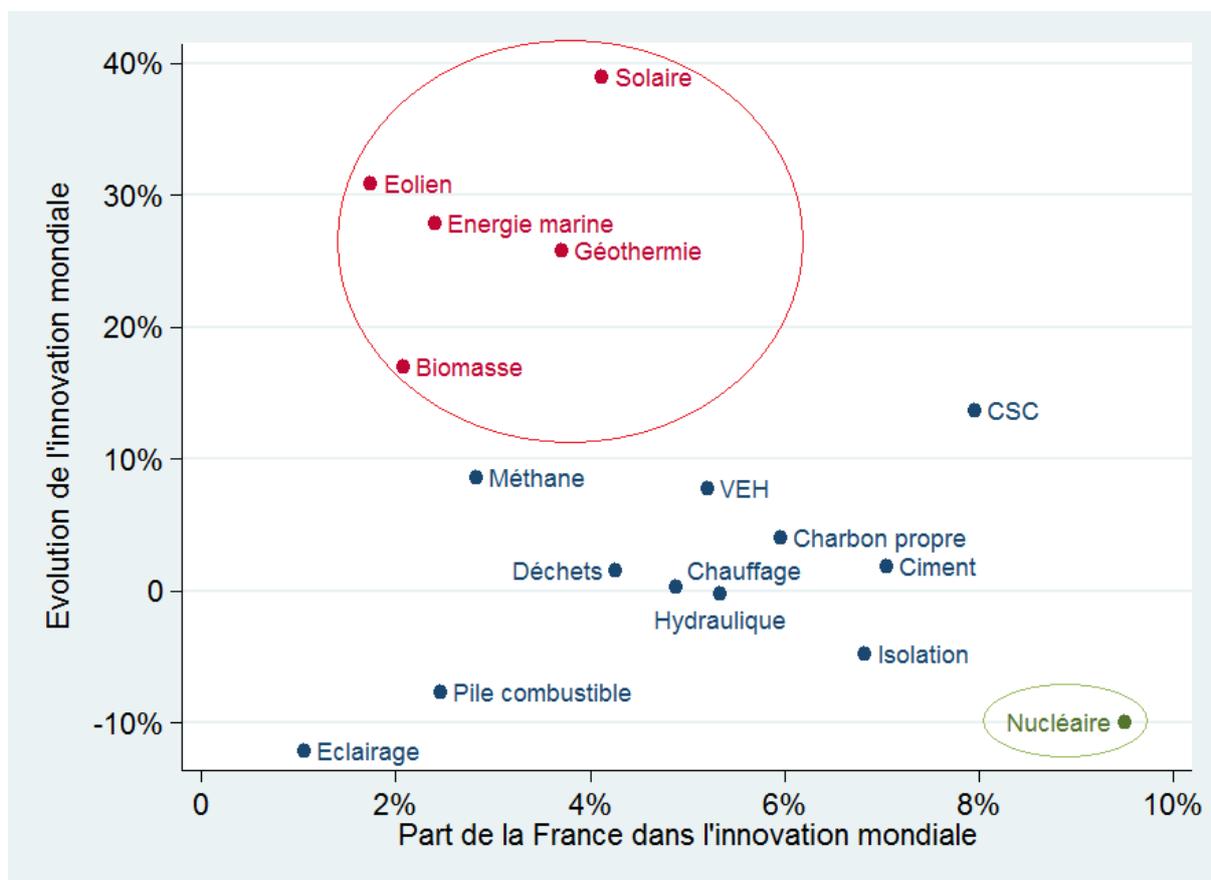
Tableau 2 : Liste des entreprises privées et organismes publics français les plus performants dans l'innovation climat

Entreprise privée ou organisme public	Technologie climat	Classement OEB
<b>Air Liquide</b>	Charbon propre	4
<b>Alstom</b>	CSC	1
	Hydraulique	5
<b>Areva</b>	Nucléaire	1
<b>Commissariat à l'Energie Atomique</b>	Nucléaire	5
<b>Compagnie Générale des Matières Nucléaires</b>	Nucléaire	8
<b>Lafarge</b>	Ciment	4
<b>PSA Peugeot Citroën</b>	VEH	9
<b>Renault</b>	VEH	6
<b>Saint-Gobain</b>	Isolation	1
	Solaire	8
<b>Schlumberger</b>	Charbon propre	7

<sup>9</sup> La liste complète des principaux déposants par technologie est présentée en Annexe 2.

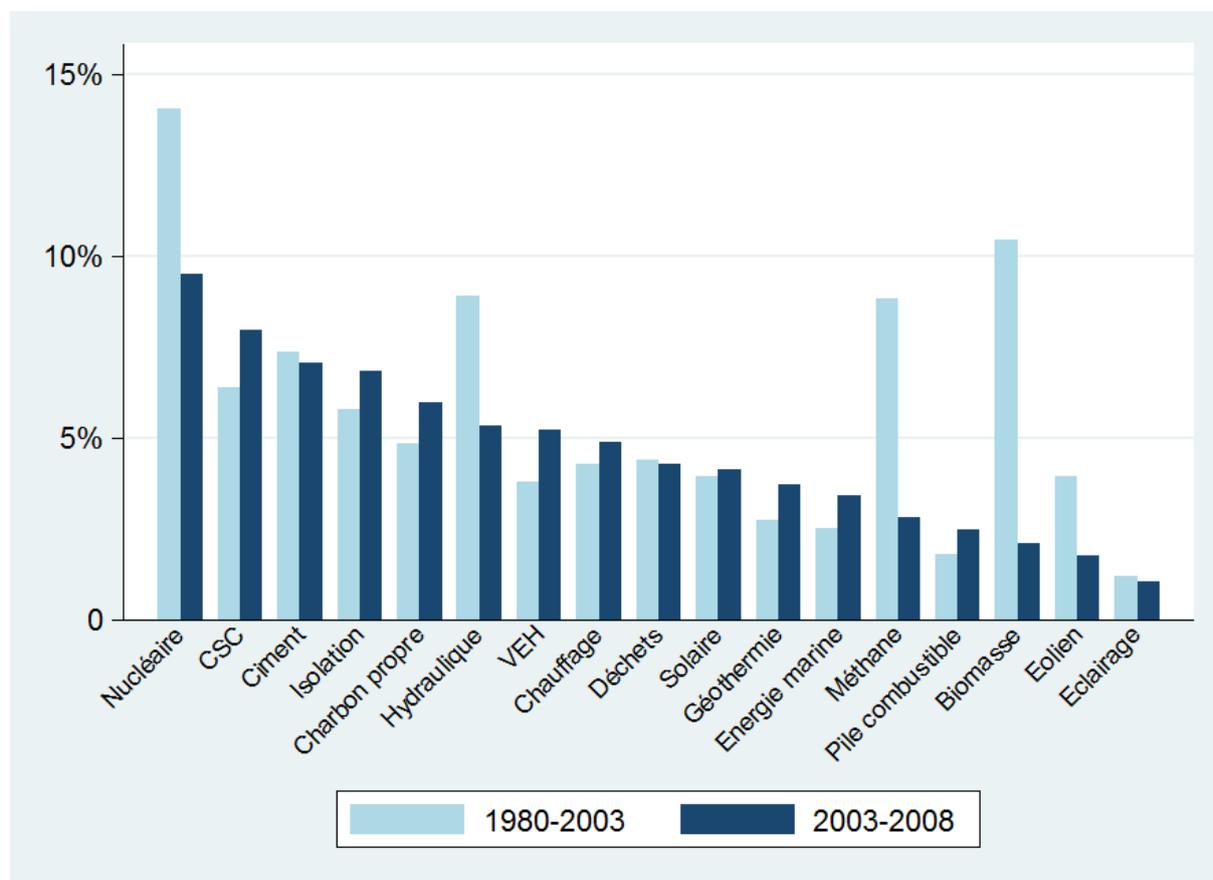
Le positionnement de la France dans l'innovation par technologie peut également être présenté en mettant en relation la croissance annuelle de l'innovation mondiale dans la technologie considérée entre 2003 et 2008, d'une part, avec la contribution de l'innovation française dans cette même technologie sur la même période, d'autre part. Le Graphique 6 montre que la France est peu présente dans les énergies renouvelables, qui se sont pourtant rapidement développées ces dernières années à l'échelle mondiale (solaire, éolien, géothermie, biomasse et énergie marine), alors que la performance française dans le nucléaire concerne un secteur plus mature dans lequel l'innovation mondiale diminue.

Graphique 6 : Positionnement de l'innovation française par technologie par rapport à l'évolution mondiale entre 2003 et 2008



Enfin, l'analyse par technologie permet de repérer les secteurs qui ont fait perdre à la France ses parts de marché par rapport à la période 1980-2003 (Graphique 7). Il s'agit du nucléaire, de l'hydraulique, du méthane, de la biomasse, et dans une moindre mesure de l'éolien, qui ont vu leur part relative diminuer de manière significative, notamment au profit de la Chine et de la Corée du Sud, mais aussi de l'Allemagne et du Canada en ce qui concerne le renouvelable. Les autres technologies climat ne présentent que de faibles variations.

Graphique 7 : Evolution de l'innovation française relative dans les 17 technologies climat (en % des inventions brevetées dans le monde sur les périodes 1980-2003 et 2003-2008)

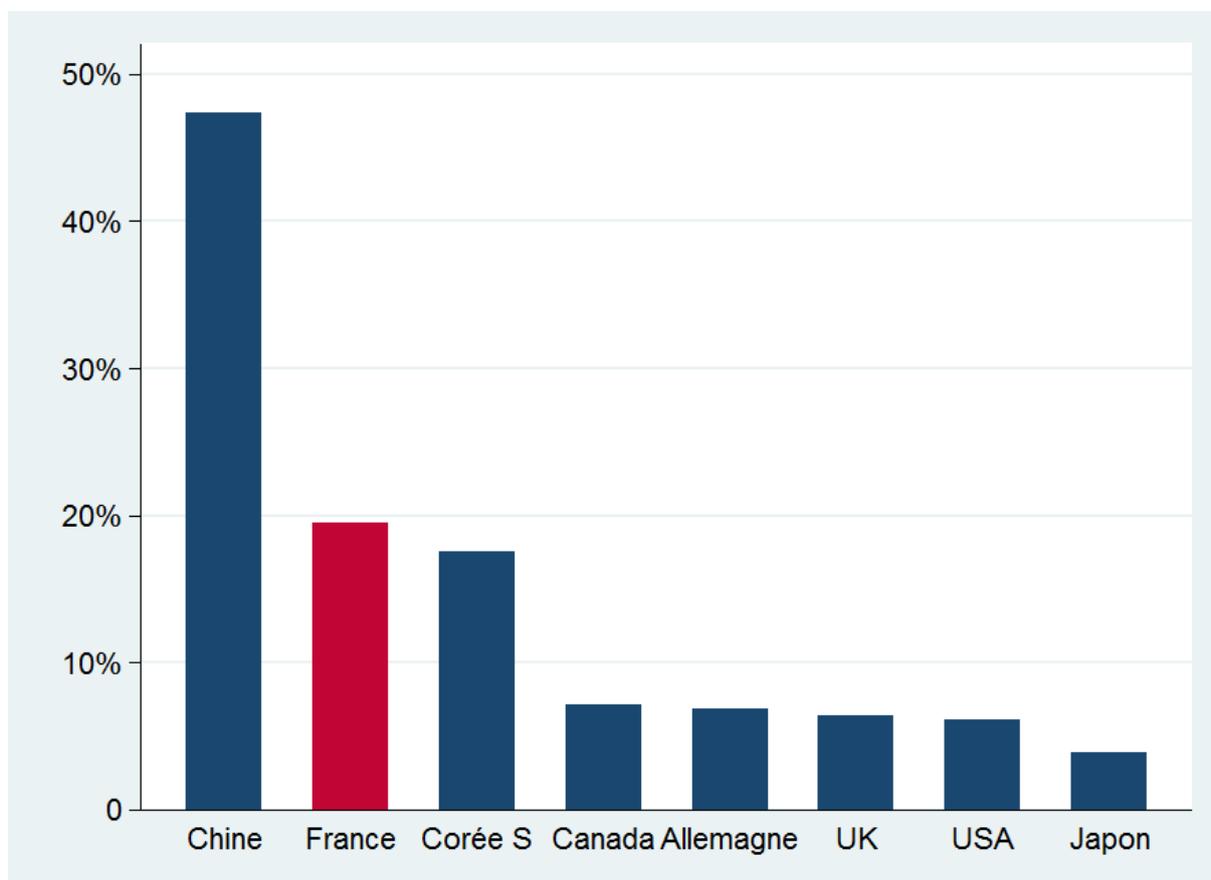


### 3.4 La part du secteur public

Quel rôle joue le secteur public dans l'innovation climat ? Le Graphique 8 montre que la part des brevets déposés par des inventeurs publics est faible comparée à celle des inventeurs privés. Mais le secteur public français est particulièrement actif avec 20% du total des brevets déposés, soit au moins trois fois plus que dans les autres pays développés. L'innovation climat en France est ainsi fortement portée par le secteur public, tandis que les autres pays s'appuient davantage sur la recherche privée. On remarque sans surprise que la Chine occupe une position bien spécifique, avec un gouvernement qui contrôle près de la moitié des dépôts de brevets.

Les trois déposants publics majeurs en France sont le CNRS, le Commissariat à l'Energie Atomique et l'Institut Français du Pétrole. Chaque organisme est aussi présent dans plusieurs technologies climat à la fois : charbon propre, piles à combustible, énergie marine et nucléaire pour le CNRS ; piles à combustible, nucléaire et solaire pour le Commissariat à l'Energie Atomique ; biomasse, charbon propre, CSC, destruction du méthane et combustion des déchets pour l'Institut Français du Pétrole (Annexe 2).

Graphique 8 : Part occupée par le secteur public dans l'innovation climat (en % des inventions brevetées dans le monde pour chaque pays entre 2003 et 2008)

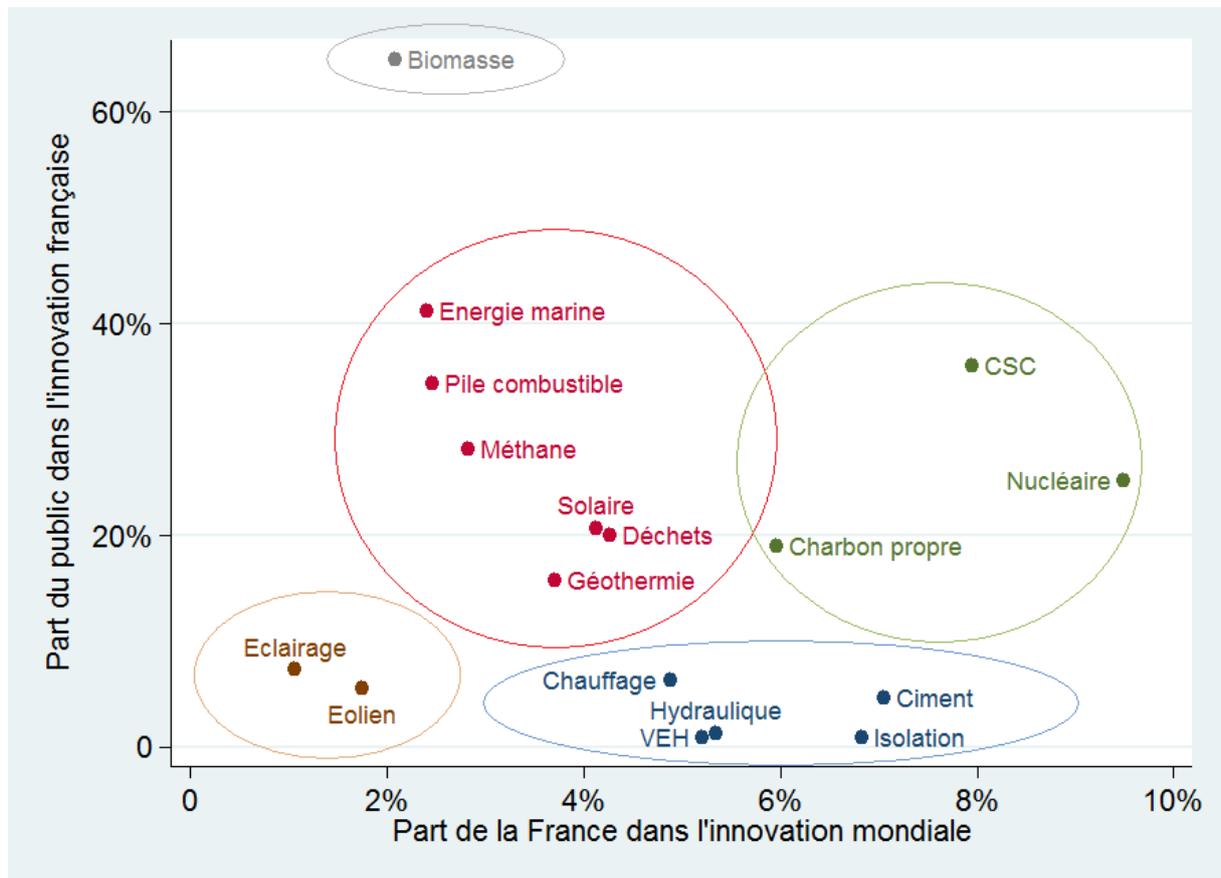


Le Graphique 9 positionne chacune des 17 technologies selon la part que la France occupe dans l'innovation mondiale et la part que représentent les brevets publics français dans le total des inventions brevetées entre 2003 et 2008. Le secteur public est présent dans trois grands domaines technologies : le renouvelable (mis à part l'éolien), le nucléaire et les techniques de recyclage et de dépollution. La biomasse bénéficie d'un statut particulier, avec 65% des brevets issus du secteur public.

Cependant, la présence importante du secteur public dans les renouvelables ne suffit pas à assurer la performance française sur le plan international. Au contraire, le nucléaire, le CSC et le charbon propre sont des technologies dans lesquelles la France occupe une place importante au niveau mondial, car elles bénéficient en parallèle d'un effort important de la part du secteur privé.

Enfin, on remarque que les technologies dans lesquelles la part du public est faible tandis que le poids de la France dans l'innovation mondiale est important bénéficient tout de même de l'appui important de politiques publiques ne ciblant pas spécifiquement l'innovation : normes dans le bâtiment, primes pour les véhicules propres, etc.

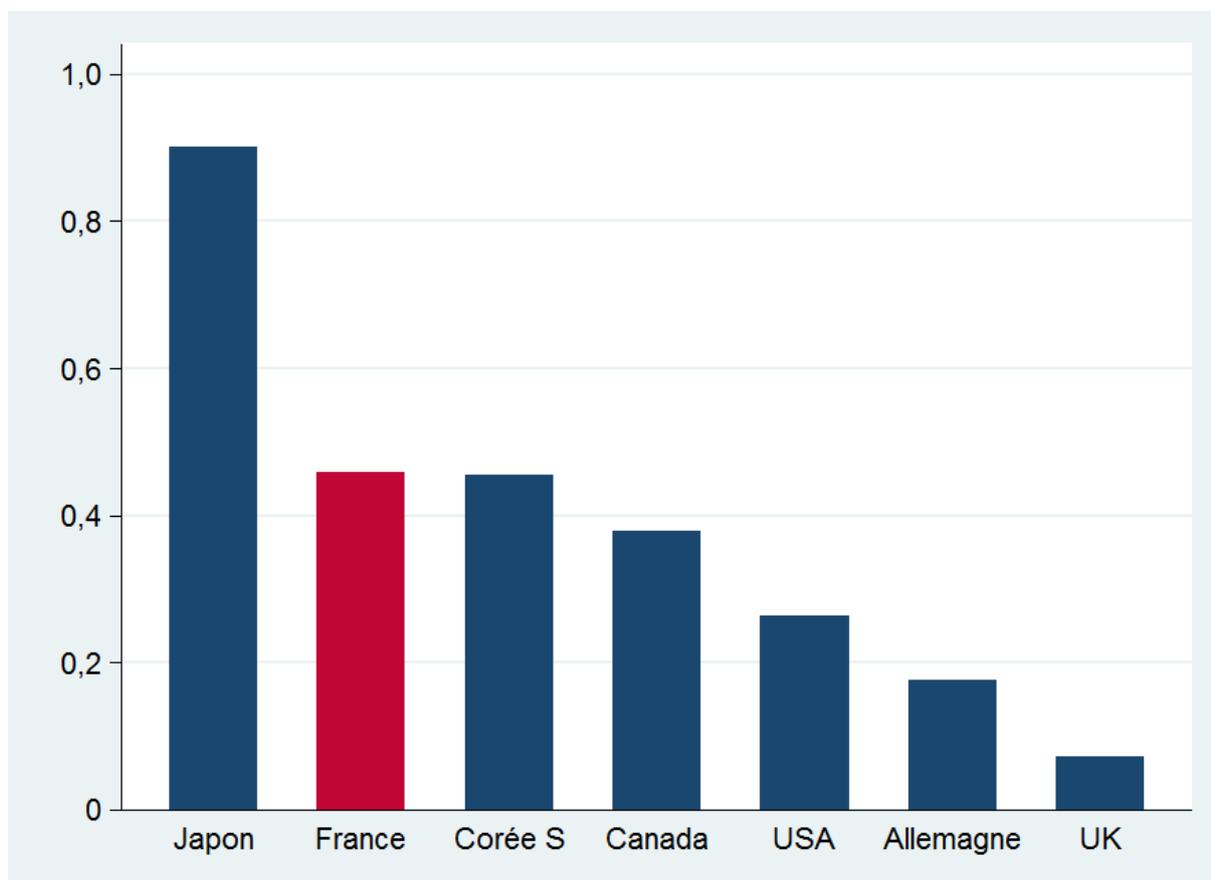
Graphique 9 : Poids du secteur public par technologie et performance française dans l'innovation mondiale entre 2003 et 2008



#### 4 La recherche publique dans le secteur énergétique

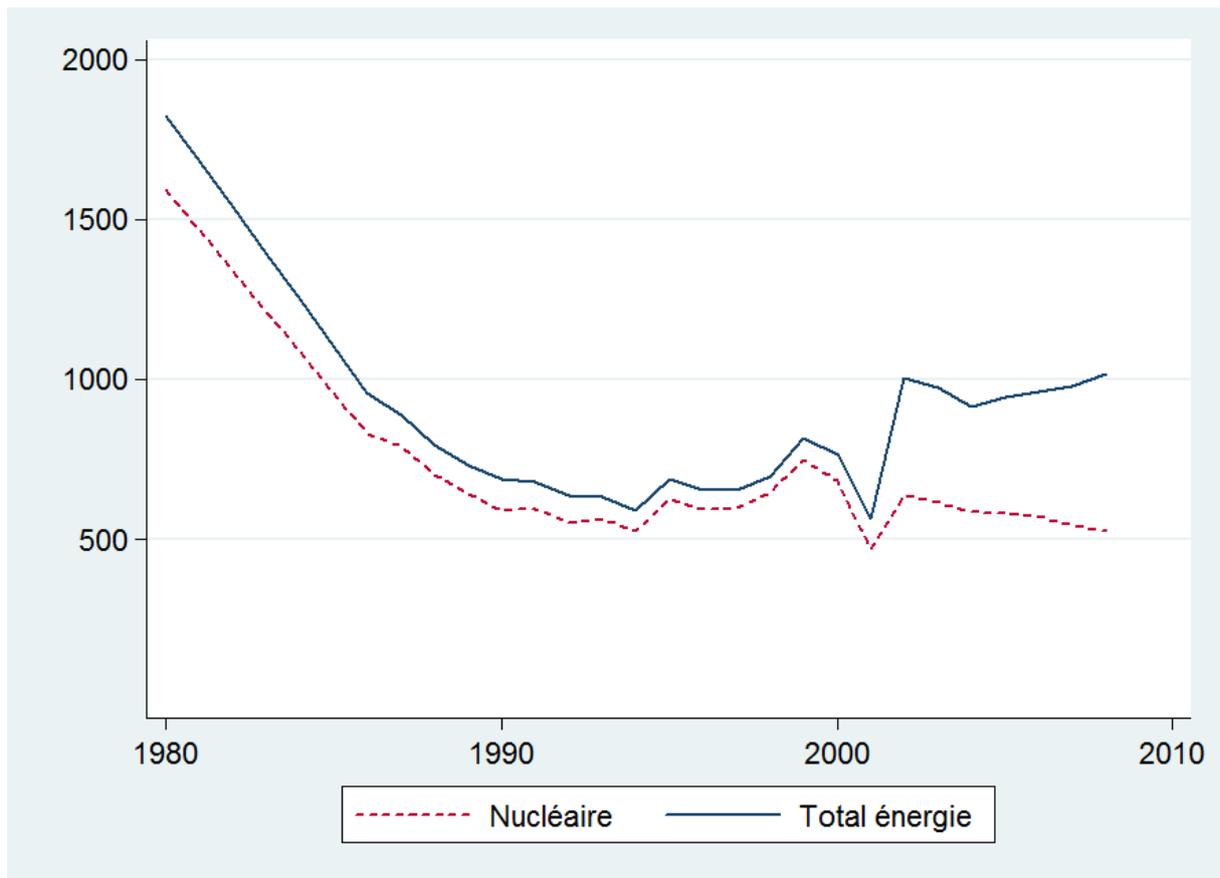
Si les brevets permettent de mesurer le degré d'innovation d'un pays, les dépenses de l'Etat dans la R&D constituent quant à elles un bon indicateur des politiques publiques en vigueur. Le Graphique 12 compare pour chaque pays le rapport entre ses dépenses annuelles publiques consacrées à la R&D dans le secteur énergétique et son PIB entre 2003 et 2008. On observe que les sommes engagées au Japon dominent de loin celles observées dans les autres pays. Suivie par la Corée du Sud, la France arrive en deuxième position et consacre une part importante de son PIB à la R&D publique par comparaison avec les autres pays occidentaux. Le résultat le plus surprenant concerne l'Allemagne, dont les dépenses apparaissent étrangement faibles au vu de la part importante qu'elle occupe dans l'innovation climat mondiale.

Graphique 12 : Dépenses publiques consacrées à la R&D dans le secteur énergétique entre 2003 et 2008 (en % du PIB)

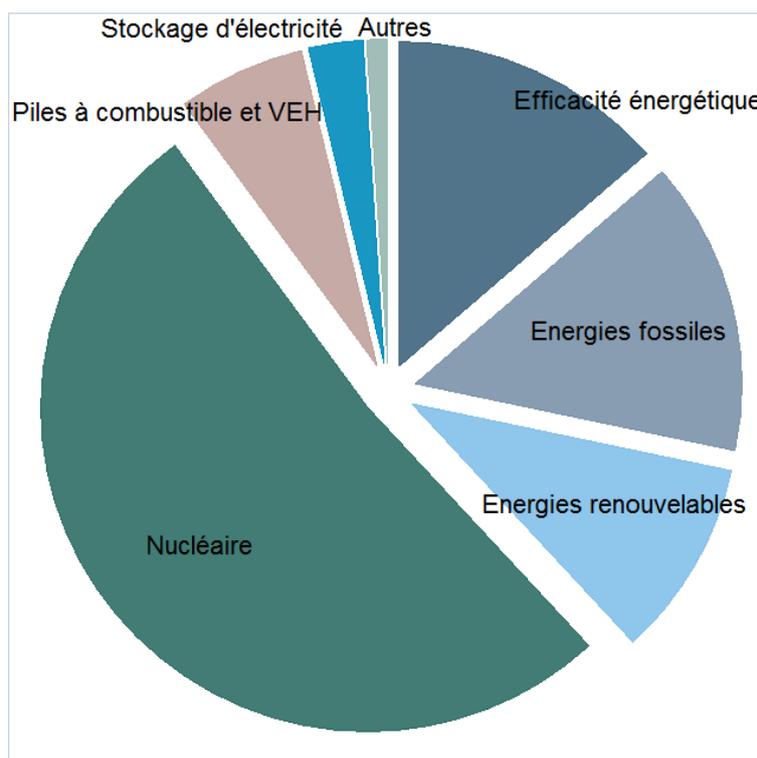


Une analyse plus détaillée permet d'étudier la répartition de ces dépenses entre les différents domaines technologiques (Graphiques 13 et 14). Entre 1980 et le début des années 2000, le nucléaire mobilisait près de 90% du montant annuel alloué à la R&D publique dans le secteur énergétique. La baisse observée pour le total des dépenses correspond en fait à une diminution des investissements dans la recherche sur le nucléaire. A partir des années 2000, les dépenses globales ont de nouveau augmenté et le nucléaire a alors cédé une part non négligeable à d'autres filières comme les énergies fossiles, l'amélioration de l'efficacité énergétique (dans l'industrie, le bâtiment et les transports), les véhicules électriques et hybrides et les piles à combustible, ainsi que les énergies renouvelables. Le secteur des énergies fossiles a beaucoup progressé et mobilise près de 15% du total des dépenses. Le nucléaire reste cependant aujourd'hui le poste de dépense principal du secteur énergétique et monopolise à lui seul plus de la moitié du budget.

Graphique 13 : Comparaison des évolutions des dépenses publiques françaises de R&D dans le secteur énergétique et dans le nucléaire (en millions de dollars 2009) entre 1980 et 2008

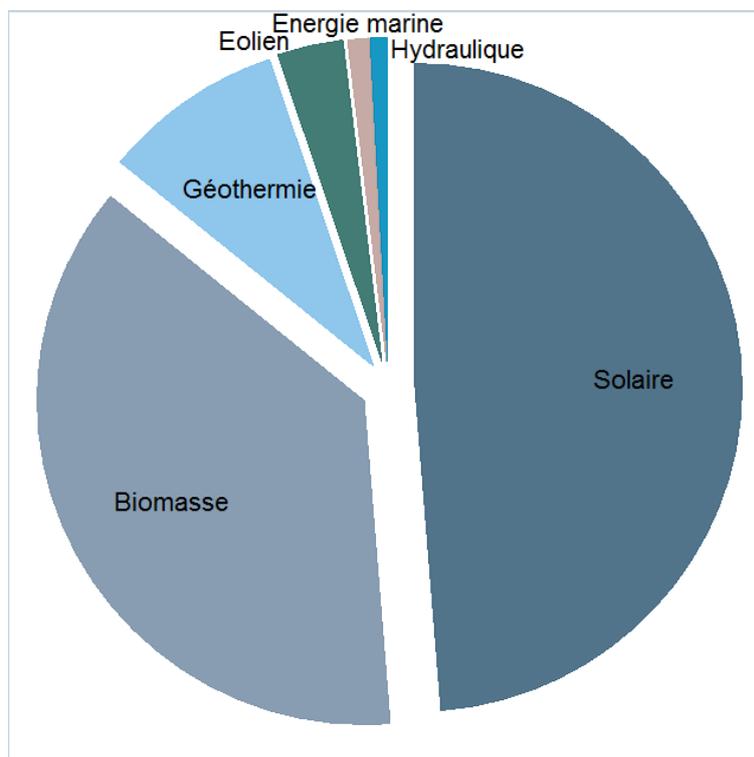


Graphique 14 : Répartition des dépenses publiques françaises de R&D dans les différents domaines du secteur énergétique en 2008



Le Graphique 15 illustre la répartition des dépenses publiques françaises de R&D dans les différentes énergies renouvelables. On remarque que la France est surtout présente dans le solaire (qui occupe plus de 50% du budget alloué au renouvelable) et dans la biomasse. En comparant les périodes 1980-2003 et 2003-2008 (Annexe 1.14), on observe que le solaire et la biomasse ont vu leur budget annuel moyen tripler entre les périodes 1980-2003 et 2003-2008, tandis que l'éolien a vu régresser le sien (ce qui conforte l'analyse du Graphique 7). D'autres énergies (comme l'énergie marine) commencent à émerger, mais les sommes qui leur sont accordées sont encore négligeables au regard des principaux postes de dépenses, et notamment du nucléaire.

*Graphique 15 : Répartition des dépenses publiques françaises de R&D dans le secteur des énergies renouvelables entre 2003 et 2008*

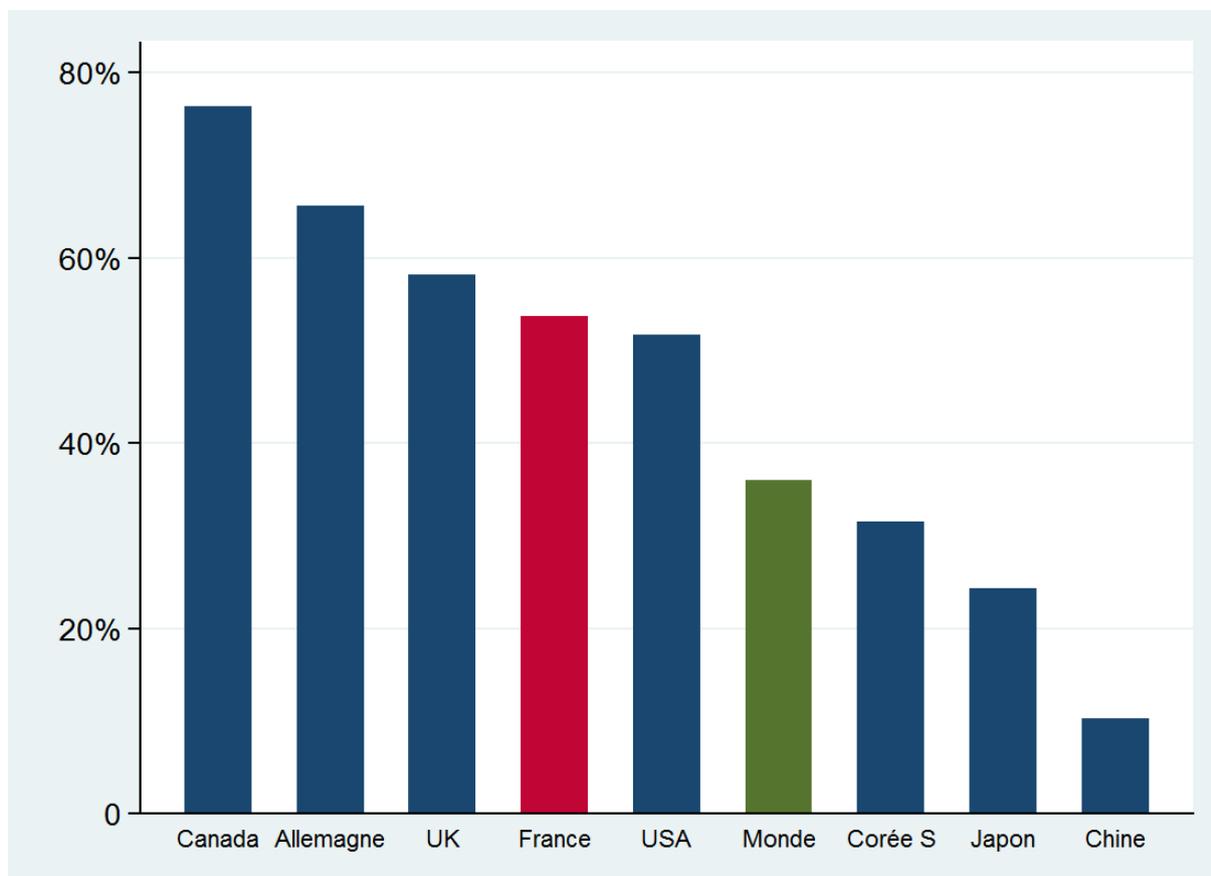


## 5 Les transferts internationaux de technologies

Après avoir décrit la position de la France dans l'innovation mondiale, cette partie évalue sa performance en matière de diffusion internationale des inventions brevetées. Le Graphique 10 compare le taux d'exportation des brevets français, c'est-à-dire le pourcentage des brevets déposés en France par des inventeurs français qui sont ensuite déposés à l'étranger - avec le taux d'exportation des autres pays leaders dans l'innovation climat. Plus de la moitié des brevets français sont exportés. C'est une performance remarquable puisque la moyenne mondiale n'est que de 36%. Ce taux est également très élevé en Allemagne, au Royaume-Uni,

et surtout au Canada, ce qui pourrait s'expliquer par sa proximité avec les Etats-Unis, vers lesquels ce pays exporte une part très importante de ses brevets.

*Graphique 10 : Taux d'exportation des brevets dans les 17 technologies climat sur la période 2003-2008*



Pour affiner l'analyse en France, l'Annexe 1.10 présente les résultats par technologie. Le taux d'exportation varie beaucoup selon la technologie considérée. Pour comparer la performance à l'exportation de la France par rapport à d'autres pays, nous avons construit un indice d'exportation en effectuant le rapport du taux d'exportation de la France sur le taux moyen mondial. Cet indicateur montre que la France dépasse largement la moyenne mondiale dans quasiment toutes les technologies climat.

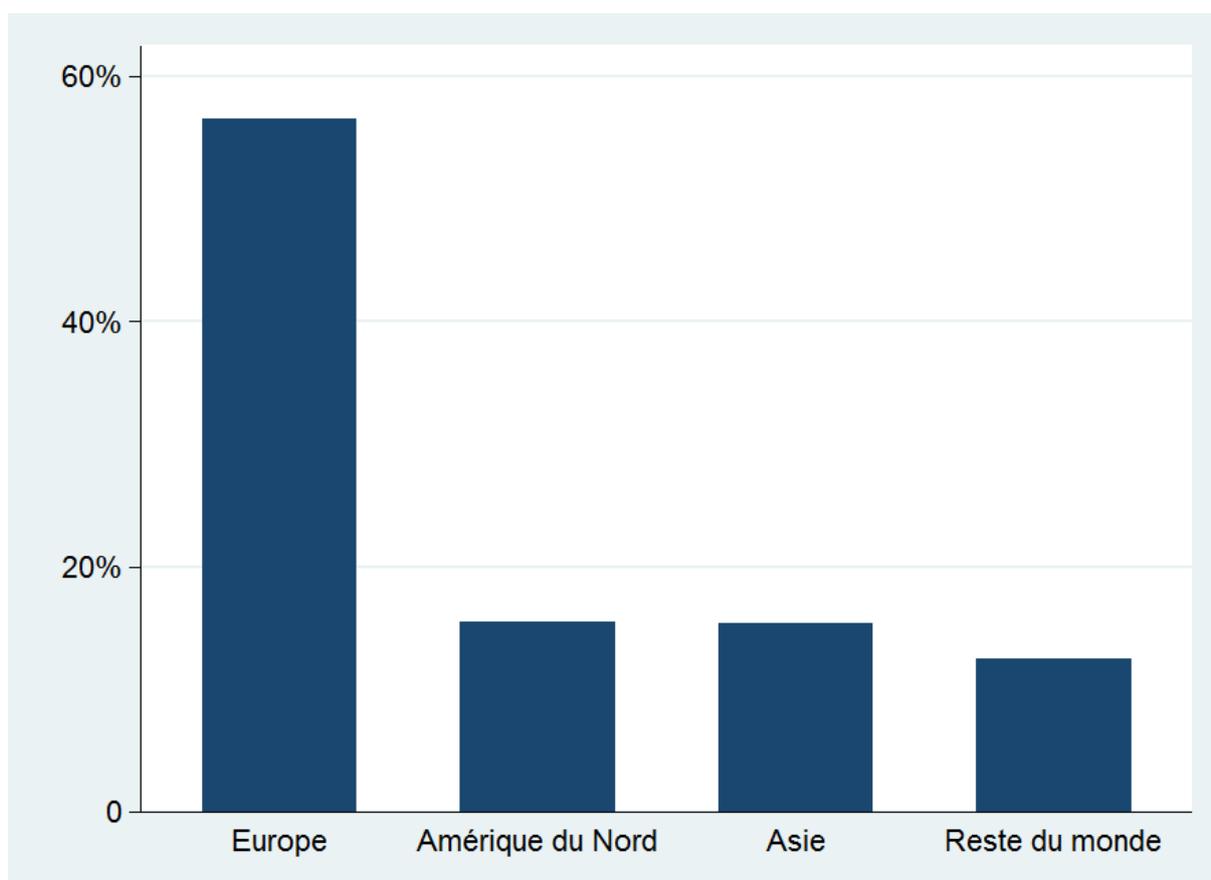
La part des brevets exportés est un premier indicateur, mais il ne nous apprend rien sur l'ampleur de la diffusion des brevets exportés. Pour quantifier cette dimension, nous mesurons l'étendue géographique mondiale d'extension des brevets par la part qu'occupe le PIB des pays destinataires dans le PIB mondial. Cette formule permet de prendre en compte le poids des pays dans l'économie mondiale : une exportation vers les Etats-Unis n'a pas la même valeur économique qu'une exportation vers un pays d'Afrique<sup>10</sup>. Les chiffres présentés

<sup>10</sup> En 2010, le PIB des Etats-Unis s'élève à 15 000 milliards de dollars américains, ce qui représente près de trente fois celui de l'Afrique du Sud, pourtant le pays le plus riche d'Afrique.

en Annexe 1.11 montrent que les brevets français ont une étendue géographique (38%) plus large que la moyenne mondiale (28%) sur la période 2003-2008<sup>11</sup>.

Le Graphique 11 montre que plus de la moitié des brevets exportés par la France restent localisés au sein de l'Union Européenne, tandis que 15% sont émis vers l'Amérique du Nord et 15% vers l'Asie. Plus généralement, on observe que les exportations de brevets sont limitées en grande majorité à une zone géographique restreinte qui correspond généralement à un regroupement de pays liés par des accords économiques ou politiques (Union Européenne, ALENA, ASEAN). La quasi-totalité de l'innovation climat et des transferts de brevets a d'ailleurs lieu au sein de la triade constituée par l'Amérique du Nord, l'Asie et l'Europe.

*Graphique 11 : Zones d'export des inventions françaises (en % des inventions climat brevetées par la France entre 2003 et 2008)*



Cette performance signale trois phénomènes dont l'importance est difficile à hiérarchiser. Primo, une valeur économique des inventions françaises plus élevée que la moyenne, car seuls les brevets de qualité sont exportés. Secundo, un degré d'ouverture plus important de l'économie française. Tertio, l'existence d'une politique communautaire avec l'Office Européen des Brevets qui facilite le dépôt de brevets dans d'autres pays de l'Union. Remarquons que les deux derniers phénomènes concernent également l'Allemagne et le Royaume Uni.

<sup>11</sup> Pour les brevets déposés à l'office européen, on a utilisé le PIB européen.

### 3 Bilan et perspectives

Nous récapitulons dans cette section nos principaux résultats, afin d'établir un diagnostic général de la performance française en matière de technologies propres, et d'en tirer des enseignements pour la période à venir.

L'analyse des données de brevets révèle tout d'abord que la France dispose d'atouts importants. Bien que nettement distancée par les Etats-Unis, le Japon et l'Allemagne, elle se positionne au cinquième rang mondial dans le classement des pays innovants, et au deuxième rang parmi les pays européens. Cette position est liée à une bonne performance dans les secteurs (énergie nucléaire, CSC, ciment, isolation, charbon propre, hydraulique, véhicule électrique et hybride) où la France dispose de champions industriels nationaux (Areva, Air Liquide, Saint Gobain, Total etc), ainsi qu'au poids important de la recherche publique en comparaison aux autres pays de l'OCDE. Le taux très élevé d'innovations françaises brevetées dans d'autres pays montre par ailleurs que les entreprises françaises sont parmi les plus performantes pour valoriser leurs technologies vertes à l'étranger, et tout particulièrement en Europe.

Ces indicateurs positifs dissimulent toutefois une faible croissance de l'innovation verte française au cours des 30 dernières années, face à la forte montée en puissance de pays asiatiques comme la Corée du Sud ou la Chine mais aussi – dans une moindre mesure – à d'autres pays de l'OCDE comme le Canada, le Japon ou les Etats-Unis.

Ce manque de dynamisme est également lié au profil de spécialisation technologique de la France. Celle-ci est en effet bien établie dans des secteurs peu dynamiques, car déjà matures (nucléaire, chauffage, hydraulique, isolation, ciment) ou n'ayant pas encore véritablement décollé (véhicules électrique et hybride). Elle n'a revanche participé que marginalement à la forte croissance de l'innovation dans les énergies renouvelables. La France n'a obtenu une position de *leader* que dans deux secteurs relativement dynamiques : le charbon propre, et le CSC.

Au-delà d'un soutien très important à la filière nucléaire, l'effort de recherche publique a pourtant visé des technologies plus émergentes (renouvelables, CSC et charbon propre), mais avec des résultats contrastés. Ainsi, le poids important de l'innovation publique dans le domaine des énergies renouvelables n'a pas suffi à assurer la performance française sur le plan international, faute de relai dans le secteur privé. En revanche, les efforts combinés de la recherche publique et de grands groupes industriels expliquent le poids important des brevets français dans le charbon propre et le CSC.

Ces atouts et faiblesses sont caractéristiques d'une industrie française structurée autour de champions nationaux sachant s'appuyer sur la recherche publique, et opérant principalement dans des secteurs matures. A contrario, la faible performance française dans les technologies renouvelables témoigne de la difficulté à faire émerger de nouveaux acteurs dans des secteurs plus récents, et ce en dépit d'un effort significatif de recherche publique.

Dans ce contexte, il est probable que l'innovation française dans les technologies propres continue à l'avenir à tenir son rang dans les secteurs où elle dispose d'industriels de premier

plan. Elle pourrait à cet égard bénéficier fortement de la mise en place de politiques environnementales visant à modifier de plus en plus profondément les modes de production et de consommation dans des secteurs traditionnels de l'économie (efficacité énergétique, logement, automobile).

Au regard des décennies passées, le principal défi est en revanche de renforcer la position française dans les secteurs émergents des technologies propres. Les résultats décevants de l'effort de recherche publique dans les renouvelables suggèrent ainsi qu'il est nécessaire de réviser son articulation avec le secteur privé, ou à défaut de s'en tenir au soutien des secteurs déjà bien établis. En l'absence de pionniers technologiques français dans des secteurs émergents, le retard technologique n'est par ailleurs pas irréversible. Des groupes comme Total ou Areva ont ainsi pu acquérir tardivement des positions fortes dans les technologies renouvelables, à travers notamment l'acquisition d'entreprises spécialisées françaises ou étrangères.

## Conclusion

L'exploitation des données de brevets permet de mener une analyse détaillée du positionnement technologique de la France dans les technologies de lutte contre le réchauffement climatique. Nous en résumons dans cette conclusion les principaux enseignements.

Avec 5,2 % des inventions brevetées en moyenne en 2008 dans les technologies étudiées, la France est en moyenne au 5<sup>ème</sup> rang mondial dans un classement mondial dominé par les Etats-Unis, le Japon, la Corée du Sud et l'Allemagne. Ce pourcentage augmente légèrement depuis 1997, mais reste très loin des 8,7% atteints en 1980 car la France a perdu de nombreuses parts de marché au profit de pays asiatiques émergents comme la Corée du Sud et la Chine. Les statistiques indiquent une légère spécialisation de la France qui consacre désormais aux technologies climat une part de son effort global d'innovation comparable à l'Allemagne, et nettement supérieure à celles des Etats-Unis et du Japon.

Plus de la moitié des inventions climat françaises sont exportées, soit 1,5 fois plus que la moyenne mondiale. Les exportations ont également une étendue géographique plus élevée que la moyenne, même si elles restent bien souvent limitées aux frontières européennes. Cela indique deux facteurs difficiles à démêler : une économie plus ouverte que la moyenne et/ou une qualité plus élevée des inventions brevetées.

L'analyse fine par domaine technologique met en évidence un positionnement faible de la France dans les énergies renouvelables, dans lesquelles l'innovation est la plus dynamique. Au contraire, son positionnement est fort dans des secteurs comme le nucléaire, même si elle n'arrive qu'au troisième rang derrière le Japon et les Etats Unis, le CSC, l'isolation, le ciment, le chauffage, l'hydraulique et les véhicules électriques et hybrides, où elle tire parti de la présence et du potentiel innovant des grandes firmes françaises d'envergure internationale (Air Liquide, Alstom, Areva, Electricité de France, Lafarge, PSA Peugeot Citroën, Renault, Saint-Gobain, Schlumberger) et des organismes publics de recherche scientifique (CNRS, Commissariat à l'Energie Atomique, Institut Français du Pétrole).

Les brevets provenant du secteur public ont un poids particulièrement élevé en France, avec environ 20% des dépôts contre 10% dans les autres pays industrialisés. La forte présence du public concerne notamment les énergies renouvelables, le nucléaire et les techniques de

recyclage et de dépollution. Les données sur les dépenses publiques de recherche et développement consacrées au secteur plus spécifique de l'énergie viennent confirmer ce point. Ramené au PIB, l'effort public est bien supérieur en France que dans les autres pays occidentaux. La structure de cette dépense a fortement évolué : alors qu'elle était presque exclusivement consacrée au nucléaire jusque dans les années 2000, ce poste ne pèse plus que 50%.

Ces résultats conduisent à un diagnostic contrasté. En effet, les atouts de la France en matière de technologies sont liés à la performance de champions industriels positionnés sur des secteurs relativement matures et sachant tirer profit de l'effort de recherche publique. A contrario, la France n'a que marginalement pris part au développement technologique rapide de secteurs émergents comme les énergies renouvelables – et ce en dépit de l'effort de recherche publique réalisé dans ce domaine. Le principal défi pour l'avenir consiste ainsi à savoir mieux se positionner en leader dans des domaines nouveaux des technologies propres, ce qui suppose notamment de revoir l'articulation entre recherche publique et secteur privé.

## Références bibliographiques

Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyn, L. et D. Hemous (2011). The Environment and Directed Technical Change. *American Economic Review*, A paraître.

CGDD Délégation au Développement Durable (2010) Les Filières Industrielles Stratégiques de l'Economie Verte.

De la Tour, A., Glachant, M., & Y. Ménière (2011). Innovation and international technology transfer: the case of the Chinese photovoltaic industry. *Energy Policy* (39), pp. 761-770.

Dechezleprêtre, A. et R. Martin (2010). Low carbon innovation in the UK: evidence from patent data. *Report for the UK Committee on Climate Change* .

Dechezleprêtre, A., Glachant, M., Hascic, I., Johnstone, N., & Ménière, Y. (2011). Invention and transfer of climate change mitigation technologies on a global scale: a study drawing on patent data. *Review of Environmental Economics and Policy* .

Enkvist, P.-A., Nauclér, T. et J. Rosander (2007). A cost curve for greenhouse gas reduction. *The McKinsey Quarterly* .

Jolly, C., Klein, T., Liegey, M., Mareuge, C. et O. Passet (2010). La Croissance Verte : Quel impact sur l'Emploi et les Métiers. Rapport du Conseil d'Analyse Stratégique.

Maskus, K. et R. Okediji (2010) Intellectual Property Rights and International Technology Transfer to Address Climate Change. *ICTSD Issue Paper No. 32*.

OCDE (2010). L'éco-innovation dans l'industrie. Favoriser la croissance verte.

Stern, N. (2007). Stern Review of the Economics of Climate Change. *Cambridge University Press, Cambridge*

UNEP-EPO-ICTSD (2010) Patents and Clean Energy: Bridging the Gap Between Evidence and Policy. Final Report.

Vossenaar, R. et J. Veena (2010) Technology Mapping of the Renewable Energy, Buildings and Transport Sectors: Policy Drivers and International Trade Aspects, *ICTSD Issue Paper No. 12*.

## Annexe 1 : Données des graphiques

*Annexe 1.1 : Classement mondial des huit premiers pays innovant dans les 17 technologies climat (en % des inventions climat brevetées dans le monde entre 2003 et 2008)*

Pays	Part dans l'innovation mondiale (en %)
<b>Etats-Unis</b>	21,7
<b>Japon</b>	21,1
<b>Allemagne</b>	14,3
<b>Corée du Sud</b>	5,9
<b>France</b>	4,5
<b>Royaume-Uni</b>	4,0
<b>Canada</b>	3,1
<b>Chine</b>	3,1

*Annexe 1.2 : Evolution relative de l'innovation mondiale par pays dans les 17 technologies climat (en % des inventions climat brevetées dans le monde sur les périodes 1980-2003 et 2003-2008)*

Pays	Part dans l'innovation mondiale sur 2003-2008 (en %)	Part dans l'innovation mondiale sur 1980-2003 (en %)
<b>Etats-Unis</b>	21,7	21,6
<b>Japon</b>	21,1	20,7
<b>Allemagne</b>	14,3	16,6
<b>Corée du Sud</b>	5,9	1,3
<b>France</b>	4,5	5,6
<b>Royaume-Uni</b>	4,0	4,9
<b>Canada</b>	3,1	2,1
<b>Chine</b>	3,1	0,6

*Annexe 1.3 : Croissance en volume des inventions brevetées dans les 17 technologies climat (rapport du nombre moyen de brevets exportés par année sur les périodes 2003-2008 et 1980-2003)*

<b>Pays</b>	<b>Nombre moyen A de brevets exportés par année sur 2003-2008</b>	<b>Nombre moyen B de brevets exportés par année sur 1980-2003</b>	<b>Croissance du nombre moyen brevets exportés (A/B)</b>
<b>Monde</b>	8426	2320	3,6
<b>Etats-Unis</b>	1830	501	3,7
<b>Japon</b>	1781	479	3,7
<b>Allemagne</b>	1208	393	3,1
<b>Corée du Sud</b>	498	30	16
<b>France</b>	381	131	2,9
<b>Royaume-Uni</b>	335	115	2,9
<b>Chine</b>	259	14	18
<b>Canada</b>	265	48	5,5

*Annexe 1.4 : Degré de spécialisation dans l'innovation climat entre 2003 et 2008*

<b>Pays</b>	<b>Part A dans l'innovation climat mondiale (en %)</b>	<b>Part B dans l'innovation totale mondiale (en %)</b>	<b>Indice de spécialisation (A/B)</b>
<b>Etats-Unis</b>	21,7	30,1	0,7
<b>Japon</b>	21,1	25,7	0,8
<b>Allemagne</b>	14,3	10,0	1,4
<b>Corée du Sud</b>	5,9	87,1	0,8
<b>France</b>	4,5	3,6	1,3
<b>Royaume-Uni</b>	4,0	3,0	1,3
<b>Chine</b>	3,1	2,6	1,2

*Annexe 1.5 : Contribution de la France à l'innovation mondiale par classe technologique (en % des inventions climat brevetées dans le monde entre 2003 et 2008)*

<b>Domaine technologique</b>	<b>Part dans l'innovation mondiale (en %)</b>	<b>Rang mondial</b>
<b>Nucléaire</b>	9,4	3
<b>CSC</b>	7,9	4

<b>Ciment</b>	7,1	4
<b>Isolation</b>	6,8	4
<b>Charbon propre</b>	6,0	4
<b>Hydraulique</b>	5,3	4
<b>VEH</b>	5,2	4
<b>Chauffage</b>	4,9	5
<b>Déchets</b>	4,3	7
<b>Solaire</b>	4,1	5
<b>Géothermie</b>	3,7	7
<b>Energie marine</b>	3,4	8
<b>Méthane</b>	2,8	8
<b>Pile combustible</b>	2,5	6
<b>Biomasse</b>	2,1	10
<b>Eolien</b>	1,7	12
<b>Eclairage</b>	1,1	10

*Annexe 1.6 : Evolution de l'innovation française relative dans les 17 technologies climat (en % des inventions climat brevetées dans le monde sur les périodes 1980-2008 et 2003-2008)*

<b>Domaine technologique</b>	<b>Part dans l'innovation mondiale sur 2003-2008 (en %)</b>	<b>Part dans l'innovation mondiale sur 1980-2003 (en %)</b>
<b>Nucléaire</b>	9,4	14
<b>CSC</b>	7,9	6,4
<b>Ciment</b>	7,1	7,4
<b>Isolation</b>	6,8	5,8
<b>Charbon propre</b>	6,0	4,8
<b>Hydraulique</b>	5,3	8,9
<b>VEH</b>	5,2	3,8
<b>Chauffage</b>	4,9	4,3
<b>Déchets</b>	4,3	4,4

<b>Solaire</b>	4,1	3,9
<b>Géothermie</b>	3,7	2,7
<b>Energie marine</b>	3,4	2,5
<b>Méthane</b>	2,8	8,8
<b>Pile combustible</b>	2,5	1,8
<b>Biomasse</b>	2,1	1,0
<b>Eolien</b>	1,7	3,9
<b>Eclairage</b>	1,1	1,2

*Annexe 1.7 : Part occupée par le secteur public dans l'innovation climat (en % des inventions climat brevetées dans le monde pour chaque pays entre 2003 et 2008)*

<b>Pays</b>	<b>Part du public (en %)</b>
<b>Chine</b>	47
<b>France</b>	20
<b>Corée du Sud</b>	18
<b>Allemagne</b>	6,9
<b>Royaume-Uni</b>	6,4
<b>Canada</b>	47
<b>Etats-Unis</b>	6,1
<b>Japon</b>	3,9

*Annexe 1.8 : Part du secteur public français dans les 17 technologies climat (en % des inventions climat brevetées par la France dans le monde pour chaque technologie climat entre 2003 et 2008)*

<b>Domaine technologique</b>	<b>Part du secteur public (en %)</b>
<b>Biomasse</b>	65
<b>Energie marine</b>	41
<b>CSC</b>	36

<b>Pile combustible</b>	34
<b>Méthane</b>	28
<b>Nucléaire</b>	25
<b>Solaire</b>	21
<b>Déchets</b>	20
<b>Charbon propre</b>	19
<b>Géothermie</b>	16
<b>Eclairage</b>	7,3
<b>Chauffage</b>	6,3
<b>Eolien</b>	5,6
<b>Ciment</b>	4,6
<b>Hydraulique</b>	1,3
<b>Isolation</b>	1,0
<b>VEH</b>	0,9

*Annexe 1.9 : Taux d'exportation des brevets dans les 17 technologies climat entre 2003 et 2008*

<b>Pays</b>	<b>Taux d'exportation (en %)</b>
<b>Canada</b>	76
<b>Allemagne</b>	66
<b>Royaume-Uni</b>	58
<b>France</b>	54
<b>Etats-Unis</b>	52
<b>Monde</b>	36
<b>Corée du Sud</b>	31
<b>Japon</b>	24
<b>Chine</b>	10

*Annexe 1.10 : Indice d'exportation française des brevets dans les 17 technologies climat sur la période 2003-2008*

<b>Domaine technologique</b>	<b>Taux A des exportations françaises (en %)</b>	<b>Taux B des exportations mondiales (en %)</b>	<b>Indice d'exportation (A/B)</b>
<b>Ciment</b>	78	24	3,3
<b>Déchets</b>	63	24	2,6
<b>Méthane</b>	54	22	2,5
<b>Nucléaire</b>	70	34	2,1
<b>Hydraulique</b>	52	26	2,0
<b>VEH</b>	51	36	2,0
<b>Pile combustible</b>	57	32	1,8
<b>Isolation</b>	50	31	1,6
<b>Eclairage</b>	69	46	1,5
<b>Solaire</b>	50	34	1,5
<b>Charbon propre</b>	63	43	1,5
<b>Chauffage</b>	40	30	1,3
<b>Biomasse</b>	40	31	1,3
<b>CSC</b>	71	60	1,2
<b>Energie marine</b>	29	28	1,0
<b>Eolien</b>	26	35	0,7
<b>Géothermie</b>	19	26	0,7

*Annexe 1.11 : Etendue géographique mondiale d'extension des brevets dans les 17 technologies climat sur la période 2003–2008 (en % du PIB mondial)*

<b>Pays</b>	<b>Etendue géographique des brevets (en % du PIB mondial)</b>
<b>Chine</b>	16
<b>Corée du Sud</b>	19
<b>Japon</b>	23

<b>Monde</b>	28
<b>Allemagne</b>	37
<b>Canada</b>	38
<b>France</b>	38
<b>Royaume-Uni</b>	41
<b>Etats-Unis</b>	42

*Annexe 1.12 : Etendue géographique d'exportation de la France (en % des inventions climat brevetées par la France dans le monde pour chaque pays entre 2003 et 2008)*

<b>Zone géographique d'exportation</b>	<b>Part des brevets exportés localement (en %)</b>
<b>Asie</b>	15
<b>Amérique du Nord</b>	15
<b>Europe</b>	57
<b>Reste du monde</b>	13

*Annexe 1.13 : Dépenses publiques consacrées à la R&D dans le secteur énergétique entre 2003 et 2008 (en % du PIB PPA)*

<b>Pays</b>	<b>Dépenses publiques de R&amp;D (en % du PIB)</b>
<b>Etats-Unis</b>	0.26
<b>Japon</b>	0.90
<b>France</b>	0.46
<b>Corée du Sud</b>	0.45
<b>Allemagne</b>	0.18
<b>Canada</b>	0.38
<b>Royaume-Uni</b>	0.07

*Annexe 1.14 : Répartition des dépenses publiques françaises de R&D dans le secteur des énergies renouvelables sur les périodes 1980-2003 et 2003-2008 (en millions de dollars 2009 à parité constante)*

<b>Domaine technologique</b>	Dépenses sur 2003-2008 (en millions de dollars 2009 à parité constante)	Dépenses sur 1980-2003 (en millions de dollars 2009 à parité constante)
<b>Solaire</b>	28,3	9,9
<b>Biomasse</b>	21,6	9,4
<b>Géothermie</b>	5,2	3,8
<b>Eolien</b>	1,9	2,4
<b>Energie marine</b>	0,6	0,1
<b>Hydraulique</b>	0,5	0,3

## Annexe 2 : Classement par technologie à l'Office Européen des Brevets

### Annexe 2.1 : Biomasse

#### Classement mondial à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)

Rang	Nom du dépositaire	Nationalité
1	Cargill	Etats-Unis
2	Xyleco	Etats-Unis
3	DSM IP Assets	Pays-Bas
4	Earthfly Holding	Autriche
5	General Electric Company	Etats-Unis
6	Kinki University	Japon
7	Naniwa Roki Company	Japon
8	Terval	Belgique
9	Shell	Pays-Bas
10	Eneria	Etats-Unis

#### Classement français à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)

Rang	Nom du dépositaire	Classement à l'OEB
1	Eneria	10
2	Institut Français du Pétrole	14
3	Thermya	35

### Annexe 2.2 : Charbon propre

#### Classement mondial à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)

Rang	Nom du dépositaire	Nationalité
1	Shell	Pays-Bas
2	BASF	Allemagne
3	General Electric Company	Etats-Unis
4	Air Liquide	France
5	Air Products and Chemicals	Etats-Unis
6	PRAD Research and Development	Royaume-Uni
7	Schlumberger	France
8	Edwards	Royaume-Uni
9	Mitsubishi	Japon
10	Scilicon Fire	Suisse

#### Classement français à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)

<b>Rang</b>	<b>Nom du dépositaire</b>	<b>Classement à l'OEB</b>
1	Air Liquide	4
2	Schlumberger	7
3	Institut Français du Pétrole	11
4	CNRS	54
5	Université Joseph Fourier	60

*Annexe 2.3 : Captage et stockage du CO<sub>2</sub>*

*Classement mondial à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

<b>Rang</b>	<b>Nom du dépositaire</b>	<b>Nationalité</b>
1	Alstom	France
2	Siemens	Allemagne
3	General Electric Company	Etats-Unis
4	Shell	Pays-Bas
5	ABB Turbo Systems	Suisse
6	Honeywell International	Etats-Unis
7	Daimler	Allemagne
8	Plasco Energy	Suisse
9	United Technologies Corporation	Etats-Unis
10	Continental Automotive	Allemagne

*Classement français à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

<b>Rang</b>	<b>Nom du dépositaire</b>	<b>Classement à l'OEB</b>
1	Alstom	1
2	Institut Français du Pétrole	21
3	Air Liquide	23
4	Renault	24
5	Snecma	27

*Annexe 2.4 : Ciment*

*Classement mondial à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

<b>Rang</b>	<b>Nom du dépositaire</b>	<b>Nationalité</b>
1	United States Gypsum Company	Etats-Unis
2	Holcim Technology	Suisse
3	Gypsmix	Suisse
4	Lafarge	France
5	Claudius Peters Technologies	Allemagne
6	Promat International	Belgique
7	Halliburton Energy Services	Etats-Unis
8	PRAD Research and Development	Royaume-Uni
9	Sika Technology	Suisse

10	British Petroleum	Royaume-Uni
----	-------------------	-------------

*Classement français à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

Rang	Nom du dépositaire	Classement à l'OEB
1	Lafarge	4
2	Schlumberger	19
3	Kerneos	87
4	Electricité de France	90

*Annexe 2.5 : Véhicules électriques et hybrides*

*Classement mondial à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

Rang	Nom du dépositaire	Nationalité
1	Toyota	Japon
2	Robert Bosch	Allemagne
3	Nissan	Japon
4	ZF Friedrichshafen	Allemagne
5	GM Global Technology Operations	Etats-Unis
6	Renault	France
7	Honda	Japon
8	LuK Lamellen und Kupplungsbau Beteiligungs KG	Allemagne
9	PSA Peugeot Citroën	France
10	Hitachi	Japon

*Classement français à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

Rang	Nom du dépositaire	Classement à l'OEB
1	Renault	6
2	PSA Peugeot Citroën	9
3	Still	37
4	Michelin	51
5	Valeo	64

*Annexe 2.6 : Piles à combustible*

*Classement mondial à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

Rang	Nom du dépositaire	Nationalité
1	Nissan	Japon
2	Toyota	Japon
3	Samsung	Corée du Sud
4	Honda	Japon

5	Panasonic	Japon
6	Ford	Etats-Unis
7	Forschungszentrum Juelich	Allemagne
8	General Electric Company	Etats-Unis
9	Toshiba	Japon
10	Honda	Japon

*Classement français à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

Rang	Nom du dépositaire	Classement à l'OEB
1	Commissariat à l'Energie Atomique	22
2	Renault	34
3	Bic	36
4	CNRS	45
5	Electricité de France	64

*Annexe 2.7 : Géothermie*

*Classement mondial à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

Rang	Nom du dépositaire	Nationalité
1	Rehau & Company	Allemagne
2	Greenfield Energy	Royaume-Uni
3	Enro Geotherieentwicklung	Allemagne
4	Toshiba	Japon
5	Geo-En Energy Technologies	Allemagne
6	Free Energy Solutions	Canada
7	HakaGerodur	Suisse
8	GF-TEC	Allemagne
9	General Electric Company	Etats-Unis
10	ENBW Energie	Allemagne

*Classement français à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

Rang	Nom du dépositaire	Classement à l'OEB
1	Dolmazon	56
2	Hades	89

*Annexe 2.8 : Chauffage*

*Classement mondial à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

Rang	Nom du dépositaire	Nationalité
1	LG Electronics	Corée du Sud

2	Daikin Industries	Japon
3	Carrier Corporation	Etats-Unis
4	Sanyo Electric Company	Japon
5	Behr & Company	Allemagne
6	Stiebel Eltron & Company	Allemagne
7	Sortech	Allemagne
8	Fraunhofer	Allemagne
9	Meltem Waermrueckgewinnung & Company	Allemagne
10	Panasonic	Japon

*Classement français à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

Rang	Nom du dépositaire	Classement à l'OEB
1	Cooltech Applications	21
2	Hades	76
3	Electricité de France	94
4	Yahtec	182
5	FagorBrandt	186

*Annexe 2.9 : Hydraulique*

*Classement mondial à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

Rang	Nom du dépositaire	Nationalité
1	General Electric Company	Etats-Unis
2	United Technologies Corporation	Etats-Unis
3	Siemens	Allemagne
4	VA Tech Hydro & Company	Autriche
5	Alstom	France
6	Honeywell International	Etats-Unis
7	Siemens	Allemagne
8	Andritz Technology and Asset Management	Autriche
9	Sony	Japon
10	Voith Hydro	Allemagne

*Classement français à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

Rang	Nom du dépositaire	Classement à l'OEB
1	Alstom	5
2	Hemisphere Sub	38
3	OTV	91
4	Schlumberger	142

*Annexe 2.10 : Isolation*

*Classement mondial à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

---

<b>Rang</b>	<b>Nom du dépositaire</b>	<b>Nationalité</b>
1	Saint-Gobain	France
2	Rockwool	Danemark
3	Brunnhofers & Company	Allemagne
4	BASF	Etats-Unis
5	Guardian Industries Corporation	Etats-Unis
6	Lenhardt Maschinenbau	Autriche
7	Dow Corning Corporation	Etats-Unis
8	Fischerwerke & Company	Allemagne
9	Plus Inventia	Suisse
10	Hilti	Liechtenstein

*Classement français à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

---

<b>Rang</b>	<b>Nom du dépositaire</b>	<b>Classement à l'OEB</b>
1	Saint-Gobain	1
2	Electricité de France	30
3	Total	74
4	Air Liquide	122
5	KDB Isolation	147

*Annexe 2.11 : Eclairage*

*Classement mondial à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

---

<b>Rang</b>	<b>Nom du dépositaire</b>	<b>Nationalité</b>
1	Philips	Pays-Bas
2	Samsung	Corée du Sud
3	General Electric Company	Etats-Unis
4	Osram	Allemagne
5	BASF	Etats-Unis
6	Seiko Epson Corporation	Japon
7	Merck	Allemagne
8	Idemitsu Kosan Company	Japon
9	Treuhand	Allemagne
10	Eastman Kodak Company	Etats-Unis

*Classement français à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

---

<b>Rang</b>	<b>Nom du dépositaire</b>	<b>Classement à l'OEB</b>
1	Saint-Gobain	39
2	Technicolor	41
3	Valeo	190
4	Schneider Electric	342
5	Rhodia	394

Annexe 2.12 : Energie marine

*Classement mondial à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

<b>Rang</b>	<b>Nom du dépositaire</b>	<b>Nationalité</b>
1	Openhydro Group	Irlande
2	Voith	Allemagne
3	Ocean Power Technologies	Etats-Unis
4	Atlantis Resources Corporation	Singapour
5	Robert Bosch	Allemagne
6	Marine Current Turbines	Royaume-Uni
7	VA Tech Hydro & Company	Autriche
8	Shell	Pays-Bas
9	Renewable Energy Holdings	Royaume-Uni
10	Finn Escone	Finlande

*Classement français à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

<b>Rang</b>	<b>Nom du dépositaire</b>	<b>Classement à l'OEB</b>
1	Electricité de France	56
2	Institut Polytechnique de Grenoble	59
3	CNRS	74
4	ACRI-IN	284

Annexe 2.13 : Destruction du méthane

*Classement mondial à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

<b>Rang</b>	<b>Nom du dépositaire</b>	<b>Nationalité</b>
1	UTS Biogastechnik	Allemagne
2	Biothane Systems International	Pays-Bas
3	Agraferm Technologies	Allemagne
4	Bekon Energy Technologies	Allemagne
5	Linde KCA	Allemagne
6	Hitachi	Japon
7	Strabag Umwelanlagen	Allemagne
8	Universität Duisburg	Allemagne
9	Ebara Engineering Services	Japon
10	Voith	Allemagne

*Classement français à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

<b>Rang</b>	<b>Nom du dépositaire</b>	<b>Classement à l'OEB</b>
1	Institut National de la Recherche Agronomique	28

2	OTV	158
3	Institut de Recherche pour le Développement	164
4	Université de Caen	167

*Annexe 2.14 : Nucléaire*

*Classement mondial à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

<b>Rang</b>	<b>Nom du dépositaire</b>	<b>Nationalité</b>
1	Areva	France
2	General Electric Company	Etats-Unis
3	Westinghouse Electric Corporation	Etats-Unis
4	Global Nuclear Fuel Americas	Etats-Unis
5	Commissariat à l'Energie Atomique	France
6	Toshiba	Japon
7	Mitsubishi	Japon
8	Compagnie Générale des Matières Nucléaires	France
9	ASML	Pays-Bas
10	Hitachi	Japon

*Classement français à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

<b>Rang</b>	<b>Nom du dépositaire</b>	<b>Classement à l'OEB</b>
1	Areva	1
2	Commissariat à l'Energie Atomique	5
3	Compagnie Générale des Matières Nucléaires	8
4	Electricité de France	22
5	CNRS	25

*Annexe 2.15 : Solaire*

*Classement mondial à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

<b>Rang</b>	<b>Nom du dépositaire</b>	<b>Nationalité</b>
1	Sanyo Electric Company	Japon
2	Sharp Corporation	Etats-Unis
3	General Electric Company	Etats-Unis
4	Fraunhofer	Allemagne
5	Konarka Technologies	Etats-Unis
6	Siemens	Allemagne
7	Sony	Japon
8	Saint-Gobain	France
9	BASF	Allemagne
10	British Petroleum	Royaume-Uni

*Classement français à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

---

<b>Rang</b>	<b>Nom du dépositaire</b>	<b>Classement à l'OEB</b>
1	Saint-Gobain	8
2	Du Pont de Nemours & Company	11
3	Commissariat à l'Energie Atomique	24
4	Alcatel-Lucent	65
5	Degrémont	76

*Annexe 2.16 : Combustion des déchets*

*Classement mondial à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

---

<b>Rang</b>	<b>Nom du dépositaire</b>	<b>Nationalité</b>
1	Emcon Technologies	Etats-Unis
2	Andritz	Autriche
3	John Zink Company	Etats-Unis
4	Bekaert	Belgique
5	Heliswirl Technologies	Royaume-Uni
6	Daicel Chemical Industries	Japon
7	Ebara Corporation	Japon
8	Taiheiyo	Japon
9	Sistema Ecodeco	Italie
10	Kleen'up	Italie

*Classement français à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

---

<b>Rang</b>	<b>Nom du dépositaire</b>	<b>Classement à l'OEB</b>
1	Institut Français du Pétrole	13
2	Air Liquide	29
3	Bio 3D Applications	82
4	Optimise	125
5	Université de Provence Aix-Marseille	177

*Annexe 2.17 : Eolien*

*Classement mondial à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

---

<b>Rang</b>	<b>Nom du dépositaire</b>	<b>Nationalité</b>
1	General Electric Company	Etats-Unis
2	Siemens	Allemagne
3	Vestas Wind Systems	Danemark
4	Repower Systems	Allemagne
5	LM Wind Power	Danemark
6	Nordex Energy	Allemagne
7	Gamesa Innovation & Technology	Espagne

<b>8</b>	Mitsubishi	Japon
<b>9</b>	Ecotecnia Energias Renovables	Espagne
<b>10</b>	Hansen Transmissions International	Belgique

*Classement français à l'Office Européen des Brevets (2003-2008)*

<b>Rang</b>	<b>Nom du dépositaire</b>	<b>Classement à l'OEB</b>
<b>1</b>	Alizeo	43
<b>2</b>	Vimak	102
<b>3</b>	Defontaine	143
<b>4</b>	Société Française des Alizés	275
<b>5</b>	Sime Stromag	367