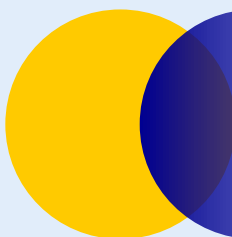




**HAUT-COMMISSARIAT
À LA STRATÉGIE
ET AU PLAN**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



RAPPORT
avril 2026

L'innovation en faveur de la décarbonation

La position internationale de la France

Note d'étape de la CNEPI



L'INNOVATION EN FAVEUR DE LA DÉCARBONATION

LA POSITION INTERNATIONALE DE LA FRANCE

Commission nationale d'évaluation
des politiques d'innovation
(CNEPI)

Note d'étape

Rapporteurs
Mohamed Harfi et Rémi Lallement



**HAUT-COMMISSARIAT
À LA STRATÉGIE
ET AU PLAN**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

AVRIL 2026



SOMMAIRE

Synthèse	7
Introduction	9
Première Partie – Des mesures indirectes des efforts de R & D pour la décarbonation	13
1. En France, l’effort de R & D pour l’environnement est significatif	13
1.1. L’effort de R & D représente 8 % des dépenses de protection de l’environnement.....	14
1.2. 10 % des dépenses totales de R & D, soit 5,7 milliards d’euros, sont consacrées directement ou indirectement à l’environnement.....	16
1.3. Évolution des dépenses de R & D en environnement en France (2015-2022)	17
1.4. Les entreprises consacrent 7 % de leurs dépenses de R & D au domaine de l’environnement	18
1.5. Les entreprises financent les deux tiers de la R & D pour l’environnement.....	19
1.6. Près de 16 % des dépenses de R & D des administrations ont pour objectif l’environnement	20
1.7. Les crédits budgétaires sont consacrés à la R & D pour l’énergie décarbonée sont principalement liés au nucléaire	21
2. L’effort de R & D public en comparaison internationale	22
2.1. Les crédits budgétaires de R & D alloués à l’environnement : la France dans la moyenne basse des pays de l’OCDE	22
2.2. En France, davantage de crédits budgétaires de R & D dans l’énergie décarbonée, par rapport aux autres pays du G7	25

Deuxième Partie – L'essor des technologies au vu des inventions brevetées.....29

1. Évolution mondiale des brevets en matière de technologies « propres ».....	29
1.1. Les classes de technologies « propres » considérées : des poids inégaux	30
1.2. La part croissante du <i>cleantech</i> dans le total mondial des inventions brevetées	31
1.3. Un essor tiré par la Chine ces dernières années, mais une Europe restée au premier plan	33
2. Évolution de la part mondiale de la France dans les technologies « propres »	34
2.1. Une part en baisse de moitié depuis le début des années 1980	34
2.2. La France est passée du quatrième au sixième rang mondial au cours des trente dernières années	36
2.3. La France au deuxième rang en Europe.....	38
2.4. La France, parmi les pays spécialisés dans le <i>cleantech</i>	39
3. Profils de spécialisation : de forts contrastes entre pays.....	39
4. Paris classé parmi les pôles mondiaux spécialisés dans les technologies pour l'énergie à bas carbone	47
5. Profil des déposants en brevets : le cas de la recherche publique et des entreprises	49
5.1. Une place singulière au plan mondial de la recherche publique.....	49
5.2. Le poids respectif des startups et des grands groupes : contrasté selon les technologies.....	52

Troisième Partie – La capacité des entreprises innovantes à accéder au financement externe.....55

1. L'importance relative du <i>cleantech</i> dans le total des transactions en capitaux propres	56
2. En Europe, un net essor du total des investissements effectués en faveur des technologies propres	56
3. La place de la France dans le paysage européen du capital-risque.....	58
4. Une suprématie américaine nette mais un peu érodée, avec une récente hausse de la part de l'Europe.....	60
5. Une moindre capacité à lever des fonds chez les entreprises innovantes européennes que chez leurs concurrentes américaines.....	61

Conclusion.....63

ANNEXES

Annexe 1 – Composition de la CNEPI.....	69
Annexe 2 – Les bénéfices environnementaux de l’effort d’innovation des entreprises, selon les résultats de l’enquête CIS.....	71
Annexe 3 – Technologies « propres » ou « vertes » : quelle définition et quels contours ?	73
Annexe 4 – Portée et limites des données de brevets.....	75
Annexe 5 – Le repérage des technologies « propres » à partir des données de brevets.....	77
Annexe 6 – Les 11 grandes classes de technologies « propres » retenues dans l’étude OEB-BEI de 2024, en référence à la nomenclature CPC (<i>Cooperative Patent Classification</i>).....	81
Annexe 7 – Les parts mondiales et indices de spécialisation de la France dans les domaines technologiques de décarbonation, sur la période 2018-2021.....	83
Annexe 8 – Sigles et acronymes	87
Bibliographie	89

Remerciements

Que soient remerciés – outre les membres de la CNEPI – les personnes ou organismes qui ont apporté leur concours aux travaux de la commission, en amont du présent rapport :

Charlotte Gallezot, adjointe au chef du bureau POLSEC 1, au sein de la sous-direction POLSEC de la DG Trésor ;

Anne-Laure Mascle-Allemand, économiste à la Direction de l'évaluation du SGPI ;

Marie-Laure Nauleau, chargée d'évaluation France 2030 à l'Ademe.

Ces remerciements sont également adressés à l'équipe qui a été en charge de l'étude OST (2025) :

Tessa Enock-Levi, chargée de mission à l'Observatoire des sciences et techniques (OST) ;

Justin Quemener, chargé d'études économiques à l'Observatoire des sciences et techniques (OST).



SYNTHÈSE

Pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050, différents leviers doivent être mobilisés : incitations économiques (tarification carbone, subventions, crédits d'impôt), réglementation, infrastructures adaptées (mobilités décarbonées), innovations organisationnelles et sociétales, mais aussi innovations technologiques. Mise au service de la décarbonation, l'innovation constitue aussi un enjeu majeur de compétitivité et de souveraineté.

Dans cette double perspective environnementale et économique, la France, l'UE et d'autres pays ou régions du monde ont lancé de multiples initiatives visant à promouvoir les technologies dites « propres ». **Pour situer la France dans cet effort mondial d'innovation bas carbone, le croisement de trois types d'indicateurs permet de dresser un panorama¹ des dynamiques à l'œuvre.**

L'effort public et privé de R & D à finalité environnementale de la France est estimé entre 5 et 5,7 milliards d'euros en 2022, soit 8 % des dépenses intérieures totales pour la protection de l'environnement et 10 % de la dépense intérieure de recherche-développement (R & D). Malgré une croissance soutenue ces dernières années, cet effort est resté inférieur (en part dans les budgets publics de R & D) à celui de nombreux pays de l'OCDE. En revanche, la France détient une position comparativement forte pour l'effort de R & D en matière d'énergie décarbonée en grande partie du fait du nucléaire.

Au vu des dépôts de brevets, la part des technologies de décarbonation dans l'activité inventive a doublé au niveau mondial en un quart de siècle et dépasse désormais 15 %. La France, comme la plupart des pays européens, a vu diminuer son poids dans ce domaine, du fait de l'émergence de la Chine et de la Corée du Sud. Elle fait cependant partie des pays spécialisés dans les technologies de décarbonation, notamment celles concernant le transport aérien, le ferroviaire, l'énergie nucléaire, les combustibles issus de l'agriculture ou de déchets,

¹ La présente note d'étape de la CNEPI fait l'objet d'une note de synthèse. Voir HCSP (2026), « [Quelle est la place de la France dans le domaine de l'innovation bas carbone ?](#) », note de synthèse, avril.

ainsi que le captage et stockage du carbone. En revanche, elle est en retrait dans certains domaines en forte croissance mondiale tels que les technologies « propres » (*cleantech*) liées aux batteries ou aux technologies d'information et de communication. Les entités publiques de recherche françaises occupent une place singulière sur le plan mondial parmi les déposants de brevets sur les enjeux de décarbonation. Les grandes entreprises établies jouent aussi un rôle prépondérant, mais des acteurs plus jeunes et de moindre taille sont dans certains domaines en mesure de rivaliser avec elles sous l'angle des dépôts de brevets.

Le financement externe (c'est-à-dire hors auto-financement) des entreprises actives dans le domaine des technologies « propres » doit être développé. La France présente encore un déficit de financement par capital-risque en comparaison avec d'autres pays, notamment les États-Unis.

Partant de ce diagnostic, les politiques publiques de décarbonation font face à deux dilemmes principaux : déployer les technologies existantes ou investir dans le développement d'innovations de rupture ; et privilégier une logique nationale ou miser sur des technologies étrangères. La CNEPI publiera bientôt des travaux complémentaires pour éclairer ces choix.



INTRODUCTION

Sur un plan tant environnemental qu'économique, la transition vers une économie à bas carbone constitue l'un des défis majeurs du XXI^e siècle, en réponse à l'accélération du changement climatique. L'atteinte de l'objectif de neutralité carbone d'ici 2050 suppose de relever de multiples défis. Elle nécessite une transformation structurelle de l'économie, notamment avec une orientation vers l'utilisation de technologies ayant un meilleur bilan carbone¹. La réduction graduelle des émissions de gaz à effet de serre requiert un changement profond non seulement vers des sources d'énergie décarbonées mais aussi vers de nouveaux modes de vie, de production et de consommation dans de nombreux domaines (transports, usage des bâtiments, industrie, agriculture, etc.), ainsi que le développement de capacités de captage, de stockage et d'utilisation du carbone.

Pour atteindre les objectifs de neutralité carbone à l'horizon 2050, il faut s'appuyer sur une diversité de leviers. Certains s'attachent à modifier les comportements du côté de la demande (sobriété) et de l'offre sous l'influence des signaux-prix, d'autres incitations (via principalement la tarification carbone) ou de la réglementation. D'autres consistent à développer des infrastructures adaptées (par exemple en faveur de mobilités décarbonées). D'autres encore misent sur des formes d'innovation non technologique ou à faible contenu technologique : nouvelles formes d'organisation, nouveaux modèles d'affaires, innovation sociétale, etc. En toute hypothèse, la décarbonation devra passer aussi par la mise au point de nouvelles technologies et par d'importants investissements en recherche, développement et innovation².

¹ Voir notamment RTE (2021), *Futurs énergétiques 2050. Principaux résultats*, rapport, octobre.

² Pour mettre au point de nouveaux produits (biens ou services) ou de nouveaux procédés de fabrication, l'étape de recherche-développement (R & D) est souvent nécessaire mais elle ne suffit pas pour innover. Il n'y a innovation – technologique, organisationnelle ou commerciale – que s'il y a mise sur le marché, ce qui au préalable requiert des efforts spécifiques, notamment de prototypage et de démonstration (essais divers, dans la phase de pré-industrialisation et en vue de l'accès au marché).

Les technologies nouvelles ou en développement devront contribuer à réduire les coûts et à améliorer les performances des technologies existantes. De nombreuses technologies émergentes demeurent loin de la mise sur le marché et nécessitent au préalable des efforts de recherche et développement (R & D¹) et de démonstration de faisabilité. Selon un scénario à zéro émissions nettes élaboré par l'Agence internationale de l'énergie (AIE) à l'horizon 2050, près de 35 % du besoin de réduction nécessaire d'ici là devrait provenir de technologies qui actuellement se trouvent encore en phase de démonstration ou de prototype².

L'innovation en faveur de la décarbonation constitue également un levier stratégique sur le plan socioéconomique. En effet, si elle a pour objectif de réduire les émissions de gaz à effet de serre, elle vise aussi à renforcer la compétitivité des filières industrielles, à soutenir l'émergence de nouveaux marchés et à répondre aux demandes sociétales croissantes en matière de durabilité, de santé publique, d'autonomie stratégique, etc. Dans cette optique, divers plans de relance et d'investissement en France et dans d'autres pays de l'OCDE ont alloué des moyens importants à la transition climatique et en particulier à la décarbonation de l'économie³. De même, le règlement européen pour une industrie « zéro net » (*Net Zero Industrial Act* - NZIA) entré en vigueur le 29 juin 2024 vise à favoriser l'innovation et le déploiement des technologies d'énergie propre pour atteindre les objectifs climatiques européens pour 2030 et 2050. Plus récemment, la Commission européenne a proposé le 4 mars 2026 un règlement pour l'accélération industrielle (*Industrial Accelerator Act* - IAA), qui a pour but de promouvoir les technologies et produits « propres » fabriqués en Europe.

À travers son programme de travail à ce sujet, la CNEPI vise en premier lieu à analyser les priorités scientifiques et les choix technologiques des pays de l'OCDE, ainsi qu'à apprécier la position de ces pays selon différents indicateurs relatifs aux efforts d'innovation pour la décarbonation. En second lieu, il s'agit d'appréhender les caractéristiques des politiques d'innovation en faveur de la décarbonation dans les pays de l'OCDE, en analysant les dispositifs, les choix des technologies en faveur de la décarbonation et les modalités de financement dans ces pays.

Dans cette perspective, cette note d'étape porte sur la position relative des pays en termes d'effort général d'innovation visant la décarbonation. Elle dresse un état des lieux approfondi des efforts d'innovation déployés par la France dans ce domaine, en s'appuyant sur des données quantitatives et des comparaisons internationales. Tout en soulignant les limites,

¹ Les abréviations utilisées dans ce document sont regroupées dans l'[Annexe 8](#) (sigles et acronymes).

² Voir AIE (2023), *Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach. 2023 Update*, rapport, Agence internationale de l'énergie, septembre (version révisée en novembre 2024).

³ 30 % des 100 milliards d'euros de France Relance étaient fléchés sur la transition écologique ; 50 % des plus de 50 milliards d'euros du plan France 2030 sont consacrés à la décarbonation ; le Pacte vert pour l'Europe comporte d'ambitieux objectifs de décarbonation par secteurs, pour atteindre la cible de neutralité carbone en 2050.

elle vise à éclairer à partir de différents indicateurs les dynamiques à l'œuvre, à identifier les forces et les faiblesses de la position française, et à apporter des éléments d'analyse utiles à la décision publique. La présente note contribue ainsi à fournir une vision d'ensemble des efforts d'innovation en faveur de la décarbonation, en croisant plusieurs sources de données et en mettant en perspective la position française dans un contexte global en mutation rapide. Un premier type d'indicateur provient de données d'une enquête européenne¹ où est demandé aux entreprises si leurs éventuelles activités d'innovation sont porteuses de bénéfices environnementaux. Outre le fait que ces résultats sont très généraux et n'ont qu'en partie un lien avec les enjeux de décarbonation, ils posent divers problèmes d'interprétation². Compte tenu de ces limites, **trois familles d'indicateurs complémentaires**, sont mobilisées concernant :

- **l'effort public et privé de recherche et développement (R & D)** consacré à l'environnement et à l'énergie décarbonée. Les données à ce sujet permettent de préciser la part des dépenses de R & D ou – dans le cas du secteur public – des crédits budgétaires de R & D qui est allouée à ces objectifs socioéconomiques liés à la transition climatique ;
- **les dépôts de brevets dans les technologies dites « propres » ou « bas carbone »**, qui permettent de mesurer l'activité inventive et la spécialisation technologique nationales, en comparaison avec d'autres pays ou régions du monde ;
- **le financement externe**, c'est-à-dire hors auto-financement, **des startups cleantech** (via des fonds de capital-risque ou des prêts), essentiel pour permettre à ces jeunes entreprises innovantes de se développer et notamment de passer à l'échelle.

Globalement, l'analyse à partir de ces indicateurs montre que la France présente une situation contrastée. D'une part, la France consacre des montants significatifs à la R & D lié à l'environnement. Ils sont estimés entre 5 et 5,7 milliards d'euros en 2022, soit 8 % des dépenses totales pour la protection de l'environnement et 10 % de la dépense intérieure de recherche développement (DIRD), avec un poids croissant de la R & D des entreprises et, selon des indicateurs partiels, un important effort de recherche publique en lien avec certains domaines d'énergie décarbonée (nucléaire et hydrogène, notamment).

D'autre part, selon les indicateurs de brevets, la France, avec une croissance moins rapide que celle observée au niveau mondial, a vu sa part dans les brevets dans les technologies « propres » diminuer. Elle présente une forte spécialisation concernant le transport aérien, le ferroviaire, l'énergie nucléaire, les combustibles issus de l'agriculture ou de déchets, ainsi que le captage et stockage du carbone.

¹ Provenant de l'enquête européenne CIS (*Community Innovation Survey*) et de son volet français l'enquête « Capacité à innover et stratégie », ces résultats sont présentés dans l'[Annexe 2](#).

² OCDE (2025), *Measuring Science and Innovation for Sustainable Growth*, Paris, Éditions de l'OCDE.

En revanche, elle est en retrait dans certains domaines en forte croissance mondiale tels que les batteries et les technologies « propres » liés aux technologies d'information et de communication. Sur le plan du financement de l'innovation dans ce domaine, elle enregistre encore un déficit de financement par capital-risque en comparaison internationale, surtout par rapport aux États-Unis.

Cette note d'étape présente successivement ces trois types d'indicateurs, qui renseignent sur les principales composantes de l'activité d'innovation, même s'ils portent le plus souvent davantage sur l'amont (de la phase de recherche au dépôt de brevet) que sur l'aval (en vue de la mise sur le marché).



PREMIÈRE PARTIE

DES MESURES INDIRECTES DES EFFORTS DE R & D POUR LA DÉCARBONATION

Les indicateurs de recherche et développement (R & D) existants, notamment à des fins de comparaison internationale, portent surtout sur des périmètres en rapport avec l'environnement ou l'énergie.

1. En France, l'effort de R & D pour l'environnement est significatif

L'effort de la France en R & D lié à l'environnement peut être estimé au regard de deux périmètres (Encadré 1). Selon le premier, qui correspond aux données issues des enquêtes de R & D du ministère en charge de la recherche (MESR) ainsi que des données budgétaires, cet effort est évalué à 5,7 milliards d'euros en 2022. Selon le second, retenu par le service des données et études statistiques du ministère en charge de l'écologie, le SDES, et qui mobilise la classification des activités et dépenses de protection de l'environnement (Cepa 2000), cet effort est estimé à 5 milliards d'euros en 2022.

Encadré 1 – Périmètres des estimations de la R & D en environnement

« La classification des activités et dépenses de protection de l'environnement (Cepa 2000) est une classification européenne générique, à usages multiples et fonctionnelle en matière de protection de l'environnement. Elle sert à classer des activités, mais aussi des produits, des dépenses effectives et d'autres opérations. Elle exclut la gestion des ressources naturelles (par exemple, l'approvisionnement en eau) et la prévention des risques naturels (glissements de terrain, inondations, etc.). De ce fait, l'appréciation de

l'orientation environnement des dépenses de R & D des entreprises s'inscrit souvent sur un périmètre plus large. En conséquence, les estimations publiées par le MESR, produites à partir des enquêtes de R & D dans les entreprises et dans les administrations et des crédits budgétaires ne sont pas directement comparables avec celles obtenues par le SDES sur la base des concepts Cepa 2000. » [Le périmètre des estimations par le MESR] « englobe aussi la recherche concernant la gestion des ressources naturelles, l'utilisation rationnelle de l'énergie, les matériaux renouvelables ou la biodiversité. L'environnement concerne donc un grand nombre de domaines de la R & D¹ ».

1.1. L'effort de R & D représente 8 % des dépenses de protection de l'environnement

Estimée selon les normes comptables européennes et transmise à l'Office statistique européen (Eurostat)², la dépense intérieure de protection de l'environnement regroupe une grande diversité d'activités, dont celle de recherche et développement pour la protection de l'environnement. Le périmètre retenu dans ce cadre est établi à partir de la nomenclature statistique européenne des activités de protection de l'environnement dite Cepa (*Classification of Environmental Protection Activities*).

Les dépenses répertoriées selon cette norme concernent notamment la protection de l'air ambiant et du climat, l'assainissement des eaux usées, la gestion des déchets, la protection des sols et des eaux souterraines, la réduction du bruit et des vibrations, la protection de la biodiversité et la protection contre les rayonnements. Les activités qui ont trait à la gestion des ressources naturelles ne sont pas incluses dans ce périmètre. Les dépenses comptabilisées selon cette approche comprennent uniquement les activités de R & D spécifiquement orientées vers la protection de l'environnement et seulement les investissements et leur dépréciation (consommation de capital fixe).

5 milliards d'euros ont été consacrés en 2022 à la recherche et au développement pour la protection de l'environnement en France

Selon ce périmètre, le service des données et études statistiques (SDES) du ministère en charge de l'écologie estime que 5 milliards d'euros ont été consacrés en France à la recherche et au développement pour la protection de l'environnement en 2022 (Graphique 1). Cette dépense

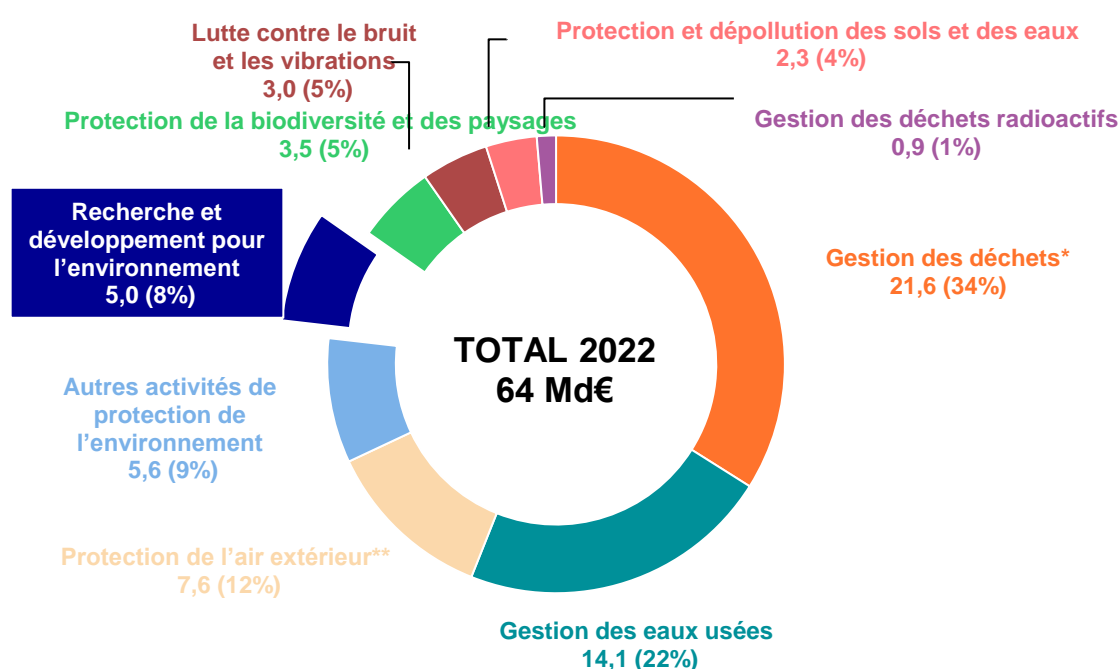
¹ MESR (2024), *L'état de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation en France*, n° 17, ministère de l'Enseignement supérieur, de la recherche et de l'espace, édition 2024, juin.

² Régie par le règlement (UE) n° 691/2011 relatif aux comptes économiques européens de l'environnement (amendé par le règlement (UE) n° 538/2014).

nationale de R & D environnement représente 8 % des dépenses totales de protection de l'environnement en France (près de 64 milliards d'euros) et 0,2 % du PIB.

Les entreprises en France contribuent pour 64 % au financement de cette dépense et les administrations publiques pour 31 %. Le reste du financement, soit 5 %, provient de ressources étrangères (entreprises localisées à l'étranger, organismes internationaux et nationaux étrangers, fonds de l'Union européenne).

Graphique 1 – Répartition de la dépense de protection de l'environnement par domaine en France en 2022, en milliards d'euros (Md€) et en pourcentage



* Hors activités de récupération et transformation des déchets en matières premières de recyclage.

** Hors maîtrise de l'énergie et production d'énergie à partir de sources renouvelables.

Note : les montants des dépenses de protection de l'environnement ont été révisés à la hausse sur la période 2000-2020, à la suite de plusieurs changements méthodologiques, notamment dans les domaines de la protection de l'air, de la biodiversité et des autres activités.

Champ : France.

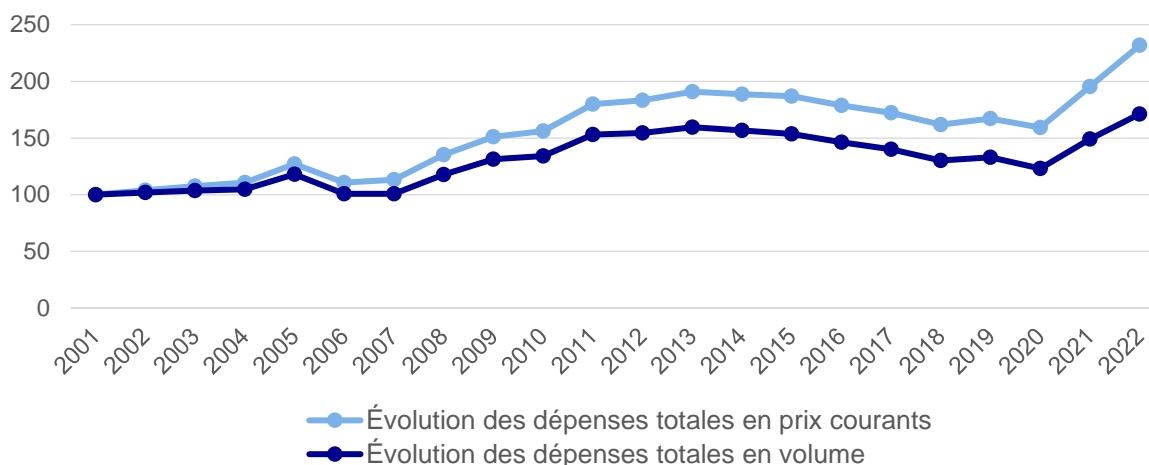
Source : SDES, compte satellite de l'environnement, 2024

Une dépense en hausse depuis 2001, mais à un rythme irrégulier

Selon la norme Cepa, la dépense de R & D pour la protection de l'environnement a été multipliée par 1,7 en euros constants entre 2001 et 2022 (Graphique 2). L'évolution en volume depuis 2001 se caractérise par trois périodes. Après une faible croissance observée entre 2001

et 2007 (+0,1 % en moyenne annuelle), ces dépenses ont connu sur la période 2007-2013 une forte croissance (+8 % en moyenne annuelle) avant de reculer sur la période 2013-2020 (-3,6 % par an). Un nouveau rebond de plus de +20 % en 2021 s'est produit.

Graphique 2 –Dépenses de R & D pour la protection de l'environnement en indice base 100 (2000)



Note : l'évolution des dépenses en prix courants et en volume est présentée en indice base 100 en 2000. Le déflateur du PIB est utilisé pour mesurer les dépenses en volume.

Champ : France.

Sources : SDES, compte satellite de l'environnement, 2023 ; Insee, comptes nationaux, 2023

1.2. 10 % des dépenses totales de R & D, soit 5,7 milliards d'euros, sont consacrées directement ou indirectement à l'environnement

Le ministère en charge de l'enseignement supérieur et de la recherche produit des données sur les dépenses de R & D liées à l'environnement. Elles comprennent les dépenses de R & D qui sont consacrées directement à l'environnement (c'est-à-dire avec la protection de l'environnement comme objectif principal). Elles comportent également les dépenses de R & D de nombreuses activités qui peuvent avoir un effet positif sur l'environnement sans pour autant que cela en soit l'objectif principal, comme la recherche concernant la gestion des ressources naturelles, l'utilisation rationnelle de l'énergie, les matériaux renouvelables ou la biodiversité.

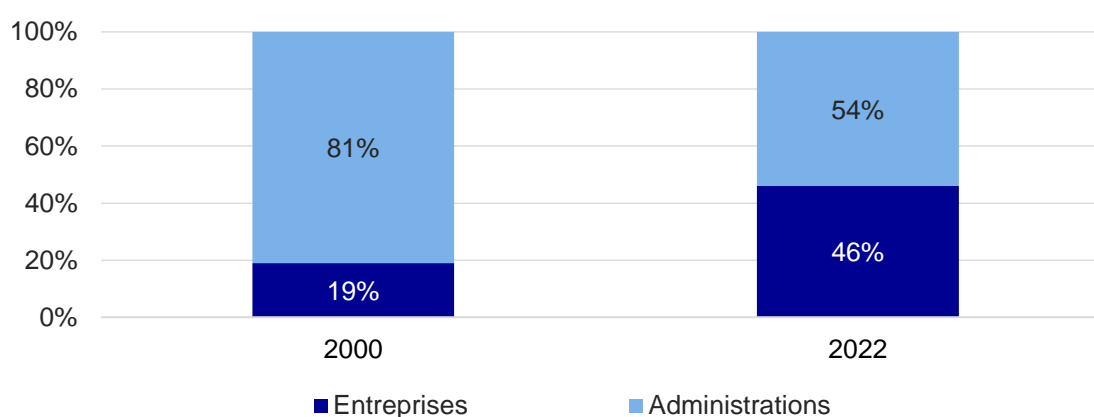
En 2022, les dépenses de R & D en France consacrées directement ou indirectement à l'environnement, y compris les dépenses engagées dans les secteurs de l'énergie et des transports, sont évaluées à 5,7 milliards d'euros selon l'enquête nationale sur les dépenses intérieures de R & D. Cet effort représente 10 % de la dépense intérieure de R & D (DIRD), estimée à 59 milliards d'euros (avec 39 milliards de dépenses des entreprises, DIRDE, et 20 milliards de dépenses des administrations, DIRDA).

1.3. Évolution des dépenses de R & D en environnement en France (2015-2022)

Sur la période récente, entre 2015 et 2022, la France a consacré à la R & D environnementale une part de l'ordre de 11 % des dépenses intérieures totales de R & D publique et privée (DIRD). L'évolution montre une montée en charge des entreprises mais aussi une tendance récente à la diminution progressive du total de ces dépenses. Si ces dépenses ont atteint un pic en 2017 (5,7 milliards d'euros), elles ont diminué depuis jusqu'en 2021 (5,4 milliards d'euros), avant de retrouver en 2022 leur niveau de 2017. Ce recul s'expliquerait par une réallocation des budgets de la recherche vers d'autres priorités scientifiques et technologiques. Si l'investissement des entreprises a ralenti durant la période de crise du Covid-19, le poids des dépenses de R & D environnementale dans la DIRD a été relativement résiliente en 2020, avec une baisse modérée et une part malgré tout quasi stable à 10 %.

Au début des années 2000, le secteur privé ne représentait que 19 % de la DIRD environnementale. En 2022, **la dépense en R & D des entreprises – quelle que soit la source de financement¹ – dans le domaine de l'environnement, y compris énergie et transports, s'élève à 2,6 milliards d'euros**, soit 46 % du total des dépenses en R & D en environnement (Graphique 3). Hors énergie et transports, la part des entreprises dans les dépenses de R & D liées à l'environnement s'élève même à 52 % (2022).

Graphique 3 – Part des entreprises et des administrations dans la dépense de R & D environnementale en 2000 et 2022 (en %)



Source : MESR-DGESIP/DGRI-SIES

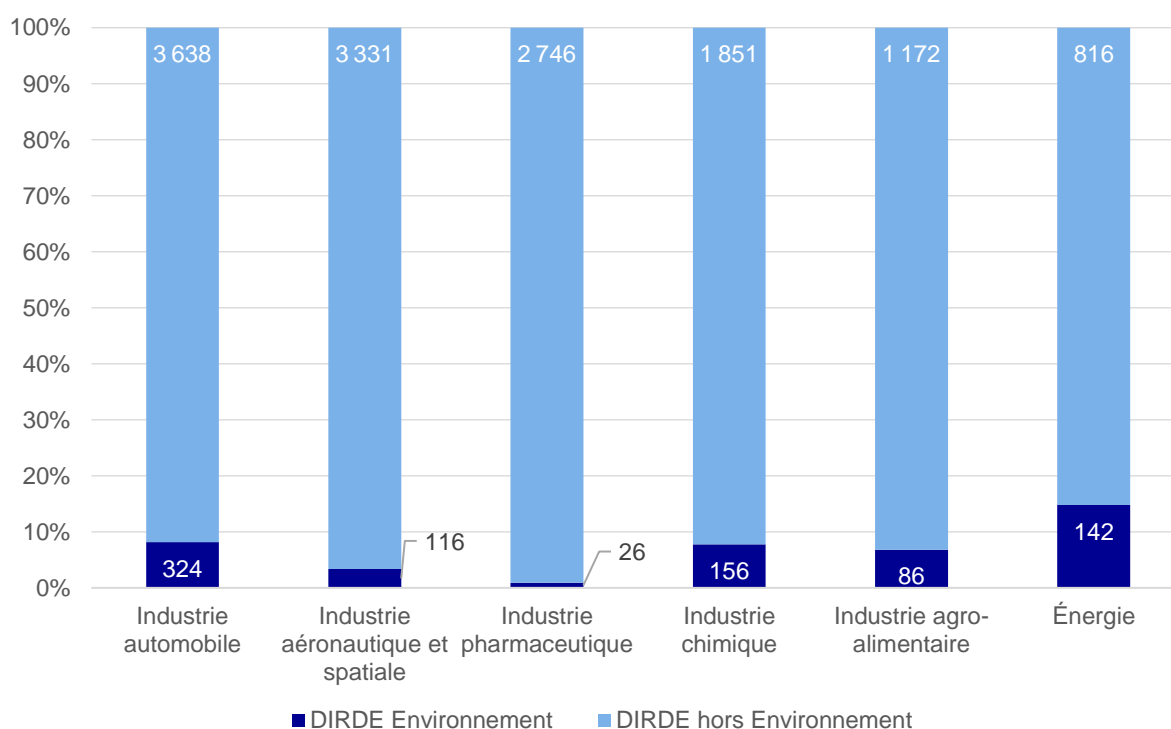
¹ Les efforts de R&D peuvent être mesurés en se référant soit à l'agent qui les exécute – ce qui est ici le cas – soit à celui qui les finance – ce qui fait l'objet de la section 1.5., ci-après.

1.4. Les entreprises consacrent 7 % de leurs dépenses de R & D au domaine de l'environnement

La R & D dans le domaine de l'environnement, y compris énergie et transports, représente 7 % de la dépense intérieure de R & D des entreprises en 2022.

En l'espèce, le périmètre correspond aux données qui résultent de l'enquête annuelle réalisée auprès des entreprises exécutant de la R & D sur le territoire national. La part consacrée à la R & D en environnement varie selon les branches. Elle est de 3 % de l'ensemble de la R & D dans l'industrie aéronautique et spatiale, et près de 8 % pour l'automobile, comme pour l'industrie chimique. La part la plus importante concerne le domaine de l'énergie (15 %), qui rassemble les branches de recherche des industries extractives, de cokéfaction et raffinage, et de production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné (Graphique 4). Trois branches, l'industrie automobile, l'industrie chimique et l'énergie, orientent relativement plus leur R & D vers l'environnement, puisqu'elles réalisent 23 % de la dépense de R & D en environnement, une part plus importante que leur poids dans le total de la R & D des entreprises (19 % de la DIRDE).

Graphique 4 – Part des dépenses de R & D des entreprises (DIRDE) consacrée à l'environnement dans six branches de recherche en 2022, en millions d'euros et en pourcentage



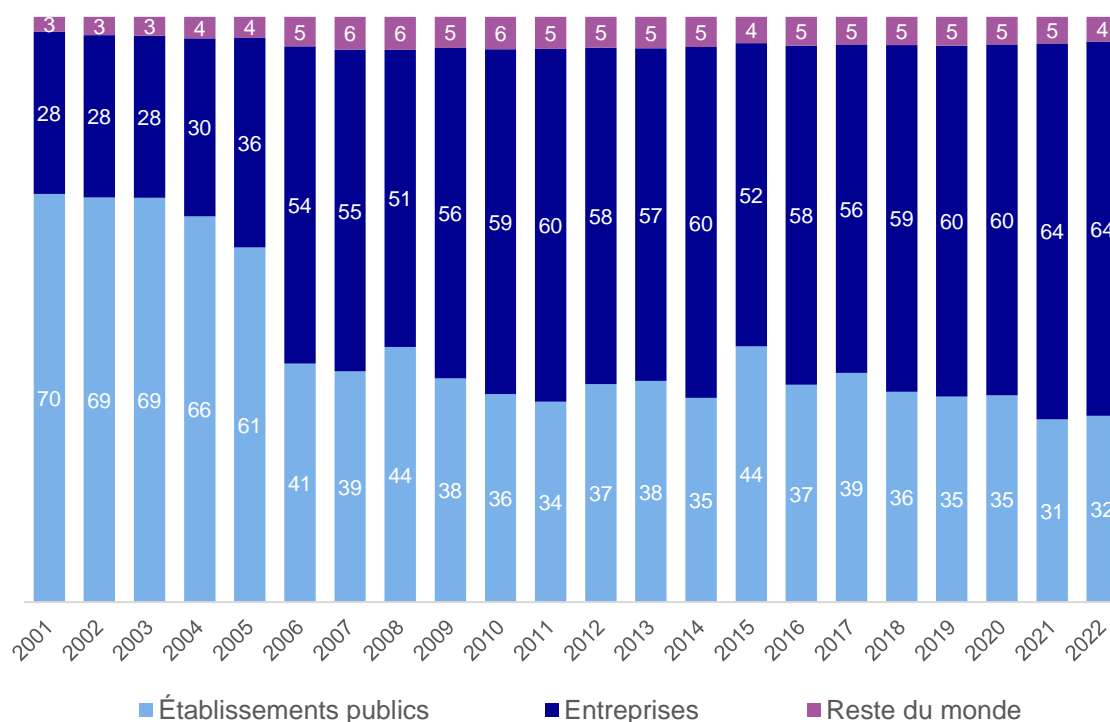
Source : MESR-DGESIP/DGRI-SIES

1.5. Les entreprises financent les deux tiers de la R & D pour l'environnement

Selon le périmètre Cepa, les entreprises ont mobilisé 2,7 milliards d'euros de financement des activités de R & D pour l'environnement en 2022, soit 64 % de la dépense totale. Un tiers de ces moyens correspondent à la production interne, et donc pour compte propre par les entreprises spécialisées en R & D (35 %). Les deux tiers restants correspondent à l'achat de services de R & D par des entreprises à d'autres secteurs.

Du côté du secteur public, les établissements publics mobilisent 1,3 milliard d'euros de moyens soit 32 % des dépenses totales de R & D pour l'environnement (Graphique 5). Les mesures d'incitations fiscales telles que le crédit d'impôt recherche ou le statut de jeune entreprise innovante (JEI) ne figurent pas dans ce calcul du financement public de la R & D des entreprises. Les 5 % restants sont constitués des activités de R & D sous-traitées à des organismes publics ou privés à l'étranger.

Graphique 5 – Évolution de la répartition du financement de R & D pour la protection de l'environnement entre 2001 et 2022, en pourcentage



Champ : France.

Sources : SDES, compte satellite de l'environnement, 2023 ; Insee, comptes nationaux, 2024

En évolution, la structure de l'effort de R & D pour l'environnement a connu un changement de la structure par secteurs (Graphique 5). Alors qu'au début des années 2000, la dépense de R & D pour la protection de l'environnement des administrations publiques contribuait pour les deux tiers, les entreprises sont devenues les principaux contributeurs à cet effort en fin de période. Les entreprises ont ainsi assuré 64 % de l'effort total en 2022, après y avoir contribué à hauteur de 30 % en moyenne au début des années 2000.

1.6. Près de 16 % des dépenses de R & D des administrations ont pour objectif l'environnement

Les efforts de R & D des administrations en matière d'environnement s'élèvent à 3,1 milliards d'euros, soit près de 16 % du total de leurs dépenses de R & D

L'effort global des administrations publiques est estimé à partir de l'enquête sur la répartition par objectifs socioéconomiques des crédits budgétaires destinés à la recherche de la mission interministérielle Recherche et enseignement supérieur (Mires), des contributions d'autres ministères (santé, défense, etc.), ainsi que des résultats de l'enquête R & D sur les dépenses et les ressources des organismes publics. Cet effort s'est élevé à 3,1 milliards d'euros en 2022, soit 15,5 % de la dépenses totale de R & D des administrations (20 milliards d'euros de DIRDA).

Le poids prépondérant des crédits de R & D consacrés à l'énergie

L'effort public de R & D pour l'environnement est très concentré : le secteur de l'énergie y représente à lui seul plus de 46 % du total (Tableau 1). Selon les données de l'enquête de R & D, hors énergie et transports, la dépense publique poursuit trois grands objectifs : la surveillance et la protection de l'environnement planétaire (23,7 %), la recherche universitaire sur les milieux naturels (21,9 %) et l'exploration et exploitation de la terre et de la mer (7,1 %).

Tableau 1 – Part des domaines de R & D pour l'environnement dans les administrations en 2022 (en pourcentage)

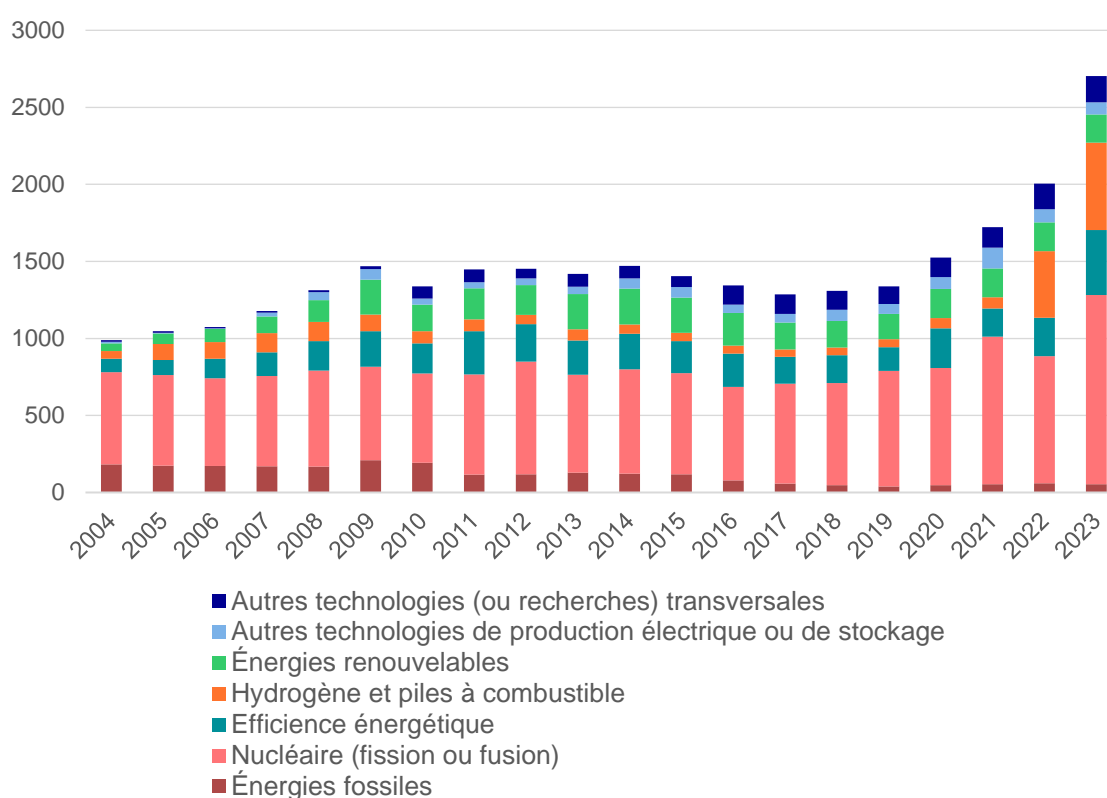
Domaine de R & D	2022
Énergie	46,4 %
Transports	0,9 %
Surveillance et protection de l'environnement	23,7 %
Recherche universitaire sur les milieux naturels	21,9 %
Exploration et exploitation de la Terre	7,1 %

Source : MESR-DGESIP/DGRI-SIES

1.7. Les crédits budgétaires consacrés à la R & D pour l'énergie décarbonée sont principalement liés au nucléaire

Dès lors que l'énergie représente de très loin la plus grande part de cet effort public de R & D destiné aux enjeux environnementaux, il est éclairant de considérer l'évolution globale des crédits budgétaires de R & D qui y sont consacrés et d'en détailler la structure par sous-domaines, qu'il s'agisse d'énergie décarbonée ou à bas carbone. Plusieurs points en ressortent, si l'on considère les deux dernières décennies. L'un concerne la baisse de la part relative de ces crédits publics qui est allouée aux énergies fossiles (hydrocarbures, charbon), qui est devenue de plus en plus résiduelle : en vingt ans, elle est passée de 18 % en 2004 à 2 % en 2023 (Graphique 6). Pour une part écrasante, ces crédits relèvent donc désormais de la décarbonation.

Graphique 6 – Niveau et structure des crédits budgétaires publics* de R & D consacrés en France à l'énergie par sous-domaines 2004-2023 (en millions d'euros)



* Le périmètre considéré porte uniquement sur les crédits gouvernementaux ; il n'inclut ni les financements internationaux (dont ceux de l'UE), ni ceux des collectivités territoriales.

Lecture : sur le total des crédits budgétaires de l'année 2014 (un peu moins de 1,5 milliard d'euros), la plus grande part (près de 678 millions d'euros) correspond au nucléaire.

Source : base de données de l'AIE, à partir des données du SDES du ministère en charge de l'écologie

Un autre fait majeur est l'importance persistante du nucléaire (fission ou fusion¹) : en moyenne sur les vingt années, ce domaine a représenté 48 % des crédits publics de R & D alloués à l'énergie. On observe de même la progression très forte² de ces crédits depuis l'année 2020, en particulier dans le domaine de l'efficacité énergétique (depuis 2023) et, plus encore, concernant l'hydrogène et les piles à combustible (depuis 2022). À l'aune de cet indicateur, par contraste, les énergies renouvelables ont globalement stagné en valeur au cours des quinze dernières années, ce qui implique qu'elles ont reculé en part relative.

2. L'effort de R & D public en comparaison internationale

Les données de l'OCDE permettent de comparer les pays à partir des données sur les crédits budgétaires par objectifs socioéconomiques. Les indicateurs mobilisés ici correspondent aux évolutions des crédits budgétaires dont l'objectif principal ou secondaire est l'environnement d'une part et d'autre part ceux qui poursuivent l'objectif de l'environnement.

2.1. Les crédits budgétaires de R & D alloués à l'environnement : la France dans la moyenne basse des pays de l'OCDE

Les données sur la recherche publique correspondent aux dépenses qui ont l'environnement pour finalité à titre principal ou secondaire. Elles sont issues de la ventilation de leurs activités de recherche par objectifs socioéconomiques, dont l'environnement. Elles permettent de mesurer l'effort total engagé dans la recherche publique en vue d'objectifs spécifiques, et sont regroupées selon une nomenclature permettant les comparaisons internationales, notamment au sein de l'OCDE.

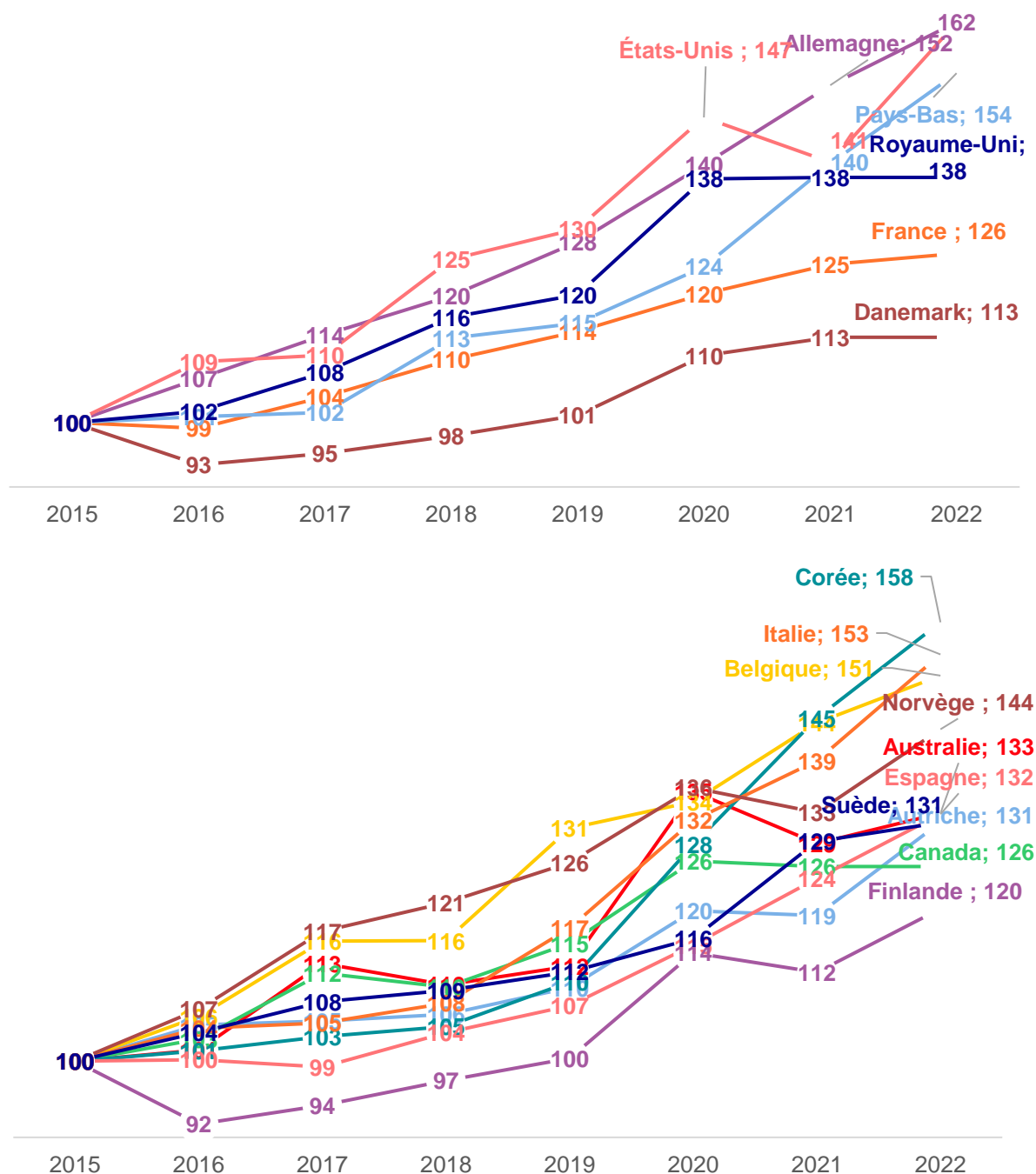
Durant les années 2015-2022, période pour l'essentiel postérieure à l'accord de Paris sur le climat³, les crédits budgétaires ont augmenté significativement dans la quasi-totalité des pays de l'OCDE (Graphique 7). Cette croissance a été très forte (plus de 50 %) aux États-Unis, en Corée, en Allemagne, aux Pays-Bas et en Italie. La France se situe dans une position intermédiaire, avec +26 %.

¹ Environ 20 % de ces crédits sont consacrés à la fusion et 80 % à la fission, avec un effort appelé à croître en direction des réacteurs modulaires de petite taille (Journe, 2024).

² Cette évolution, qui concerne aussi le nucléaire, tient en partie à la mise en place du plan d'investissement France 2030.

³ Cet accord a été adopté en décembre 2015.

Graphique 7 – Crédits budgétaires de R & D en faveur de l'environnement dans les pays de l'OCDE, entre 2015 et 2022 (base 100)



Note : le Japon a connu une croissance importante, au point qu'il n'est pas possible de le faire figurer sans nuire à la lisibilité de ce graphique pour les autres pays.

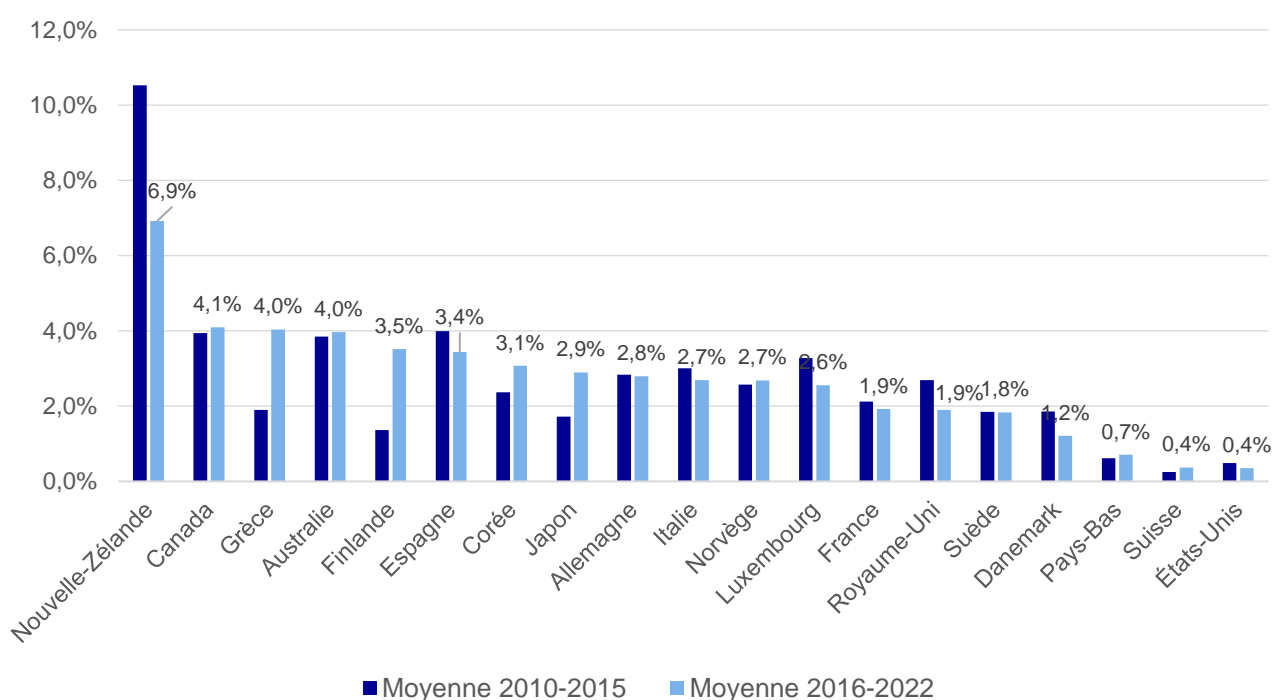
Lecture : la France est passée de l'indice 100 en 2015 à 126 en 2022 (le Japon, pour sa part, est passé à 273).

Source : calculs HCSP à partir des données de l'OCDE

Rapportés au total des crédits budgétaires, les crédits de R & D pour l'environnement fournissent une autre lecture des tendances. Ainsi les États-Unis, qui ont connu une forte croissance, ne consacrent que 0,4 % des crédits budgétaires à ce domaine, loin derrière de nombreux pays dont la proportion se situe dans une fourchette de 2,6 % à 4,1 %. La France, avec une proportion de 1,9 % sur la période 2015-2022, se situe dans une moyenne basse (Graphique 8).

Concernant le chiffrage des dépenses publiques de R & D en faveur de l'environnement, la comparabilité internationale des données est cependant problématique. Ceci tient à plusieurs raisons, concernant la manière dont les différents pays non seulement classent ces dépenses en fonction de différents objectifs socioéconomiques¹ mais aussi prennent ou non en compte les dépenses de R & D effectuées par une pluralité d'acteurs relevant du secteur public².

Graphique 8 – Part de l'environnement dans le total des crédits budgétaires publics de R & D (moyenne sur les périodes 2010-2015 et 2016-2022, en pourcentage)



Lecture : dans le cas de la France, la part moyenne a été de 1,9 % sur la période 2016-2022.

Source : HCSP, d'après la base de données de l'OCDE sur la répartition des crédits budgétaires gouvernementaux de R & D par objectifs socioéconomiques

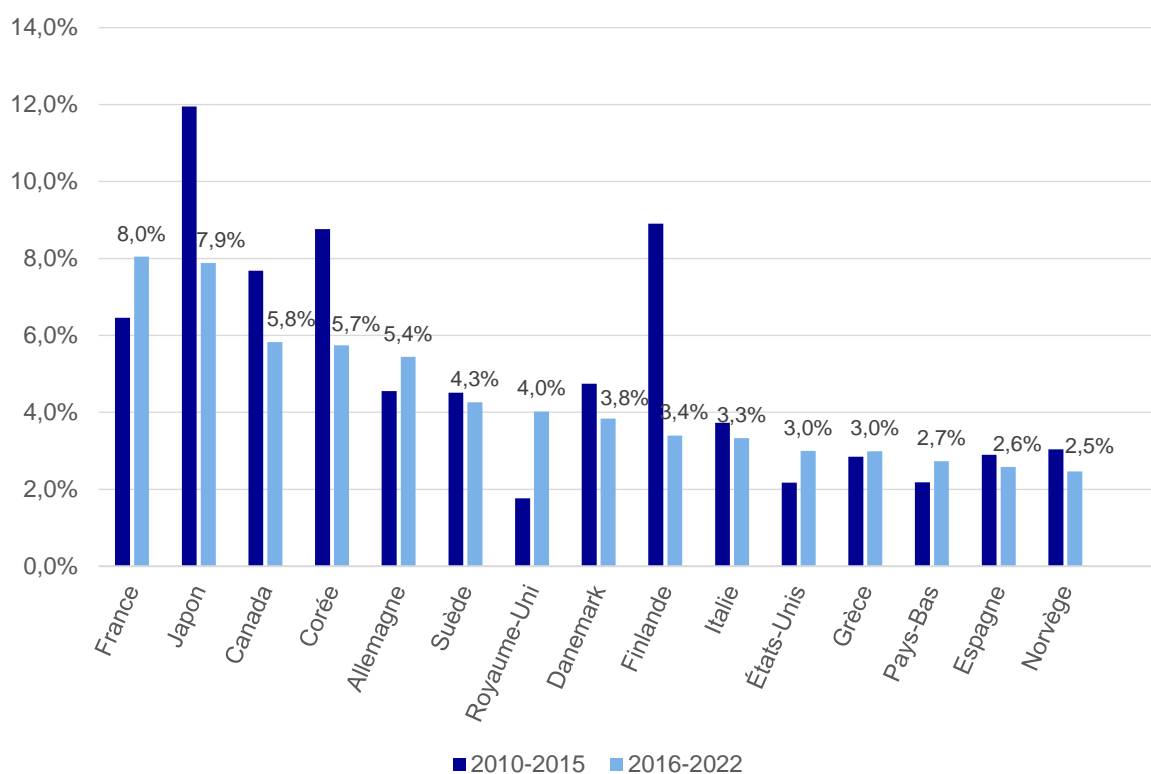
¹ Sur ce point, des précisions sont mentionnées ci-après (en conclusion de la section 2.2.).

² À ce sujet, voir Peterson et Semrau (2024), « *Innovationspolitik für die Transformation zur Klimaneutralität* », *Wirtschaftsdienst*, n° 5, p. 301-305.

2.2. En France, davantage de crédits budgétaires de R & D dans l'énergie décarbonée, par rapport aux autres pays du G7

Sur la base de ces mêmes données de l'OCDE, le constat est bien différent concernant le sous-ensemble des crédits budgétaires publics de R & D destiné à l'énergie (Graphique 9). Les crédits budgétaires de R & D en France mettent largement l'accent sur les objectifs en matière d'énergie. Sur ce plan et sur la dernière période 2016-2022, la France, avec une part des dépenses publiques de R & D d'en moyenne 8,0 %, se situe en tête du classement devant la plupart des pays de comparaison comme le Japon (7,9 %), l'Allemagne (5,4 %), le Royaume-Uni (4,0 %), l'Italie (3,3 %) et les États-Unis (3 %).

Graphique 9 – Part de l'énergie dans le total des crédits budgétaires publics de R & D (moyenne sur les périodes 2010-2015 et 2016-2022, en pourcentage)



Note : pays classés selon la valeur de la période la plus récente, 2016-2022.

Lecture : dans le cas de la France, la part moyenne a été de 8,0 % sur la période 2016-2022.

Source : HCSP, d'après la base de données de l'OCDE sur la répartition des crédits budgétaires gouvernementaux de R & D par objectifs socioéconomiques

Comme indiqué précédemment mais à propos du seul cas de la France (Graphique 6), une banque de données de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) renseigne non seulement sur le

montant total des crédits budgétaires de R & D que divers pays consacrent à l'énergie mais aussi sur la structure de ces crédits par sous-domaines¹. Compte tenu des données disponibles et pour inclure dans la comparaison² le cas des États-Unis – qui est renseigné par ailleurs³ –, le champ considéré est restreint aux énergies décarbonées⁴ mais le périmètre budgétaire est un peu plus large, en ce sens qu'il englobe à la fois la R & D et les activités de démonstration (Graphique 10)⁵. La France figure parmi les pays qui, en montants absolus, consacrent à l'énergie le plus de crédits budgétaires au titre de la R & D et des démonstrateurs : au deuxième rang mondial derrière les États-Unis selon les informations qui sont publiées par l'AIE avec ce niveau de détail par sous-domaines mais en réalité au troisième rang si l'on tient compte de la Chine, pour laquelle sont seulement publiées des estimations très globales⁶. Dans cette liste de pays (la Chine mise à part), seuls six⁷ ont en 2023 avoisiné ou dépassé le seuil de deux milliards de dollars et, parmi eux, quatre – la France, les États-Unis, le Japon et le Royaume-Uni – ont en commun d'accorder une part importante au nucléaire. Au vu de ces données, de même, la France se révèle être l'un des pays dans lesquels la recherche publique mise le plus sur l'hydrogène décarboné⁸.

En somme, et en particulier au vu des données sur les crédits budgétaires de R & D, la comparaison internationale suggère que la France consacre en matière de R & D beaucoup plus de moyens à l'objectif socioéconomique « énergie » qu'à des fins strictement environnementales⁹. Comment l'interpréter, alors même que selon les données nationales publiées par la France et comme montré précédemment, les dépenses de R & D que notre pays consacre à l'énergie apparaissent à l'inverse comme inférieures aux dépenses de R & D qu'il alloue à l'environnement ?

¹ <https://www.iea.org/data-and-statistics>

² Mis à part les pays de l'OCDE, ces données de l'AIE englobent certains pays non membres (dont le Brésil) mais pas la Chine. Il faut cependant souligner que la Chine est devenue le pays qui, en termes de montants absolus, consacre à l'énergie le plus de dépenses publiques de R & D. Voir AIE (2024), *World Energy Investment 2024*, rapport, Agence internationale de l'énergie, juin.

³ <https://infogram.com/chart-53-1h0n25od71dw14p>

⁴ Laisée de côté en l'espèce, la part relative de ces crédits qui est allouée aux énergies fossiles (hydrocarbures, charbon) est devenue résiduelle dans le cas de la France mais reste élevée dans d'autres pays tels que le Brésil.

⁵ Entre ce périmètre élargi et celui de la seule R & D, la différence est en général modérée mais varie selon les pays. Ainsi, concernant l'énergie, la composante R & D a en 2023 représenté 88 % du total des crédits de R & D et de démonstration dans le cas de la France et 97 % dans le cas de l'Allemagne, selon cette base de données de l'AIE.

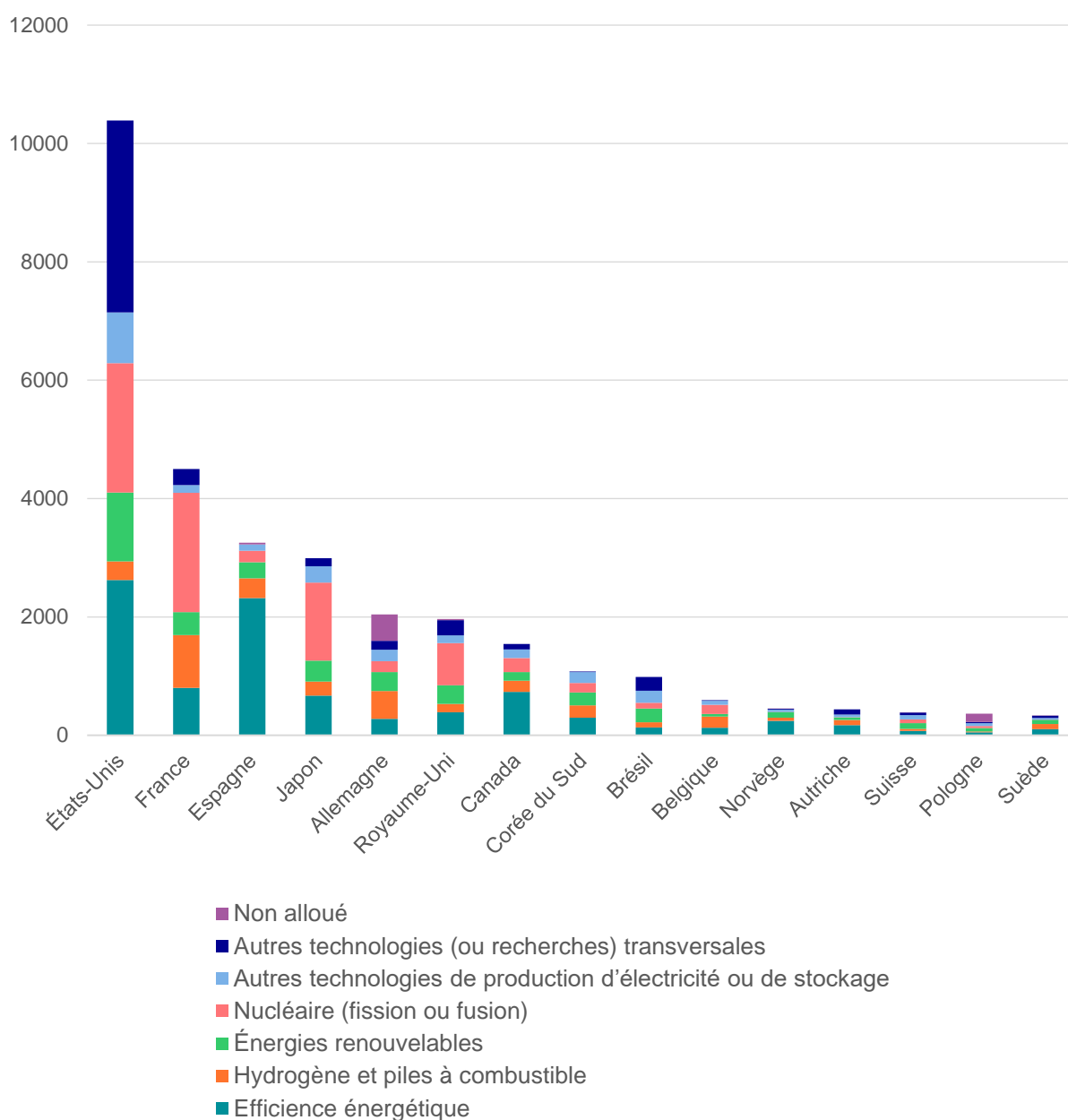
⁶ Si l'AIE ne publie pas de données détaillées sur la Chine, elle mentionne cependant (AIE, 2024) que la Chine est devenue le pays qui, en termes de montants absolus, consacre à l'énergie le plus de dépenses publiques de R & D.

⁷ L'Espagne, qui dans ce classement se situait à un rang mondial bien moindre auparavant, a dernièrement engagé des crédits en très forte hausse, surtout dans le domaine de l'efficacité énergétique.

⁸ Sur le cas de la France, voir aussi Cour des comptes (2025), *Le soutien au développement de l'hydrogène décarboné*, rapport, juin. Dans ce rapport, les objectifs des stratégies nationales en matière d'hydrogène décarboné sont jugés irréalistes.

⁹ Voir les graphiques 8 et 9.

Graphique 10 – Crédits budgétaires publics de R & D et de démonstration consacrés à l'énergie bas carbone en comparaison internationale : montants absolus et structure par sous-domaines en 2023 (en millions de dollars, aux taux de change de 2024 et en parité de pouvoir d'achat)



Note : pour les États-Unis, les données sont estimées par le secrétariat de l'AIE à partir de sources publiques.

Lecture : dans le total des crédits concernant la France en 2023 (un peu plus de 4,5 milliards de dollars), un peu plus de 2 milliards de dollars correspond au nucléaire et un peu moins de 900 millions à des projets en matière d'hydrogène et de piles à combustible.

Source : HCSP d'après la base de données de l'AIE (mai 2025), sauf pour les États-Unis

Ce décalage tient sans doute en partie à l'effort de R & D consacré au nucléaire, que les données internationales rattachent au domaine de l'énergie (décarbonée) et non à celui de l'environnement. Le paradoxe pourrait s'expliquer aussi par des artéfacts statistiques. En effet, et sachant que les statistiques internationales sur les dépenses de R & D publiées par Eurostat ou l'OCDE reposent sur des données d'enquêtes et donc sur un fondement déclaratif, la ligne de partage entre ce qui relève de la protection de l'environnement et ce qui relève de l'énergie est parfois floue, en pratique. Compte tenu des nomenclatures utilisées dans les enquêtes en question, une même dépense de R & D visant à produire de l'énergie renouvelable ou à maîtriser l'énergie peut ainsi être classée par les répondants tout aussi bien comme relevant de la protection de l'air et du climat que comme relevant de l'énergie¹.

En comparaison internationale, on manque par ailleurs de données sur les orientations environnementales et énergétiques de l'effort de R & D du secteur privé², notamment concernant les entreprises actives dans de multiples champs technologiques³. Pour surmonter ce problème, des études⁴ ont estimé la valeur cumulée de ces dépenses de R & D privées relatives aux technologies d'atténuation du changement climatique, via des hypothèses sur le coût unitaire de l'activité inventive, en calculant le montant moyen de R & D investi pour obtenir une invention brevetée en la matière. En ressortent notamment, des indications sur la place de la France en Europe pour le nombre d'entreprises actives dans ce domaine et pour la valeur de leurs investissements en R & D. Le fait est que, par rapport aux données sur la R & D, les statistiques fondées sur les brevets d'invention sont considérablement plus riches d'enseignements, notamment quant au profil des déposants (entreprises ou entités publiques de recherche). Elles couvrent de même un champ plus vaste sur le plan géographique, permettant à la comparaison internationale de mieux mettre en évidence le poids croissant de pays tels que la Chine.

¹ Voir à ce sujet ce qu'indique le compte rendu de récents échanges organisés par le CNIS sur la mesure des efforts de R & D et d'innovation en faveur de la transition écologique (CNIS [2024], « [Compte rendu de la réunion de la commission Entreprises et Stratégies de marché \(ESM\)](#) », octobre).

² Cette lacune tient en partie à la nécessité de limiter la longueur des enquêtes. Plus encore, elle s'explique par le fait que les entreprises ne considèrent pas spontanément leurs activités de R & D selon le type de nomenclature que le secteur public a conçu pour répartir ses dépenses et ses financements. Voir OCDE (2025), *Measuring Science and Innovation for Sustainable Growth*, Paris, Éditions de l'OCDE.

³ Voir Pasimeni F., Fiorini A. et Georgakaki A. (2019), « [Assessing private R&D spending in Europe for climate change mitigation technologies via patent data](#) », *World Patent Information*, vol. 59, décembre.

⁴ Voir notamment Pasimeni et al. (2019), ainsi que Grassano N., Hernandez Guevara H., Fako P. et al. (2021), *The 2021 EU Industrial R&D Investment Scoreboard*, Luxembourg, Office des publications de l'Union européenne.



DEUXIÈME PARTIE

L'ESSOR DES TECHNOLOGIES AU VU DES INVENTIONS BREVETÉES

Les données de brevets¹ permettent de fournir des éclairages précieux sur l'innovation en matière de décarbonation. Dans cette perspective, plusieurs travaux ou bases de données peuvent être mobilisés. Si certains ont défini un périmètre de technologies d'atténuation du changement climatique (TACC), qualifiées aussi de technologies liées au climat, de technologies à bas carbone ou à faibles émissions, d'autres retiennent généralement les termes de technologies vertes, durables, propres ou environnementales, bien que ces dénominations posent de multiples problèmes tant conceptuels que pratiques².

1. Évolution mondiale des brevets en matière de technologies « propres »

Dans la présente note d'étape, l'analyse relative aux données de brevets se fonde en partie sur une étude que le HCSP a commanditée à l'Observatoire des sciences et des techniques (OST)³. Cette étude, de même qu'un important rapport publié conjointement en 2024 par l'Office européen des brevets (OEB) et la Banque européenne d'investissement (BEI)⁴, se focalise sur les « technologies propres et durables » (*clean and sustainable technologies*). Dans le cas de ces deux travaux, l'unité de mesure utilisée correspond aux familles

¹ Sur la portée et les limites de ces données, voir l'[Annexe 4](#).

² À ce sujet, voir l'[Annexe 3](#).

³ OST (2025), *L'innovation en faveur de la décarbonation*, rapport final, Observatoire des sciences et des techniques, octobre.

⁴ OEB-BEI (2024), *Financing and Commercialisation of Cleantech Innovation*, rapport Office européen des brevets et Banque européenne d'investissement, avril.

internationales de brevets, avec une demande de protection pour au moins deux pays. À un niveau relativement agrégé, ces familles de brevets peuvent être classées selon une typologie en onze grands domaines technologiques¹.

1.1. Les classes de technologies « propres » considérées : des poids inégaux

Au vu de ces données et au cours des cinq dernières années pour lesquelles l'information détaillée est publiée² (2017-2021, Graphique 11), près d'un tiers (32,1 %) des brevets concernant ces technologies « propres »³ relève du domaine de l'énergie à bas carbone (production d'énergie renouvelable, solutions de stockage d'énergie, etc.). Par ordre décroissant, les autres principaux domaines concernent les technologies d'atténuation en matière de transport, puis celles du recyclage du plastique et des solutions alternatives au plastique, celles de l'atténuation dans la production de biens (industriels ou agricoles), celles de l'atténuation en rapport avec le bâtiment, celles de l'adaptation au changement climatique et celles de l'atténuation dans les technologies de l'information et de la communication⁴ (TIC).

Les quatre derniers domaines sont de moindre importance au vu de cet indicateur : les technologies relatives à l'hydrogène décarboné, celles qui relèvent de l'atténuation en lien avec le traitement des déchets et des eaux usées, les réseaux électriques intelligents (*smart grids*) et enfin ce qui concerne le captage et le stockage du carbone (Graphique 11).

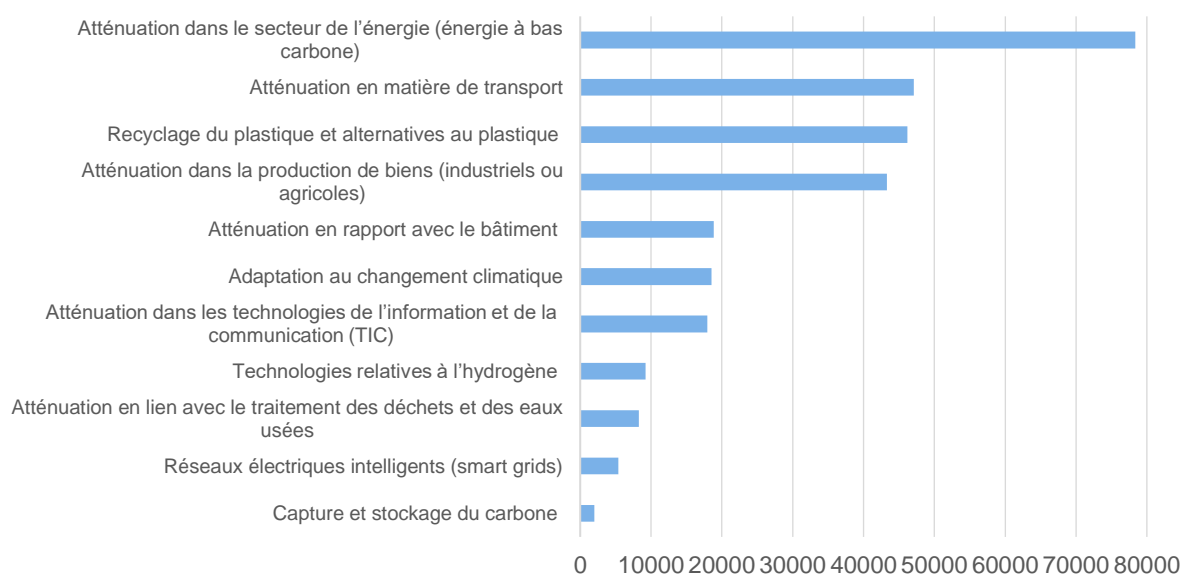
¹ Pour plus de détail sur la méthode de repérage de ces technologies « propres et durables » à partir des données de brevets, et pour une description de ces onze domaines technologiques, voir l'[Annexe 5](#) et l'[Annexe 6](#).

² Il existe en général un délai de 18 mois entre le moment où une invention fait l'objet d'un premier dépôt de brevet (dépôt dit prioritaire) et celui où ce dépôt est publié. Les études se fondent, selon les cas, sur l'année de priorité ou sur l'année de publication.

³ OEB-BEI (2024). Le rapport OST (2025) indique que cette part a été de 33 % sur la période 2018-21. Cervantes et al. (2023) trouvent eux aussi un résultat similaire.

⁴ Il s'agit de technologies qui visent à réduire la consommation d'énergie des TIC. Au-delà de ce seul cas, le contenu de ces groupes de technologies à bas carbone est précisé ci-après, dans l'[Annexe 3](#), l'[Annexe 5](#) et l'[Annexe 6](#).

Graphique 11 – Nombre total d'inventions brevetées* dans le monde, selon un découpage en onze domaines technologiques (sur l'ensemble de la période 2017-2021)



* Nombre total cumulé de familles internationales de brevets sur la période, dans cet ensemble de domaines technologiques. Les données sont datées en fonction de l'année de priorité.

Source : OEB-BEI (2024), *Financing and Commercialisation of Cleantech Innovation, rapport*, Office européen des brevets et Banque européenne d'investissement, avril

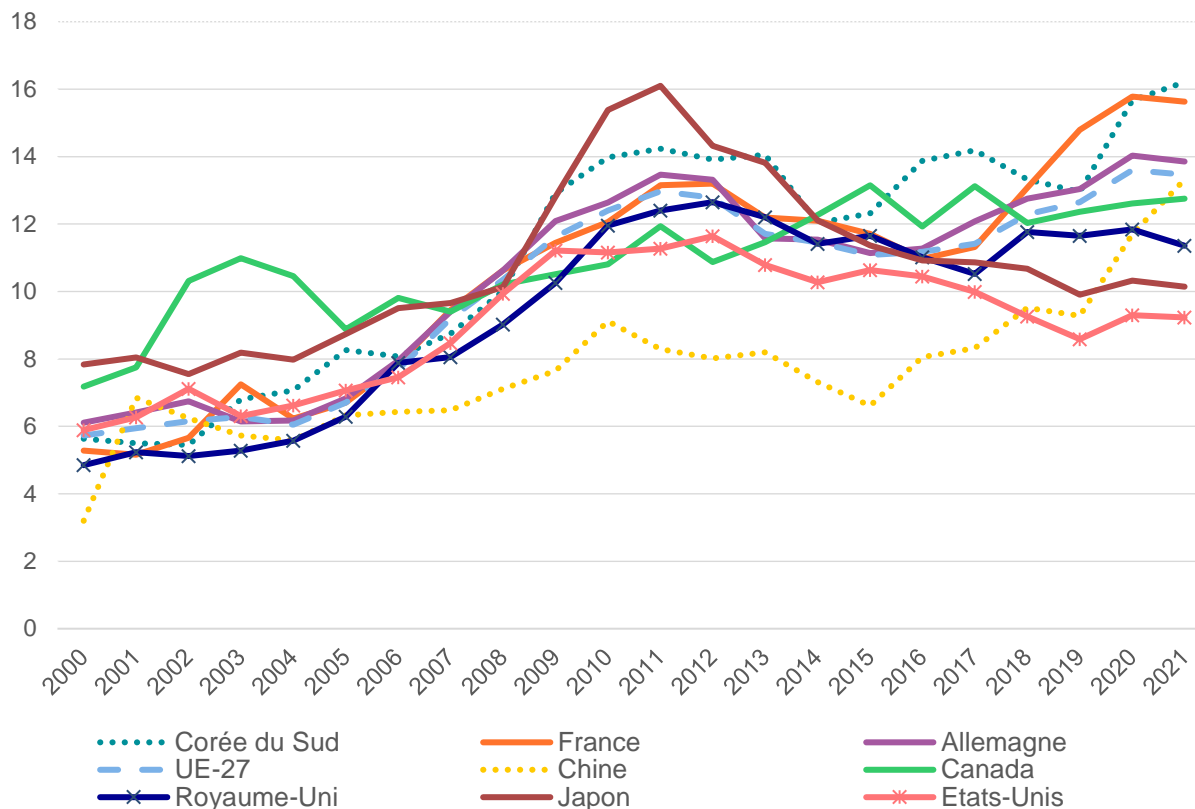
1.2. La part croissante du *cleantech* dans le total mondial des inventions brevetées

Concernant cet ensemble de technologies, les familles internationales de brevets identifiées dans le rapport OEB-BEI (2024) sont aussi recensées sur une période plus longue, qui va de 1997 à 2021. Au cours de ce quart de siècle, le nombre total de brevets dans les « technologies propres et durables » s'est fortement accru : son flux annuel a plus que sextuplé entre l'année 1997 et l'année 2021.. Dans le total mondial, toutes classes de technologies confondues, la part de ces technologies est passée d'un peu moins de 8 % du total en 1997 à presque 15 % en 2021.

Il est intéressant de noter que, depuis 2016-2017, cette part a progressé de manière particulièrement forte dans le cas de la France et de la Chine, alors qu'elle a légèrement baissé dans le cas des États-Unis et du Japon¹. Sur l'ensemble des années 2000-2021 et surtout en fin de période, la progression a aussi été très marquée en Corée du Sud (Graphique 12).

¹ Ce constat ressort du dernier rapport annuel de la commission d'experts mise en place par le gouvernement fédéral allemand sur les questions de recherche et d'innovation (Expertenkommission Forschung und Innovation - EFI). Y figure en effet une analyse similaire, au sujet de la décarbonisation et à partir de dépôts de brevets transnationaux (EFI, 2025). Dans cette publication allemande, certes, les choix méthodologiques sous-jacents sont légèrement

Graphique 12 – Part des technologies de décarbonation dans le total des dépôts de brevets* (en pourcentage)



* Ce chiffrage porte sur les dépôts de brevets transnationaux, définis en l'espèce comme les dépôts de brevets effectués soit – dans le cas des pays européens – auprès de l'Office européen des brevets (OEB), soit – dans le cas des pays non européens – via la procédure PCT (Patent Cooperation Treaty) gérée par l'Office mondial de la propriété intellectuelle (OMPI)¹. La classification géographique est faite en fonction de l'adresse des inventeurs. Pour ce périmètre de technologies, les mots-clés retenus sont les suivants : « décarbonation », « bas carbone », « changement climatique » (et « atténuation » ou « adaptation »), « émission de gaz à effet de serre » (et « atténuation » ou « adaptation » ou « captage » ou « stockage » ou « séquestration » ou « élimination »), « énergie verte », « énergie propre », « énergie renouvelable », « efficacité énergétique », « carbone » (et « captage » ou « stockage » ou « séquestration » ou « élimination »), « zéro émission », « énergie solaire », « énergie éolienne », « énergie géothermique », « économie circulaire », « pollution » (et « contrôle » ou « réduction » ou « atténuation »), « smart grid ».

Source : EFI (2025), *Jahregutachten zu Forschung, Innovation und Financing and technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2025* ; données PATSTAT, calculs de l'EFI

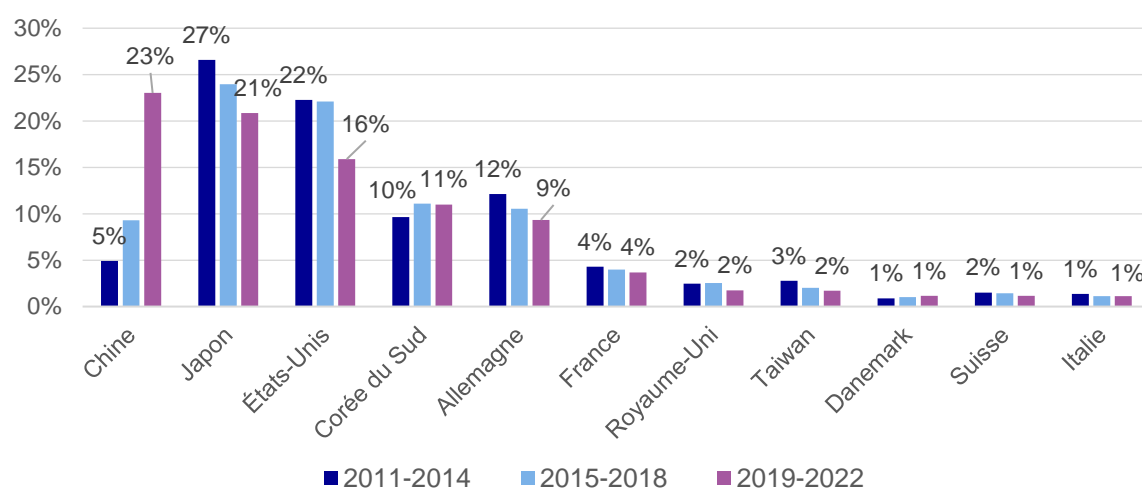
différents (voir la légende du graphique 12). Mais cela ne diminue en rien la pertinence de ces résultats, qui confirment très largement ceux des autres études mentionnées.

¹ World Intellectual Property Organization (WIPO).

1.3. Un essor tiré par la Chine ces dernières années, mais une Europe restée au premier plan

Dans cette évolution, plusieurs phases peuvent être distinguées¹. Au cours des années 2006-2012, le dynamisme des brevets *cleantech* a été porté principalement par les pays de l'UE et par le Japon. Par la suite, et surtout à partir de 2016, l'essor le plus net est venu de Chine², un pays qui s'est en quelques années hissé au tout premier rang mondial (Graphique 13). À cet égard, la France se situe actuellement au sixième rang mondial, derrière la Chine, le Japon, les États-Unis, la Corée du Sud – qui renforce sa position sur l'ensemble des années considérées – et l'Allemagne.

Graphique 13 – Les parts mondiales des onze premiers pays dans les technologies décarbonées, au vu des familles internationales de brevets (2011-2022, en pourcentage)



Note : les données sont indiquées en fonction de l'année de publication.

Lecture : la part de la Chine dans ce total mondial est passée de 5 % sur la période 2011-2014 à 9 % dans les années 2015-2018, puis à 23 % entre 2019 et 2022.

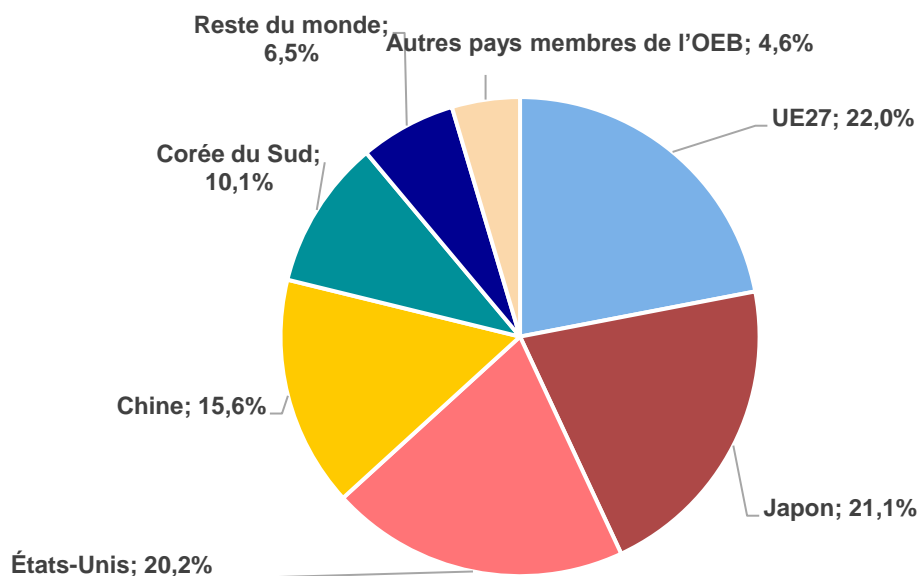
Source : OST (2025), calculs d'après les données PATSTAT

En moyenne sur la totalité de la période 2017-2021, l'ensemble constitué par les 27 pays de l'UE et les autres pays membres de l'OEB (Royaume-Uni, Suisse, Norvège, etc.) est malgré tout resté au tout premier plan, avec une part mondiale de près de 27 %, devant le Japon (21 %), les États-Unis (20 %) et la Chine (15 %) (Graphique 14).

¹ À ce sujet, voir aussi OEB-BEI (2024).

² En témoigne le fait que la Chine se situe depuis plusieurs années parmi les principaux acteurs mondiaux dans plusieurs secteurs clé pour la transition climatique, dont le solaire photovoltaïque, les batteries, les turbines éoliennes et le nucléaire civil. Voir Glachant M. et Touboul S. (2021), « La contribution chinoise à l'innovation technologique bas-carbone », *GREEN*, n° 2021/1, p. 147-150.

Graphique 14 – Brevets en matière de technologies « propres » * par pays d'origine (en pourcentage du total mondial, sur la période 2017-2021)



* Parts mondiales du nombre total de familles internationales de brevets, dans le champ technologique retenu (onze grandes classes de technologies « propres »). Les données sont datées en fonction de l'année de priorité. Le critère géographique retenu est l'adresse du déposant. La catégorie des autres pays membres de l'OEB correspond à l'Islande, à la Norvège, à la Suisse, au Royaume-Uni et à la Turquie.

Source : OEB-BEI (2024), *Financing and Commercialisation of Cleantech Innovation, rapport*, Office européen des brevets et Banque européenne d'investissement, avril

2. Évolution de la part mondiale de la France dans les technologies « propres »

2.1. Une part en baisse de moitié depuis le début des années 1980

Comme indiqué dans l'étude effectuée par l'OST pour le HCSP, la part relative de la France dans le total des familles internationales de brevets *cleantech* a été ces dernières années de l'ordre de 4 %¹ (Graphique 13)².

¹ Ce chiffrage par pays est établi en fonction de l'adresse des déposants de brevets mais il ne change pas significativement, à ce niveau de détail, quand le calcul se fonde plutôt sur l'adresse des inventeurs (OST, 2025).

² Cette part mondiale de la France varie bien évidemment selon les domaines et sous-domaines considérés. Alors qu'à un extrême, elle atteint 18 % dans les technologies à bas carbone relatives au transport aérien, elle n'est à l'autre extrême que de 1 % pour les technologies d'atténuation dans les TIC. Voir à ce sujet l'Annexe 7.

Ce constat est corroboré à la fois par le rapport déjà mentionné de l'OEB et de la BEI (2024) sur les brevets en matière de *cleantech*¹ et par le rapport commun publié en 2021 par l'OEB et l'Agence internationale de l'énergie (AIE)², qui est présenté plus en détail ci-après³ et qui porte sur six grandes classes de technologies d'atténuation du changement climatique, sur la période 2010-2019 (Graphique 15).

Un travail antérieur⁴ a mis en évidence que la part relative de la France, qui atteignait 8,7 % en 1980, a diminué jusqu'à un point bas de 3,6 % en 1997, avant de reprendre quelque peu et de se situer en moyenne à 4,5 % sur la période 2003-2008. Certes, cet autre chiffrage a été effectué sur la base de choix méthodologiques différents sur certains points⁵, bien qu'assez proches⁶ ; il se distingue également par le périmètre des technologies considérées⁷. Malgré tout, les indications données par ces deux travaux sont concordantes. Elles mettent notamment en évidence la baisse tendancielle de la part relative de la France dans le total mondial, à mesure que s'affirment d'autres pays en Europe⁸ et, plus encore, dans d'autres régions du monde (Chine, Corée du Sud, etc.⁹).

¹ Selon ce rapport, la part relative de la France a été de 4,1 sur la période 2017-2021, avec un décompte en fonction de l'année de priorité (OEB-BEI, 2024).

² OEB-AIE (2021), *Patents and the Energy Transition. Global Trends in Clean Energy Technology Innovation*, rapport, Office européen des brevets et Agence internationale de l'énergie, avril. Dans ce rapport, les indications concernant les aspects géographiques (pays ou régions) se réfèrent au critère du lieu de résidence de l'inventeur (et non de la nationalité de l'entité qui a effectué le dépôt).

³ Voir le tableau 2.

⁴ Ménière Y., Glachant M., Dechezleprêtre A., Pot C., Carrère F. et Le Blanc G. (2013), « *L'innovation technologique face au changement climatique : quelle est la position de la France ?* », *Économie et prévision*, n° 202-203, p. 53-80.

⁵ Ainsi, Ménière et al. (2013) n'effectuent pas leurs décomptes en fonction des familles internationales de brevets mais utilisent des coefficients de pondération distincts en fonction des (groupes de) pays considérés, afin d'éliminer des biais statistiques tenant à certaines particularités nationales des systèmes de brevets.

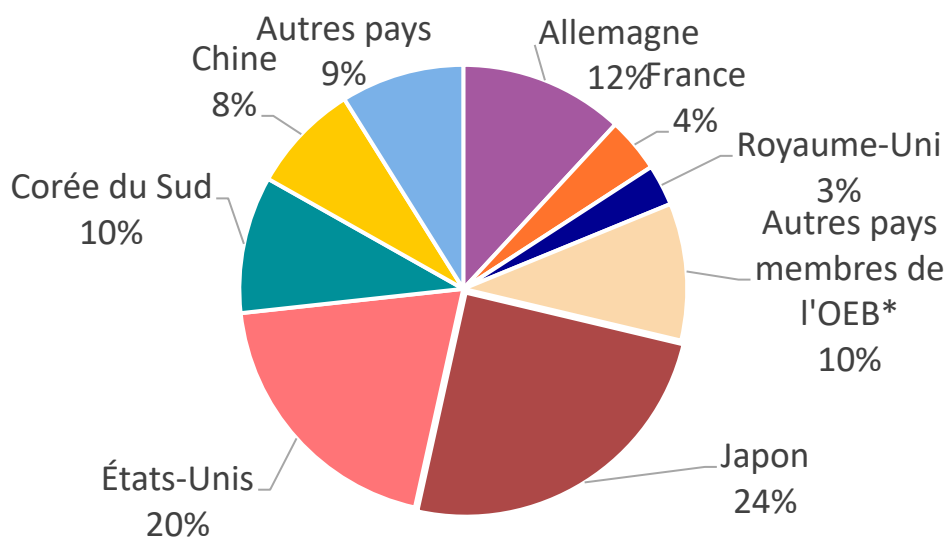
⁶ En particulier, les décomptes effectués dans ces deux études se fondent non pas sur la totalité des dépôts de brevets mais sur les familles internationales de brevets (voir à ce sujet l'Annexe 5).

⁷ Les onze grandes classes de technologies « propres et durables » considérées dans le rapport OEB-BEI (2024) couvrent un champ un peu plus vaste que les dix-sept groupes de technologies de lutte contre le réchauffement climatique retenus chez Ménière et al., (2013). Ces dix-sept groupes sont listés ci-après (Graphique 19).

⁸ Par rapport au début des années 2010, c'est surtout le cas du Danemark et de la Norvège (OST, 2025).

⁹ À leur époque, Ménière et al. (2013) mentionnaient aussi le Canada et l'Australie.

Graphique 15 – Part des brevets en matière de technologies d'énergie à bas carbone* par pays d'origine (sur la période 2010-2019, en pourcentage du total mondial)



* Parts mondiales du nombre total de familles internationales de brevets, dans le champ retenu (les six grandes classes de technologies sont mentionnées ci-après dans le tableau 2).

** Dont l'Italie (1 %), la Suède (1 %), les Pays-Bas (1 %), le Danemark (1 %), l'Autriche (1 %), l'Espagne (1 %) et la Suisse (1 %).

Lecture : la part mondiale de la France a en moyenne été de 4 % sur la période 2010-2019.

Source : OEB-AIE (2021), *Patents and the Energy Transition. Global Trends in Clean Energy Technology Innovation*, rapport, Office européen des brevets et Agence internationale de l'énergie, avril

2.2. La France est passée du quatrième au sixième rang mondial au cours des trente dernières années

Les données figurant dans le rapport de l'OEB et de la BEI (2024) sur les brevets en matière de *cleantech* montrent que la France s'est sur la période 2017-2021 située au sixième rang mondial, derrière le Japon, les États-Unis, la Chine, la Corée du Sud et l'Allemagne.

Ce constat est corroboré par le rapport commun publié en 2021 par l'OEB et l'AIE¹, qui porte sur un périmètre plus étroit et une période plus longue. Il en ressort que, concernant les familles de brevets considérées et sur la période 2010-2019, la France s'est dans l'ensemble située au sixième rang mondial, derrière la Chine, la Corée du Sud, l'Allemagne, les États-Unis et le Japon (Graphique 17).

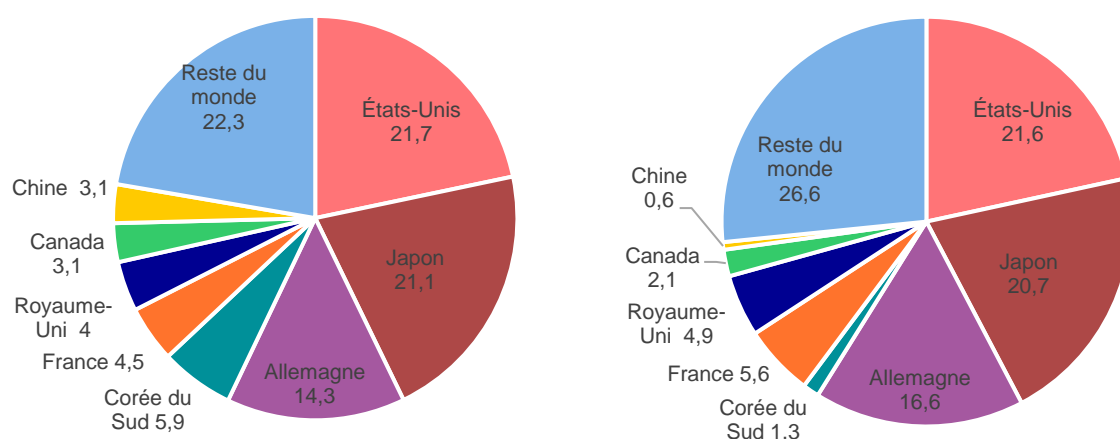
¹OEB-AIE (2021).

L'étude plus ancienne de Ménière *et al.* (2013) montre que la France occupait encore le cinquième rang mondial au cours des années 2003-2008, après avoir été au quatrième rang durant la période 1980-2003 (Graphique 16). Une rétrogradation du même ordre avait également touché le Royaume-Uni et l'Allemagne. La comparaison entre ces différentes périodes montre aussi que tant les États-Unis que le Japon ont longtemps réussi à maintenir leur rang. Elle fait aussi ressortir l'exceptionnel dynamisme qui, au cours des trente dernières années, a caractérisé la Corée du Sud et la Chine. Ce dernier pays est passé du huitième rang mondial sur la période 2003-2008 au premier rang mondial sur la période 2019-2022¹.

**Graphique 16 – Brevets en matière de technologies « propres »* :
une répartition par pays d'origine (en pourcentage du total mondial)**

a/ Parts sur la période 2003-2008

b/ Parts sur la période 1980-2003



* Parts mondiales du nombre de familles internationales de brevets, dans le champ technologique retenu (dix-sept classes de technologies de lutte contre le réchauffement climatique). Le critère géographique retenu est l'adresse du déposant.

Lecture : la part relative de la France dans le total mondial est en moyenne passée de 5,6 % sur la période 1980-2003 à 4,5 % sur la période 2003-2008.

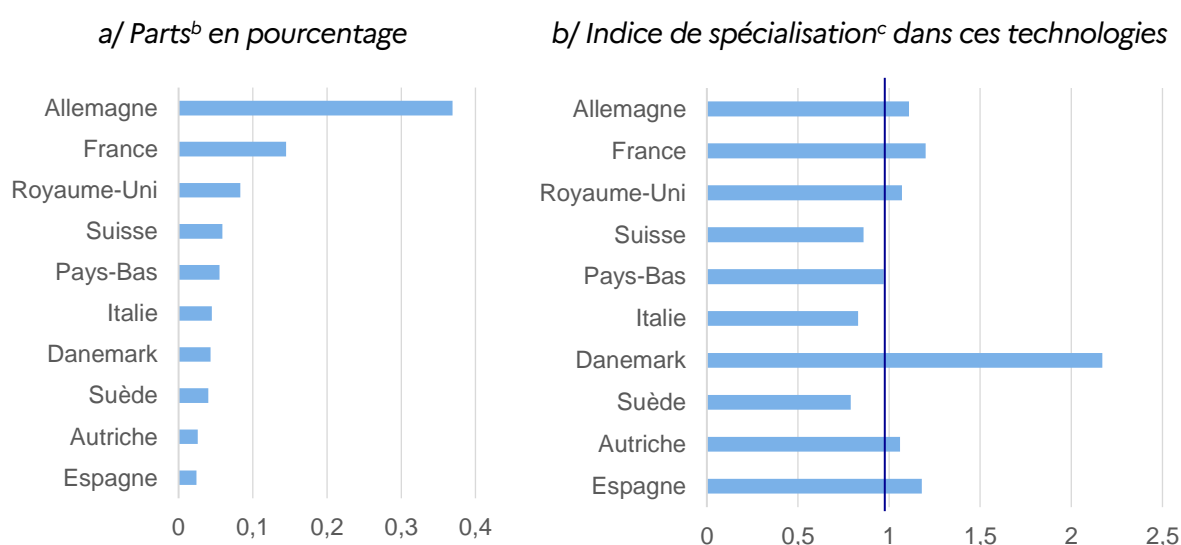
Source : Ménière Y., Glachant M., Dechezleprêtre A., Pot C., Carrère F. et Le Blanc G. (2013), « L'innovation technologique face au changement climatique : quelle est la position de la France ? », *Économie et prévision*, n° 202-203, p. 53-80

¹ Voir ci-avant le graphique 13.

2.3. La France au deuxième rang en Europe

Les données figurant dans le rapport de l'OEB et de la BEI (2024) sur les brevets en matière de *cleantech* permettent de même d'indiquer que, sur la période 2017-2021, la part de la France dans le total des familles internationales de brevets provenant de déposants européens s'est élevée à 14,5 %, ce qui place notre pays au deuxième rang européen, très nettement derrière l'Allemagne (36,9 %) mais devant le Royaume-Uni (8,3 %), la Suisse, les Pays-Bas¹ et l'Italie (Graphique 17).

Graphique 17 – Technologies « propres » : les principaux pays d'origine des brevets^a provenant de déposants européens (2017-2021)



a : Toutes les données de ce graphique portent sur des familles internationales de brevets. b : Part des pays dans le nombre total de familles de brevets pour cet ensemble de technologies. Le critère géographique retenu est l'adresse du déposant. c : Sur la période considérée, l'indice d'avantage technologique révélé (ATR) représente la part d'un pays dans le total des familles de brevets relatifs aux technologies « propres », divisée par la part de ce même pays dans le total des familles de brevets toutes classes technologiques confondues. Un pays *i* est considéré comme ayant un avantage (respectivement un désavantage) relatif dans la technologie *j* quand l'indice ATR_{ij} est supérieur (respectivement inférieur) à 1.

Note : les données sont datées en fonction de l'année de priorité.

Lecture : sur la période 2017-2021 et dans ce champ technologique, la France a été à l'origine de 14,5 % des familles de brevets provenant de déposants européens et son indice de spécialisation dans ces technologies a été de 1,2.

Source : OEB-BEI (2024), *Financing and Commercialisation of Cleantech Innovation*, rapport Office européen des brevets et Banque européenne d'investissement, avril

¹ Les Pays-Bas ne sont pas spécialisés dans cet ensemble de technologies (Graphique 17). Ce point est corroboré par une autre étude, qui porte sur une autre période et sur cinq technologies émergentes à bas carbone. Voir OCDE (2021), *Policies for a Carbon-Neutral Industry in the Netherlands*, Paris, Éditions de l'OCDE.

2.4. La France, parmi les pays spécialisés dans le *cleantech*

Sur la période 2017-2021, comme le montre le rapport de l'OEB et de la BEI, certains pays européens sont globalement spécialisés dans ces technologies. En témoigne le fait que, dans le cas de l'ensemble des 27 pays de l'UE, l'indice de spécialisation¹ a été supérieur à l'unité (avec une moyenne de 1,1) et avec une tendance plutôt croissante au cours des années récentes. Ce statut de pays spécialisé dans les *cleantech* peut être observé dans le cas de la France (avec un indice égal à 1,20) et, à un moindre degré pour l'Allemagne (indice à 1,11) et le Royaume-Uni (indice à 1,07) mais il vaut surtout dans le cas du Danemark (indice à 2,17), qui se révèle être le pays le plus spécialisé parmi les principaux pays innovant dans ce domaine (Graphique 17).

Selon le travail réalisé par Ménière *et al.* (2013) concernant les années 2003-2008, l'indice de spécialisation de la France était alors de 1,3. On peut en conclure que la France fait preuve d'une spécialisation marquée dans le *cleantech* au cours des deux dernières décennies. Ménière *et al.* (2013) ont également montré qu'à la même époque, l'Allemagne et le Royaume-Uni présentaient un profil globalement similaire à la France sur ce point : leur indice de spécialisation concernant ces technologies était alors de respectivement 1,4 et 1,3.

3. Profils de spécialisation : de forts contrastes entre pays

La situation de la Corée du Sud est comparable à celle de l'UE : comme elle, ce pays fait preuve d'une spécialisation dans les technologies « propres » chaque année sur l'ensemble de la période 2012-2021, avec une tendance plutôt croissante au fil des ans.

Le cas des États-Unis et du Japon est bien différent : ces deux pays ne sont dans l'ensemble pas spécialisés dans le domaine du *cleantech*² et leur non-spécialisation à cet égard s'est plutôt accentuée ces dernières années³. À l'inverse, la Chine n'est que tardivement devenue spécialisée en la matière, avec un indice passé de moins de 0,6 en 2016 à légèrement plus de 1 en 2021 ; dans une assez large mesure, l'évolution dans ce domaine y reflète un phénomène transversal de montée en puissance de l'innovation.

Quant aux principaux points forts et points faibles dont ces pays font preuve en matière de technologies « propres » sur l'ensemble de la période 2017-2021, les profils sont très contrastés.

¹ Sur cet indice – l'indice d'avantage technologique révélé (ATR) –, voir la légende du graphique 16.

² C'était déjà le cas sur la période 2003-2008, comme l'ont montré Ménière *et al.* (2013).

³ Dans le cas des États-Unis, certes, ce constat ne tient pas compte de la période postérieure à l'adoption de l'*Inflation Reduction Act* (IRA) en août 2022, qui a conduit à y promouvoir la production nationale de technologies et équipements bas carbone.

Les pays de l'UE sont spécialisés dans presque tous les grands domaines *cleantech* retenus¹ – et en particulier dans les technologies d'atténuation en matière de transport (indice un peu supérieur à 1,4) et aussi dans celles qui sont en lien avec le traitement des déchets et des eaux usées – ; la seule exception concerne les technologies d'atténuation qui relèvent des TIC (indice à peine supérieur à 0,4). Sur l'ensemble de cette période, la Chine est dans une situation presque inverse : elle ne fait vraiment preuve d'une nette spécialisation que dans le *cleantech* lié aux TIC (avec un indice de plus de 2). Le principal point fort de la spécialisation du Japon concerne les technologies de l'hydrogène décarboné. Pour la Corée du Sud, il s'agit des technologies relatives à l'énergie à bas carbone. Dans le cas des États-Unis, enfin, les trois seuls domaines avec une spécialisation vraiment marquée sur la période 2017-2021 (indice supérieur à 1,2) sont le captage et le stockage du carbone, le recyclage du plastique et les solutions alternatives au plastique, ainsi que l'adaptation au changement climatique.

Une France globalement spécialisée dans les technologies de la décarbonation

Dans le cas de la France, il est utile de d'indiquer dans un premier temps comment se répartissent en différentes catégories les technologies de décarbonation, au vu des données de brevets (Graphique 18). À ce sujet, l'étude OST (2025) réalisée pour les besoins de la CNEPI apporte tout d'abord des indications à un niveau relativement agrégé de la nomenclature CPC (*Cooperative Patent Classification*), en neuf domaines².

Quant aux indices de spécialisation³, l'étude OST (2025) permet d'en donner une vision d'ensemble (tous les chiffres à ce sujet sont regroupés dans l'[Annexe 7](#)). Elle montre qu'à ce niveau d'analyse en neuf domaines et sur la période 2018-2021, la spécialisation française la plus marquée porte sur les technologies de captage et stockage du carbone (indice de 2,3) – un domaine toutefois caractérisé par un faible nombre de brevets au niveau mondial –, ainsi que sur les technologies d'atténuation dans les transports (indice de 2,2). Le degré de spécialisation de la France est aussi relativement prononcé dans les technologies de traitement des eaux usées et de gestion des déchets (indice de 1,4) et, de façon moindre, dans les technologies relatives aux réseaux intelligents (indice de 1,2) – domaine qui, lui aussi, suscite peu de brevets – et dans les technologies d'atténuation dans le secteur de l'énergie (indice de 1,1). La France n'a pas de spécialisation marquée concernant les technologies d'atténuation dans la production de biens (indice de 1,0) et les technologies d'adaptation au changement

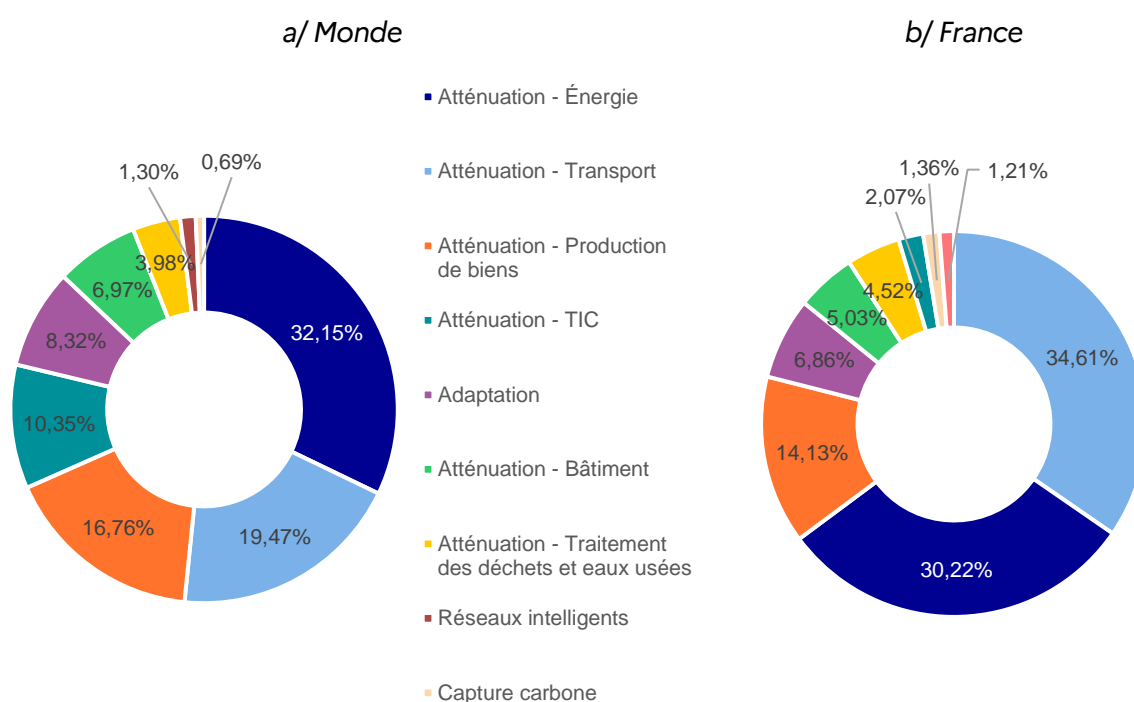
¹ À ce stade de l'analyse, il s'agit des onze grands domaines technologiques déjà évoqués. Des indications sur des sous-domaines sont ajoutées ci-après.

² Sur la (faible) différence de périmètre entre les neuf grands domaines technologiques considérés dans l'étude OST (2025) et les onze pris en compte dans le rapport OEB-BEI (2024), voir l'[Annexe 5](#).

³ Rappelons que l'indice de spécialisation met en rapport la part d'un pays dans le total des familles de brevets pour telle catégorie de technologies et sa part dans le total mondial, toutes classes technologiques confondues.

climatique (indice de 1,0). Enfin, la France est en dessous de la moyenne mondiale pour les technologies d'atténuation en rapport avec le bâtiment (indice de 0,8) et, surtout, pour les technologies d'atténuation dans les TIC (indice de 0,2), bien que ce dernier domaine soit extrêmement dynamique concernant les dépôts de brevet¹.

Graphique 18 – La répartition des familles internationales de brevets dans les technologies de décarbonation (2019-2022, en pourcentage)



Note : les données, cette fois, sont indiquées en fonction de l'année de publication.

Lecture : sur la période 2019-2022, les technologies d'atténuation dans le domaine des transports ont représenté 34,61 % du nombre total de familles internationales de brevets dans le cas de la France mais seulement 19,47 % à l'échelle du monde entier.

Source : OST (2025) ; calculs d'après les données PATSTAT

La même étude de l'OST (2025) apporte aussi des précisions à un niveau plus fin² de la nomenclature CPC. Il en ressort que les domaines pour lesquels la spécialisation française est la plus marquée sont, par ordre décroissant, les technologies d'atténuation dans le secteur du transport aérien (indice de 5,8) et ferroviaire (indice de 4,0), les technologies de production de

¹ Au sein des neuf domaines considérés, c'est dans celui-ci que le nombre de familles internationales de brevets s'est accru le plus fortement dans le monde (+74 %), entre les périodes 2010-2012 et 2018-2020 (OST, 2025).

² L'Annexe 7 donne une vue plus complète sur ce point, en montrant aussi comment s'articulent les domaines et sous-domaines technologiques distingués dans l'étude OST (2025).

combustibles d'origine non fossile¹ (indice de 2,9), les technologies de production d'énergie nucléaire (indice de 2,3), les technologies d'adaptation ou de protection des infrastructures en matière de chauffage, de ventilation ou de climatisation (indice de 2,3), les technologies de traitement des minéraux (indice de 2,2), ainsi que les technologies relatives à l'industrie chimique, les technologies de traitement du métal (dans les deux cas, l'indice vaut 1,5).

De manière complémentaire et parfois avec plus de détail, l'étude commune réalisée en 2021 par l'Office européen des brevets (OEB) et l'Agence internationale de l'énergie (AIE)² permet d'identifier la position technologique de la France en ce qui concerne un ensemble de technologies à bas carbone, sur une période plus longue (2000-2019). En termes de classes de brevets, le périmètre pris en compte³ est quelque peu différent de celui des études évoquées ci-avant, mais il n'en diffère pas fondamentalement⁴. Cette étude scinde la notion de « technologies sobres en carbone » en trois catégories : 1) les technologies de *production* d'énergie (concernant les énergies renouvelables ou le nucléaire) ; 2) les technologies favorisant un usage de l'énergie plus efficient ou le passage à des énergies plus durables dans tel ou tel *domaine d'usage final* (par exemple les transports ou la production industrielle) ; 3) les *technologies habilitantes* – quelle que soit l'offre et l'utilisation finale – et qui permettent aux infrastructures d'obtenir un meilleur niveau d'énergie propre (par exemple les batteries, l'hydrogène décarboné, les réseaux intelligents ou le captage et stockage du carbone). Il en ressort qu'au cours de la vingtaine d'années étudiée, la spécialisation de la France est très contrastée selon les types de technologies (Tableau 2).

L'indice de spécialisation est particulièrement élevé (proche de 3, voire supérieur) dans les technologies d'atténuation pour l'aviation, le ferroviaire ou dans le nucléaire. Il est relativement élevé (avec un indice compris entre 1,4 et 1,8) concernant l'énergie marine, l'énergie hydroélectrique, le captage, le stockage et l'utilisation du carbone (CSUC), les carburants issus de déchets, les véhicules terrestres non électriques⁵, ainsi que le solaire thermique. À l'inverse, la France se révèle particulièrement non spécialisée (avec un indice

¹ Production d'agrocarburants (agro-diesel, par exemple) ou de combustibles issus de déchets (alcool ou gazole de synthèse, par exemple).

² OEB-AIE (2021).

³ Il s'agit de six grandes classes de technologies d'atténuation du changement climatique : Y02B, Y02C, Y02E, Y02P, Y02T et Y04S.

⁴ Assez proche de celui de Ménière et al. (2013), ce périmètre est un plus restreint que celui de l'étude OEB-BEI (2024), qui comprend, outre ces six classes, cinq autres classes (voir l'Annexe 6). Là encore, le chiffrage porte sur les familles internationales de brevets, avec une demande de protection dans au moins deux pays (voir l'Annexe 5).

⁵ Il ne s'agit pas de l'industrie de l'automobile non électrique mais des technologies qui permettent de la décarboner (voir la légende du tableau 2).

compris entre 0,6 et 0,9) dans les domaines du photovoltaïque¹ et, plus encore, de l'éolien et des batteries² (Tableau 2).

**Tableau 2 – Indice de spécialisation de la France
dans les technologies d'énergie à bas carbone* (sur la période 2000-2019)**

Production d'énergie		Domaines d'usage final		Technologies habilitantes	
Nucléaire	2,89	Aviation	4,07	CSUC	1,59
Énergie marine	1,79	Ferroviaire	3,17	Autres ^e	1,29
Hydroélectrique	1,60	Autres véhicules terrestres ^d	1,44	Hydrogène et piles à combustible	1,18
Combustibles issus de déchets ^a	1,49	Chimie et pétrole	1,24	Smart grids	1,18
Solaire thermique	1,42	Métaux et minéraux	1,22	Batteries	0,63
Combustibles fossiles ^b	1,35	Agriculture	1,09		
Agrocarburants	1,20	Véhicules électriques	1,07		
Combustion ^c	1,14	Bâtiment	0,97		
Géothermique	1,08	Biens de consommation	0,88		
Solaire photovoltaïque	0,87	Maritime et fluvial	0,88		
Éolien	0,65	TIC	0,43		

* L'étude porte sur six grandes classes de technologies d'atténuation du changement climatique (dans la nomenclature CPC, il s'agit des classes Y02B, Y02C, Y02E, Y02P, Y02T et Y04S).

a : Méthane, par exemple. b : Cette catégorie, qui bien entendu ne relève pas des technologies à bas carbone, est mentionnée à des fins de comparaison. c : Technologies de combustion présentant un potentiel d'atténuation. d : Technologies d'atténuation en dehors de l'électromobilité : amélioration de l'efficacité des véhicules à motorisation classique, utilisation de biocarburant, amélioration de l'aérodynamisme, etc. e : Stockage d'énergie par air comprimé, par exemple.

Source : OEB-AIE (2021), *Patents and the Energy Transition. Global Trends in Clean Energy Technology Innovation*, rapport, Office européen des brevets et Agence internationale de l'énergie, avril

¹ Le domaine du photovoltaïque est caractérisé par une activité de dépôt de brevets très dynamique en Chine (c'est-à-dire au vu des dépôts auprès de l'office de brevets chinois) mais, au plan mondial, le nombre annuel de familles internationales de brevet baisse depuis quelques années, après avoir culminé dans les années 2010-2012. Voir OEB-EIC (2025), *Advances in Photovoltaics. Technology Trends for Solar Energy*, rapport, Office européen des brevets et Conseil européen de l'innovation, juillet.

² Pour des précisions sur le domaine des batteries et du stockage de l'énergie, voir OEB-AIE (2020), *Innovation in Batteries and Electricity Storage. A Global Analysis Based on Patent Data*, rapport, Office européen des brevets et Agence internationale de l'énergie, septembre.

Une France située entre le cinquième et le huitième rang dans huit technologies clés

Un éclairage complémentaire est fourni par le récent document réalisé par La Fabrique de l'industrie à partir des données de brevet¹. Il s'agit d'une analyse de la position relative de la France concernant douze technologies considérées comme disruptives et qui présentent de forts enjeux sur le plan économique et social. Huit de ces douze champs se rapportent à la préservation de l'environnement et à la transition « bas carbone ». Selon les cas, sur la période 2010-2019, la France occupe entre le cinquième et le huitième rang mondial² et sa part mondiale se situe entre 7,5 % et 2,2 %, derrière les États-Unis, la Chine, le Japon, la Corée du Sud et l'Allemagne (Tableau 3).

Son degré de spécialisation sur ces technologies à forts enjeux n'est très élevé que dans deux cas : l'éolien en mer³ et le recyclage biologique des plastiques (indice supérieur à 2). À l'inverse, l'indice dénote un défaut de spécialisation dans trois cas : le photovoltaïque, l'acier bas carbone et, surtout, les batteries pour véhicules électriques, un domaine où les dépôts de brevets sont particulièrement nombreux au plan mondial. Dans les trois autres domaines, le positionnement de la France est un peu plus marqué que la moyenne mondiale (indice un peu supérieur à 1).

¹ Bellit S. et Charlet V. (2023), *L'innovation de rupture, terrain de jeu exclusif des start-up ? L'industrie française face aux technologies-clés*, Paris, Presses des Mines/La Fabrique de l'industrie, coll. « Les Notes de La Fabrique », décembre.

² Pour remettre ceci en perspective, il est rappelé que la France est au septième rang mondial en matière de PIB et au huitième rang en matière de production industrielle (Bellit et Charlet, 2023).

³ Dans l'ensemble des douze domaines considérés par Bellit et Charlet (2023), l'éolien en mer est le seul pour lequel l'Union européenne occupe une position de clair leadership au plan mondial. Sur le cas de l'éolien en mer, voir EPO et IRENA (2023). Au-delà du cas particulier de l'éolien en mer, la France n'est pas spécialisée dans le domaine plus vaste de l'énergie éolienne, comme indiqué dans le tableau 2.

Tableau 3 – Rang mondial, part mondiale et indice de spécialisation de la France pour huit technologies « propres »^a (sur la période 2010-2019)

	Rang mondial	Part mondiale ^b	Indice de spécialisation
Hydrogène pour les transports	5	4,5 %	1,14
Batteries pour véhicules électriques	6	2,2 %	0,59
Photovoltaïque	7	3,7 %	0,95
Éolien en mer	6	7,5 %	2,6
Recyclage des métaux stratégiques	6	4,1 %	1,34
Carburants durables pour le secteur aérien	6	5,2 %	1,31
Acier bas carbone	8	2,4 %	0,69
Recyclage biologique des plastiques	5	4,7 %	2,14

a : Toutes les données de ce tableau portent sur des familles internationales de brevets. Le critère géographique retenu est l'adresse du déposant. b : Part de la France dans le nombre total de familles de brevets pour la classe de technologies considérée. c : L'indice de spécialisation (avantage technologique révélé) est le même que dans le graphique 8.

Source : Bellit S. et Charlet V. (2023), *L'innovation de rupture, terrain de jeu exclusif des start-up ? L'industrie française face aux technologies-clés*, Paris, Presses des Mines/La Fabrique de l'industrie, coll. « Les Notes de La Fabrique », décembre

Un peu de recul historique sur les forces et faiblesses de la position française

En matière de technologies de lutte contre l'effet de serre, les points forts de la position française identifiés par Ménière et al. (2013) pour la période 2003-2008 ont été les technologies en rapport avec le nucléaire, le captage et le stockage du CO₂ (CSC), le ciment, l'isolation thermique des bâtiments, le charbon propre, l'hydroélectricité, ainsi que les véhicules électriques et hybrides (VEH). Ce diagnostic a été établi en prenant comme critère les classes technologiques pour lesquelles la France représente une part relative d'au moins 5 % dans les brevets déposés sur la période 2003-2008¹ (Graphique 19).

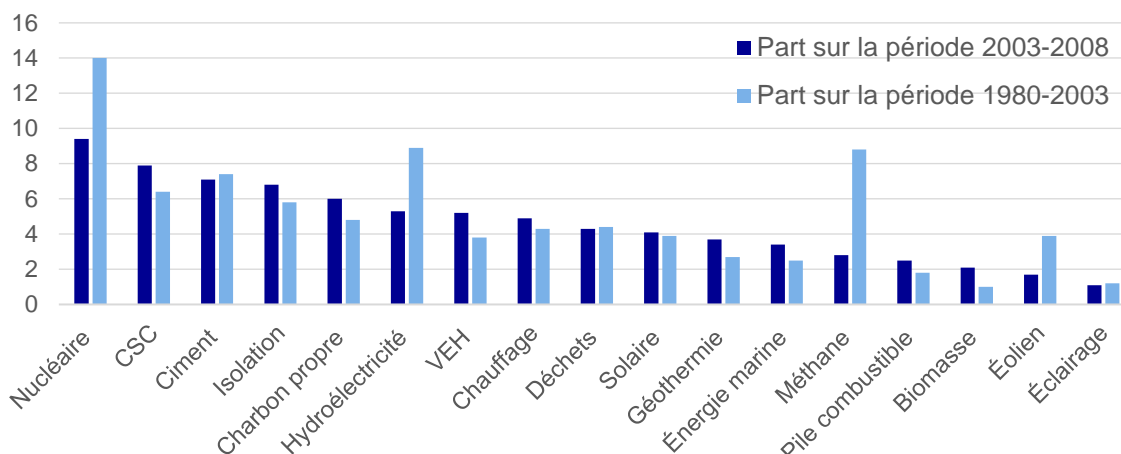
Entre le début des années 1980 et la période actuelle², cette mise en perspective permet de pointer certains éléments de continuité pour la France, dont des points forts en matière de captage et de stockage du CO₂, ainsi que – malgré une certaine décélération – dans le

¹ Sur la période 2003-2008, selon Ménière et al. (2013), la part mondiale de la France s'est située en moyenne à 4,5 % dans l'ensemble des technologies « propres » étudiées par ces auteurs et à 3,6 % toutes technologies confondues.

² Voir également, ci-avant, les tableaux 2 et 3, ainsi que, ci-après, l'Annexe 6.

nucléaire. En ressortent également des faiblesses persistantes dans les deux importants domaines des énergies renouvelables que sont le solaire photovoltaïque et l'éolien¹.

Graphique 19 – Brevets en matière de technologies « propres »* : parts mondiales de la France selon les classes technologiques (sur la période 1980-2008, en pourcentage)



* Parts relatives de la France dans le nombre total de familles internationales de brevets concernant 17 classes de technologies de lutte contre le réchauffement climatique. Le critère géographique retenu est l'adresse du déposant.

Lecture : la part mondiale de la France dans les technologies du nucléaire est passée de 14 % dans les années 1980-2003 à 9,4 % dans les années 2003-2008.

Source : Ménière Y., Glachant M., Dechezleprêtre A., Pot C., Carrère F. et Le Blanc G. (2013), « L'innovation technologique face au changement climatique : quelle est la position de la France ? », op. cit.

Une France pas assez spécialisée dans les technologies « propres » les plus porteuses au plan mondial ?

En somme, ces différents travaux mettent en évidence qu'en matière de décarbonation, la spécialisation technologique de la France reflète pour une bonne part la spécialisation productive de notre pays et des choix anciens en matière de production d'énergie. Cela vaut en particulier pour les technologies d'atténuation destinées à l'aviation et au ferroviaire, pour l'énergie nucléaire, les combustibles non fossiles (issus de l'agriculture ou de déchets), ainsi que le captage et stockage du carbone. Bien qu'à un moindre degré, c'est aussi le cas pour l'éolien en mer, l'énergie marine ou hydroélectrique, le solaire thermique, ainsi que l'hydrogène à bas carbone ou encore le traitement des déchets et eaux usées. Comment qualifier cette spécialisation technologique ?

¹ À l'inverse et toujours au vu des dépôts de brevets, certains autres domaines ou sous-domaines de moindre taille – tels que l'éolien en mer, le solaire thermique ou l'hydroélectricité – constituent plutôt des points forts de la France. Voir à ce sujet, outre le graphique 18, les tableaux 2 et 3.

Ce qui est bien établi et peut être considéré comme positif est le fait que la France soit globalement spécialisée dans les technologies « propres ». Ce qui peut sembler plus problématique en termes d'évolution – à en juger à ce stade des études disponibles – est le fait que la France ne soit pas spécialisée dans certains des domaines technologiques qui font preuve du plus fort dynamisme¹ au plan mondial. Cela vaut par exemple concernant les batteries pour véhicules électriques², ainsi que les technologies d'atténuation dans les TIC.

À l'inverse, les points forts de la spécialisation française correspondent dans plusieurs cas à des domaines technologiques pour lesquels l'activité inventive est modérée à l'échelle internationale, à en juger par le nombre et l'évolution des dépôts de brevets ; c'est le cas pour le nucléaire, ainsi que pour le captage et le stockage du carbone³. Pour autant, il peut être stratégique pour notre pays de ne pas relâcher ses efforts d'investissement dans ses domaines de spécialisation et de ne pas tenter de rattraper tous les retards constatés dans les domaines où la France est trop nettement surclassée par les pays les mieux positionnés.

4. Paris classé parmi les pôles mondiaux spécialisés dans les technologies pour l'énergie à bas carbone

Dans leur rapport commun paru en 2021 et portant sur les brevets relatifs à l'énergie bas carbone, l'OEB et l'AIE se sont aussi intéressés à la dimension régionale de ces inventions, sur la période 2010-2018. Il en ressort par exemple qu'en matière de batteries, six *clusters* spécialisés sont identifiés et se trouvent tous au Japon ou en Corée du Sud, à l'exception de celui qui se trouve en Allemagne (région de Stuttgart⁴). La situation est similaire dans le cas des six *clusters* spécialisés en matière d'hydrogène et de pile à combustible, pour lesquels l'exception se trouve aux États-Unis (région de Rochester). Le seul *cluster* français mentionné dans ce rapport se réfère au captage et au stockage du carbone, un domaine pour lequel Paris fait partie – avec Séoul et Tokyo – des trois *clusters* mondiaux spécialisés. Il n'est cependant pas exclu que ces résultats soient en partie biaisés par le fait que de telles grandes métropoles abritent un grand nombre de sièges sociaux⁵.

Un travail plus récent débouche sur un résultat légèrement différent concernant Paris. Il s'agit d'un autre rapport de l'OEB et de l'AIE, qui est paru en 2023 et concerne cette fois les seules

¹ Le dynamisme dont il est ici question porte sur la dimension technologique (au vu des dépôts de brevets), sans préjuger de la dimension industrielle ou marchande (au vu de la croissance mondiale de la production ou du marché).

² Voir Bellit et Charlet (2023), ainsi que OEB-AIE (2020).

³ Voir OEB-AIE (2021), ainsi que Ménière et al. (2013).

⁴ Voir OEB-AIE (2021). Dans les années 2010-2018, la Chine n'était pas encore spécialisée dans les batteries.

⁵ Cette fois, certes, le chiffrage est en principe effectué en fonction de l'adresse des inventeurs et non de celle des déposants de brevet. En pratique et dans le cas de certains gros déposants, il s'agit cependant de grandes entreprises pour lesquelles l'adresse de l'inventeur (ou des inventeurs) mentionnée dans la demande de brevet est le siège de l'entreprise, en général dans une très grande ville, voire dans la capitale du pays en question. Voir OEB-AIE (2021).

technologies de l'hydrogène à bas carbone. Il indique en effet que Paris fait figure de sixième plus important *cluster* mondial dans ce domaine spécifique (Encadré 2).

Encadré 2 – Le cas des brevets concernant les technologies de l'hydrogène

Selon un rapport publié par l'OEB et l'AIE en 2023 et consacré à l'ensemble des technologies relatives à l'hydrogène à bas carbone et sur la période étudiée (2011-2020), l'Europe et le Japon représentent les principaux déposants de brevets, devant les États-Unis (en perte de vitesse), la Corée du Sud et la Chine. Dans ce domaine, environ la moitié des familles internationales de brevets ont concerné les technologies de production d'hydrogène décarboné. Le reste concerne les autres segments de la chaîne de valeur, c'est-à-dire les applications finales de l'hydrogène (notamment pour le transport automobile, l'aviation, le chauffage ou la production d'acier¹), ainsi que les technologies de stockage, de distribution et de transformation de l'hydrogène.

Avec 28 % de l'ensemble des brevets considérés sur cette période et avec des avantages technologiques révélés (ATR) dans les trois segments technologiques de cette chaîne de valeur, les 27 pays de l'UE sont globalement les leaders mondiaux en matière de brevetage des technologies de l'hydrogène, avec une part relative de 11 % pour l'Allemagne, de 6 % pour la France, de 3 % pour les Pays-Bas et tandis que les parts relatives du Japon, des États-Unis et du Royaume-Uni ont été de respectivement 24 %, 20 % et 3 %. La France se situe au deuxième rang européen² dans les trois segments en question, à savoir la production (part mondiale de 7 %), le stockage-distribution-transformation (9 %) et les applications finales (4 %).

Les universités et les instituts publics de recherche ont représenté 13 % du total mondial des brevets internationaux liés à l'hydrogène sur la période 2011-2020. Dans ce sous-ensemble « recherche publique », les français CEA, IFPEN et CNRS se situent aux trois premiers rangs mondiaux.

Quant à la dimension régionale³, l'Île-de-France se classe au sixième rang mondial des pôles d'innovation en technologies de l'hydrogène. La région parisienne a représenté 2,8 % de l'ensemble des brevets considérés sur la période, avec des dépôts de brevets

¹ Selon ce rapport de l'OEB et de l'AIE, le secteur automobile se distingue parmi les applications finales de l'hydrogène, alors qu'aucune tendance similaire n'apparaît encore pour la décarbonisation des transports longue distance, du trafic aérien, de la production d'électricité et du chauffage. *A contrario*, il y a eu récemment de nombreux dépôts de brevets avec pour domaine d'application finale la production d'acier.

² Concernant les technologies de l'hydrogène, Cammeraat *et al.* (2022) montrent que la France s'est située au cinquième rang mondial (derrière le Japon, les États-Unis, l'Allemagne et la Corée du Sud) sur la période 2015-2019. Leur classement se fonde sur le nombre de brevets déposés via la voie PCT de l'OMPI. Le critère géographique retenu est le pays de résidence de l'inventeur. Avec ce mode de calcul également, il se confirme que la France fait partie des pays spécialisés dans ce groupe de technologies (indice d'ATR supérieur à un). Voir Cammeraat E., Dechezleprêtre A. et Lalanne G. (2022), *Innovation and Industrial Policies for Green Hydrogen*, Paris, Éditions de l'OCDE, coll. « OECD Science, Technology and Industry Policy Papers », n° 125.

³ Dans ce rapport de l'OEB et de l'AIE, les chiffrages à l'échelle régionale sont effectués selon l'adresse des inventeurs.

en croissance moyenne de 9 % par an sur la période 2011-2018. Sa force repose principalement sur les dépôts de brevets d'Air Liquide, de l'IFPEN et du CNRS. Suivent dans ce classement mondial – respectivement au septième et au huitième rangs –, les deux *clusters* allemands que sont la région de Munich (avec principalement l'apport des groupes Linde, BMW et Airbus) et la Ruhr (avec surtout ThyssenKrupp et BASF)¹.

5. Profil des déposants en brevets : le cas de la recherche publique et des entreprises

5.1. Une place singulière au plan mondial de la recherche publique

Au-delà des données agrégées par pays et classe de technologie, les bases de données comportent aussi des indications sur le profil des déposants.

En la matière, cela permet en particulier d'identifier le rôle singulier que jouent les entités publiques de recherche, qu'il s'agisse d'universités ou d'organismes publics de recherche. Parmi les pays de comparaison, comme le montre l'étude de l'OST, la France se révèle être – avec la Chine – le pays pour lesquels la part des familles de brevets *cleantech* impliquant des institutions publiques est la plus élevée. Sur la période 2019-2022, cette part relative a avoisiné 21 %, soit plus de deux fois la part observée aux États-Unis et plus de quatre fois celle de l'Allemagne (Graphique 20).

Ceci vaut donc aussi plus largement dans l'ensemble des champs technologiques² : les entités publiques de recherche représentent une part des dépôts de brevets plus élevée dans le cas de la France (près de 16 %) que dans le cas de la quasi-totalité des pays de comparaison³. Cette place importante de la recherche publique en France pose avec une importance singulière la question de la capacité de nos entités publiques de recherche à valoriser efficacement les résultats de leurs travaux, en interaction avec le monde de l'entreprise et au-delà des seuls dépôts des brevets.

¹ Sauf indication contraire, la source de cet encadré est la suivante : OEB-AIE (2023).

² Ce fait a été récemment confirmé dans un autre rapport récent, cette fois sur la seule base des dépôts de brevets effectués auprès de l'Office européen des brevets (OEB). Voir OEB-Fraunhofer ISI (2025), *The Role of European Public Research in Patenting and Innovation. An In-depth Analysis of the Patenting Activities of European Public Research Organisations and Research Hospitals at the EPO*, rapport, Office européen des brevets et Fraunhofer ISI, octobre.

³ Comme l'indique une autre étude de l'OST, ce fait est ambivalent car il renseigne en partie sur la capacité des laboratoires publics français à produire des travaux de recherche et à en protéger juridiquement les résultats ; mais il reflète aussi les limites de la recherche privée en France, compte tenu notamment de l'ampleur de la désindustrialisation dans notre pays. Voir OST (2024), « *Dépôts de brevets à l'Office européen : une bonne performance de la recherche publique en France* », Hcéres, communiqué de presse, 16 septembre.

Autre fait révélateur observé à l'aune du même indicateur : trois organismes publics de recherche se situent parmi les dix principaux déposants français de brevets pour les technologies de décarbonation, sur la période 2010-2021¹ : le CEA, le CNRS et l'IFPEN². Dans un sous-domaine tel que l'hydrogène à bas carbone, ces derniers figurent même parmi les cinq plus gros déposants français.

Ce diagnostic est corroboré par des travaux antérieurs. Dans la catégorie des universités et organismes publics de recherche, comme l'indique le rapport commun de l'OEB et de l'AIE (2021), le palmarès des quinze principaux déposants de brevets relatifs à l'énergie « bas carbone » sur la période 2000-2019 comprend trois organismes français : le CEA (1^{er} rang mondial), l'IFPEN (4^e) et le CNRS (7^e). À en juger par les parts dans le total mondial des familles de brevets considérées, les points forts de ces organismes français sont particulièrement nets, d'une part, dans le cas du CEA, avec le nucléaire et les technologiques relatives à l'hydrogène « bas carbone » et aux piles à combustible et, d'autre part, dans le cas de l'IFPEN, avec le captage, le stockage et l'utilisation du carbone (CSUC), les carburants alternatifs (issus de l'agriculture ou de déchets), ainsi que la chimie et le raffinage pétrolier³.

Au-delà de ce cas spécifique, la force relative de la recherche publique française a aussi été pointée dans l'étude réalisée par La Fabrique de l'industrie, sur la base de traitements statistiques de l'OST, concernant la période 2010-2019. Ce constat a notamment pu être établi concernant quatre technologies « vertes » : l'hydrogène pour les transports, les batteries pour véhicules électriques, le photovoltaïque et l'acier à bas carbone. En l'espèce, et dans le total mondial des brevets issus de la recherche publique dans le monde, les entités françaises représentent une part mondiale qui se situe entre 9 et 14 % et occupent un rang mondial élevé : le troisième rang pour le photovoltaïque et le quatrième pour les trois autres technologies en question⁴.

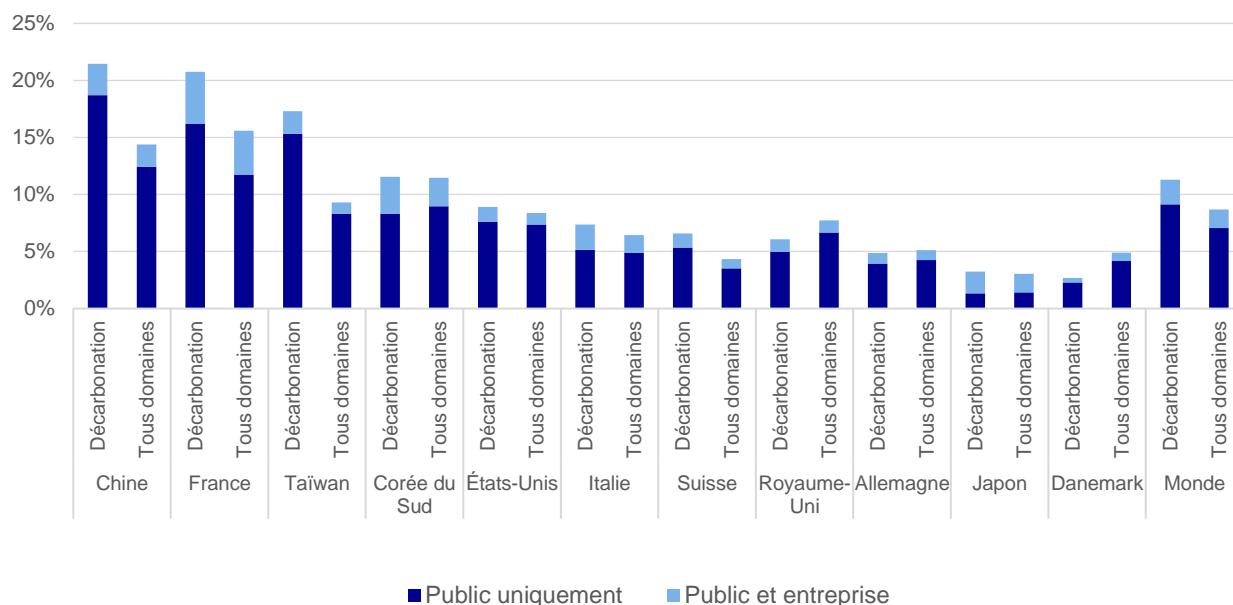
¹ Les sept autres sont des grandes entreprises : Safran, Valeo, Renault, Stellantis, Airbus, Air Liquide et EDF (OST, 2025).

² Cette position du CNRS et du CEA tient pour une très large part à leur grande taille, sachant qu'hors de France, tous les autres pays à l'exception d'une minorité – dont la Chine – placent bien davantage les universités au centre de leur système public de recherche respectif. L'IFPEN, pour sa part, est de moindre taille mais, depuis son origine (1919) en tant qu'Institut français du pétrole (IFP), il est spécialisé sur les questions énergétiques.

³ OEB-AIE (2021).

⁴ Bellit et Charlet (2023).

Graphique 20 – La part des familles de brevets impliquant des entités publiques* dans les technologies décarbonées et tous domaines confondus (2019-2022, onze premiers pays en nombre de familles totales)



* Universités, organismes de recherche, secteur du soin et administrations. La catégorie « public et entreprise » correspond à des brevets déposés conjointement par des entités publiques et des entreprises. Les données sont indiquées en fonction de l'année de publication et en compte fractionnaire (en cas de co-dépôt¹).

Lecture : dans le cas de la France et sur la période 2019-2022, les familles internationales de brevets impliquant des institutions publiques ont représenté près de 21 % du total dans les technologies décarbonées, contre près de 16 % tous domaines confondus.

Source : OST (2025), calculs d'après les données PATSTAT

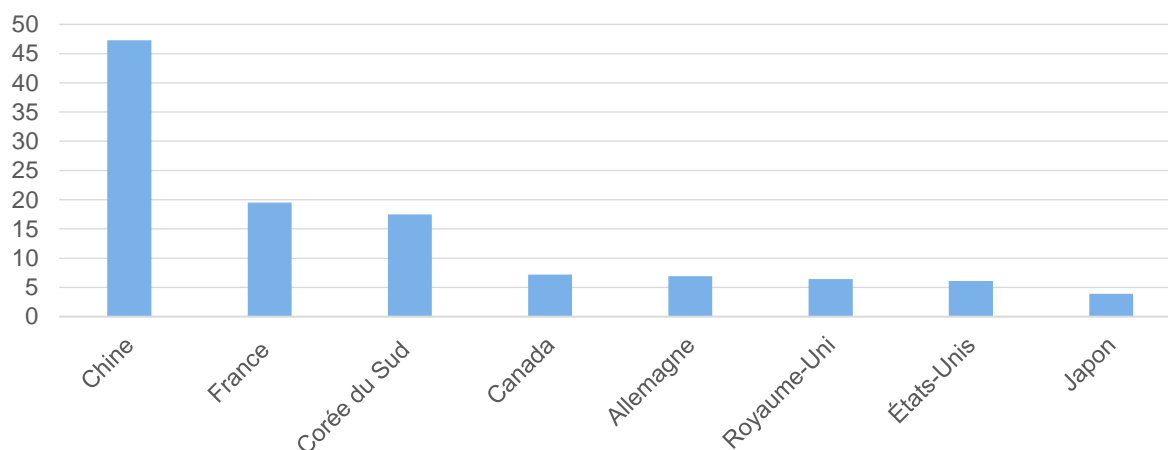
Précédemment, cette position singulière de la recherche publique française avait déjà été identifiée dans l'étude de Ménière et al. (2013), concernant la période 2003-2008 et concernant dix-sept classes de technologies de lutte contre l'effet de serre considérées globalement (Graphique 21). Il en ressort que, sur cette période, la part de la recherche publique (universités et organismes publics de recherche) dans le total de brevets considérés concernant cet ensemble de technologies était nettement plus élevée en France (ainsi qu'en Chine et en Corée du Sud) que dans les autres pays de comparaison. La comparaison avec le constat similaire établi plus récemment par l'OST (2025)² montre qu'en une quinzaine d'années, cette part de la recherche publique n'a dans l'ensemble guère évolué dans le cas de pays comme la France,

¹ Quand une invention brevetée est associée à plusieurs déposants, au nombre de N, le compte fractionnaire mentionne la contribution de chaque pays en attribuant une pondération de 1/N à chaque déposant.

² Voir le graphique 20.

l'Allemagne, le Royaume-Uni et le Japon, alors qu'elle s'est considérablement réduite en Chine et, à un moindre degré en Corée du Sud et, à l'inverse, s'est sensiblement accrue aux États-Unis.

Graphique 21 – Part des brevets réalisée par les universités et organismes publics de recherche dans les technologies de lutte contre l'effet de serre en pourcentage du total des inventions brevetées* dans cette catégorie pour chaque pays, entre 2003 et 2008)



* Les calculs se fondent sur le total des familles internationales de brevets concernant dix-sept classes de technologies de lutte contre le réchauffement climatique. Le critère géographique retenu est l'adresse du déposant.

Lecture : dans le cas de la France et sur la période 2003-2008, les brevets impliquant des institutions publiques ont représenté 19,5 % du total des technologies décarbonées considérées.

Source : Ménière Y., Glachant M., Dechezleprêtre A., Pot C., Carrère F. et Le Blanc G. (2013), « *L'innovation technologique face au changement climatique : quelle est la position de la France ?* », op. cit.

5.2. Le poids respectif des startups et des grands groupes : contrasté selon les technologies

Parmi les déposants de brevets, les grands groupes établis dominent dans l'ensemble le paysage mais les entreprises plus jeunes et de plus petite taille (startups, PME ou ETI) n'en jouent pas moins un rôle important, tout du moins dans certains domaines.

Comme l'indique l'étude de La Fabrique de l'industrie, le rôle des grandes entreprises est important à de multiples égards. Ce rôle est prédominant concernant les liens entre les entreprises et la recherche publique : en France, ce sont principalement les grandes entreprises qui sont impliquées dans la coopération avec les laboratoires publics. Or les traitements statistiques opérés par l'OST à partir des données de brevets mettent en évidence qu'en France, les grandes entreprises représentent une très grande part des inventions relatives aux technologies à bas carbone examinées dans l'étude.

Cela vaut pour l'étude déjà mentionnée de l'OEB et de la BEI. Elle montre en effet que plus des trois quarts des familles internationales de brevets relatives aux technologies « propres et durables » au sein de l'UE et aux États-Unis sont déposés par de très grandes entreprises¹.

Des indications sur le rôle central joué à ce sujet par les grandes entreprises peuvent aussi être trouvées dans un rapport conjoint publié par le Joint Research Centre (JRC) de la Commission européenne et l'OCDE² et où sont analysés les portefeuilles de propriété intellectuelle des 2 000 entreprises qui réalisent le plus de dépenses de R & D dans le monde, avec un focus sur les technologies d'atténuation ou d'adaptation au changement climatique. Les données utilisées portent non seulement sur les brevets, qui constituent un indicateur en matière d'innovation technologique, mais aussi sur les marques, qui renseignent sur l'innovation dans sa dimension non technologique et en lien avec les activités de commercialisation³. Il en ressort que, sur la période 2016-2018, ces 2 000 grandes entreprises ont représenté 70 % du total des portefeuilles de familles de brevets dans le domaine des technologies visant à limiter le changement climatique ou à s'y adapter.

Ces mêmes 2 000 grandes entreprises n'ont représenté dans le monde qu'un peu plus de 10 % du nombre total de marques⁴ liées au climat. Tant pour les brevets que pour les marques, ce degré de concentration est un peu plus prononcé dans ce domaine de l'innovation « verte » que tous domaines confondus, sachant que, dans l'ensemble des domaines, ces mêmes 2 000 champions mondiaux de la R & D ont représenté 63 % du total des portefeuilles de familles de brevets et 6 % des portefeuilles de marques (elles ont également réalisé 87 % du montant total de dépenses de R & D réalisées par l'ensemble des entreprises).

Ces 2 000 champions mondiaux de la R & D sont aussi spécialisés dans ces activités d'innovation relatives au climat. En témoigne le fait que plus de 11 % de leurs brevets et 7 % de leurs marques protègent des technologies, biens ou services liés au climat, alors que les chiffres correspondants sont respectivement de 8 % et 4 % pour les autres déposants en brevets ou marques.

¹ OEB-BEI (2024). Ceci est compatible avec le fait que la très grande majorité des entreprises qui déposent des brevets dans ce domaine emploient moins de 5 000 personnes. Le paradoxe s'explique par le fait que le nombre de brevets déposés *individuellement* est dans la plupart des cas très faible – voire nul – de la part des entreprises de taille modeste, alors qu'il est en général élevé du côté des grandes entreprises.

² Amoroso S., Aristodemou L., Criscuolo C., Dechezleprêtre A., Dernis H., Grassano N., Moussiégt L., Napolitano L., Nawa D., Squicciarini M. et Tuebke A. (2021), (2021), *World Corporate Top R&D Investors: Paving the Way for Climate Neutrality*, rapport, Joint Research Centre (JRC) et OCDE.

³ À ce sujet des marques et concernant l'innovation « verte », voir Block J., Lambrecht D., Willeke T., Cucculelli M. et Meloni D. (2025), « *Green patents and green trademarks as indicators of green innovation* », *Research Policy*, vol. 54(1), janvier.

⁴ Outre les brevets, qui constituent un indicateur en matière d'innovation technologique, les marques peuvent servir d'indicateur en matière d'innovation non technologique. À ce sujet et concernant l'innovation « verte », voir Block et al. (2025).

Le constat sur le rôle prépondérant des grandes entreprises établies doit malgré tout être nuancé. Car si ces grands acteurs historiques produisent la plus grande part de l'innovation – à en juger notamment par le nombre d'inventions brevetées –, des acteurs de plus faible taille et apparus plus récemment sont souvent à l'origine d'innovations plus radicales et susceptibles de déboucher sur les ruptures nécessaires pour atteindre les objectifs de décarbonation¹.

A *contrario*, les startups n'y ont dans l'ensemble qu'un faible poids parmi les déposants de brevets. C'est tout particulièrement le cas concernant les batteries pour véhicules électriques et l'hydrogène² pour les transports, pour lesquels la part relative des grandes entreprises³ dans le total des familles de brevets considérées a sur la période étudiée été de respectivement 67 % et 62 %. La situation est moins polarisée dans le domaine de l'acier à bas carbone, tout du moins pour les déposants français⁴. Le constat est encore plus nuancé dans le cas du photovoltaïque, de l'éolien en mer et du recyclage biologique de plastique, trois domaines où, dans le cas de la France, plusieurs startups font partie des principaux déposants de brevets, rivalisant ainsi avec de grands acteurs historiques tels que Total ou le groupe Suez.

Au plan mondial et au-delà du cas de la France et de ce petit groupe de domaines technologiques, le diagnostic sur le rôle prédominant des grandes entreprises concernant l'invention en matière de technologies à bas carbone est corroboré par d'autres travaux.

D'autres travaux corroborent ce constat nuancé. Dans le domaine de l'automobile et concernant la période 2016-2018, Dechezleprêtre *et al.* (2023) montrent ainsi que la domination globale par les grandes entreprises est nette. Ils ajoutent cependant que tenir compte des catégories de brevets concernés et de leur qualité fait apparaître que les jeunes entreprises (âgées de moins de cinq ans) non seulement sont plus que la moyenne à l'origine d'inventions avec un haut degré d'originalité et de radicalité, mais ont en outre vu croître leur part des brevets concernant les technologies de l'automatisation et de l'électromobilité.

¹ Amoroso *et al.* (2021).

² Concernant l'ensemble des technologies de l'hydrogène « vert », Cammeraat *et al.* (2022) montrent que la part relative des jeunes entreprises (au sens d'entreprises ayant acquis un statut de société tout au plus cinq ans avant le dépôt du brevet considéré) a considérablement baissé au cours de la période étudiée : alors qu'elle était assez élevée dans les années 2004-2011, elle est devenue minoritaire pendant les années 2012-2019.

³ Dans cette étude, les grandes entreprises sont les 2 000 entreprises qui réalisent le plus de dépenses de R & D dans le monde.

⁴ Si l'on considère l'ensemble des déposants dans le monde, on retrouve dans ce domaine le poids prépondérant des grandes entreprises, en l'espèce de grands groupes de la sidérurgie.



TROISIÈME PARTIE

LA CAPACITÉ DES ENTREPRISES INNOVANTES À ACCÉDER AU FINANCEMENT EXTERNE

Au-delà des activités de recherche et développement et de dépôt de brevets (ou de marques), et bien souvent plus en aval du processus d'innovation¹, d'autres indicateurs renseignent sur un élément crucial pour le développement des jeunes entreprises innovantes : leur capacité à lever des fonds pour passer le cap de leurs premières années d'existence et, le cas échéant, connaître une croissance notable (passage à l'échelle). Un des avantages de ce type de données est qu'elles sont disponibles avec des délais d'en général moins d'un an, ce qui permet d'éclairer sur les évolutions les plus récentes.

Sachant que la décarbonation nécessite de mobiliser massivement l'investissement privé, qu'en est-il de la capacité de la France à lever des fonds pour financer des entreprises dont le cœur de métier est étroitement lié à des objectifs de décarbonation ? Les études à ce sujet parlent du secteur des technologies propres (*cleantech*), vertes (*greentech*) ou des écotechnologies, même s'il faut être conscient que les différences entre les périmètres retenus des diverses sources statistiques peuvent limiter la comparabilité internationale des données en question². En outre et si la plupart des études disponibles abordent la question du recours au financement externe (c'est-à-dire hors auto-financement) exclusivement sous l'angle de la capacité des startups à susciter des investissements en capitaux propres de la part des acteurs

¹ Pour une entreprise donnée, la question du financement externe peut aussi être critique pour les activités de R & D.

² Constatant l'absence de définition uniforme des start-ups *cleantech* en Europe, Küsters *et al.* (2023) recourent ainsi à des données textuelles (*text as data*) pour définir leur échantillon de startups *cleantech*. Comme indiqué par Dussaux *et al.* (2023), de telles données textuelles peuvent notamment être extraites depuis des pages web (*web-scraping*). Voir Küsters A., Meister A., Poli E., Warhem V. et Wolf A. (2023), « *Catalyzing the EU's green industrial transformation: A survey of the Cleantech startups environment in Germany, France, and Italy* », Centres for European Policy Network, *cepInput*, n° 5, avril ; Dussaux D., Agnelli A. et Es-Sadki N. (2023), *Exploring New Metrics to Measure Environmental Innovation*, Paris, Éditions de l'OCDE, coll. « OECD Environment Working Papers », n° 221.

du capital-risque, certains travaux examinent également le recours à d'autres formes plus classiques de financement externe, principalement sous forme de prêts bancaires.

1. L'importance relative du *cleantech* dans le total des transactions en capitaux propres

Selon les données Dealroom, sur la période 2018-2022 le domaine du *cleantech* a représenté dans le monde 4,5 % du nombre de transactions opérées par les fonds de capital-risque et 5,7 % du total de leur valeur¹. Un document de l'OCDE permet de préciser le profil d'évolution à ce sujet. Il montre que la part relative en valeur, c'est-à-dire en pourcentage des montants levés par les fonds de capital-risque verts dans le total des fonds de capital-risque, a culminé en 2008, dans un contexte marqué à la fois par la crise financière mondiale et par l'anticipation de politiques climatiques plus strictes par les investisseurs aux États-Unis, où se réalisent une très grande part des opérations de capital-risque. Cette part a ensuite diminué pour ne plus atteindre qu'un peu moins de 4 % entre 2013 et 2015, avant de remonter à 7 %-8 % entre 2017 et 2021, c'est-à-dire au cours des années qui ont suivi la signature de l'Accord de Paris sur le climat (avril 2016)².

Cette part relative du *cleantech* dans le total des transactions réalisées en capitaux propres est cependant plus élevée si le diagnostic se focalise sur les données les plus récentes concernant l'Europe et en particulier la France, où les *greentech* ont figuré entre 2023 et 2025 soit en tête, soit au deuxième rang des secteurs les plus financés par le capital-risque³.

2. En Europe, un net essor du total des investissements effectués en faveur des technologies propres

À l'échelle de l'UE, comme l'indiquent les données publiées par le cabinet de conseil et de recherche Cleantech Group⁴, les montants investis en capitaux propres en faveur des « technologies propres » (*cleantech*) ont progressé nettement après la crise du Covid-19, passant de 4,4 milliards d'euros en 2020 à 10,8 milliards en 2021 et culminant à 11,7 milliards

¹ Ce chiffrage provient de la version 2023 du *Global Startup Ecosystem Report*, qui identifie et compare les principaux écosystèmes (territoriaux) d'innovation et résulte de l'analyse de 3,5 millions de startups implantées au sein de 290 écosystèmes d'innovation répartis sur plus cinquante pays. Voir Startup Genome and The Global Entrepreneurship Network (2023), *The Global Startup Ecosystem Report 2023*, juin.

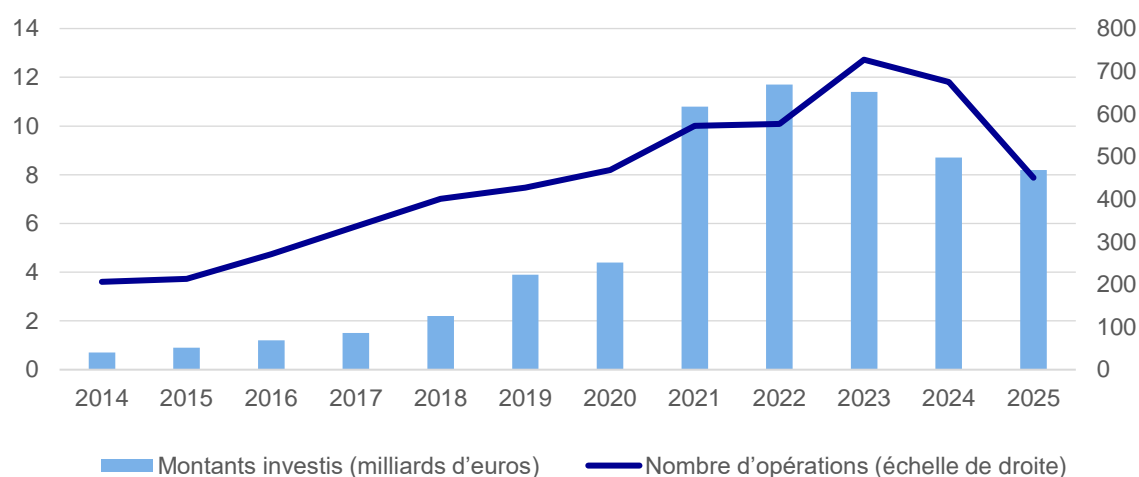
² Voir Dussaux et al. (2023), qui se fondent sur la base de données Crunchbase.

³ Voir l'encadré 3 ci-après.

⁴ Cleantech Group se présente comme une plateforme qui réunit « l'écosystème des innovateurs et investisseurs *cleantech* pour dialoguer avec les décideurs publics au niveau régional, national et européen ». Comme l'indique sa branche française (Cleantech for France), cette organisation bénéficie du soutien de la European Climate Foundation et de la fondation Breakthrough Energy créée par Bill Gates (<https://www.cleantechforfrance.com/team>).

en 2022 et 11,4 milliards en 2023, avant de revenir à 8,7 milliards en 2024 et à 8,2 milliards en 2025, soit la première baisse significative depuis dix ans (Graphique 22).

Graphique 22 – Les levées de fonds propres* en faveur des startups *cleantech* dans les pays de l'UE-27 (2014-2025)



* Aux stades du capital-risque et du capital-développement (*venture and growth investments*).

Lecture : les levées de fonds propres considérées ont culminé en 2022 en termes de montants investis (à 11,7 milliards d'euros) ; le nombre de ces opérations a culminé en 2023 (à 727).

Source : *Cleantech Group (2024, 2025, 2026)*

Ce recul des financements en fonds propres a été compensé par l'essor des financements sous forme de prêts, qui au sein de l'UE ont atteint un total de 23,4 milliards d'euros (pour 76 opérations) en 2024 et 12 milliards d'euros (pour 61 opérations) en 2025, contre seulement 7,9 milliards d'euros (pour 84 opérations) en 2023. Cette hausse globale des prêts accordés est due en partie à un petit nombre de méga-opérations¹ et doit beaucoup à une forte participation d'institutions financières du secteur public, dont la Banque européenne d'investissement (BEI) et le Fonds européen d'investissement (FEI)².

Du reste, on retrouve dans le cas des « technologies propres » la configuration que l'on observe plus généralement pour l'ensemble des entreprises, tous secteurs confondus, à savoir que la voie classique du financement externe par la dette – et notamment via le crédit bancaire – est proportionnellement plus importante au sein des pays de l'UE qu'aux États-Unis. C'est en tout cas clairement établi concernant la période 2013-2023, pendant laquelle les entreprises innovantes *cleantech* de l'UE ont dans l'ensemble dépendu un peu plus du

¹ Pour des exemples concernant la France, voir ci-après l'encadré 3.

² European Investment Fund (EIF). Voir à ce sujet le récent rapport commun de l'OEB et de la BEI (OEB-BEI, 2024).

financement par la dette que d'apports en capitaux propres, alors qu'aux États-Unis, les apports en capitaux propres ont globalement été plus de deux fois supérieurs au montant total du financement externe alloué par le recours à la dette¹.

3. La place de la France dans le paysage européen du capital-risque

Au sein de l'UE et concernant le nombre de ces opérations d'investissement en capitaux propres, l'Allemagne, la France, les Pays-Bas, l'Espagne et la Suède sont arrivés en tête en 2025². Si l'on considère les montants d'investissement par habitant, les trois premiers pays de ce classement (Allemagne, France et Pays-Bas) se sont alors situés en deçà du niveau américain et seuls deux pays de l'UE ont dépassé le niveau américain en ces termes : la Finlande et la Suède³.

Selon le décompte effectué par Bpifrance, la France a dans le domaine des *greentech* été en 2023 le deuxième pays d'Europe pour les montants levés par les fonds en capital risque, derrière le Royaume-Uni et devant la Suède et l'Allemagne⁴. Précédemment, Bpifrance a montré que la France a été sur la période 2017-2021 en quatrième position, derrière la Suède, l'Allemagne et le Royaume-Uni et devant l'Espagne et les Pays-Bas⁵.

Il ressort de ces différents palmarès que la France a récemment figuré, selon les années, parmi les trois ou quatre principaux pays européens pour les montants absolus de financement alloués par les fonds de capital-risque aux startups dites *cleantech* ou *greentech*. Il est cependant tout aussi clair qu'en termes d'investissement par habitant, elle est surclassée tant par plusieurs petits pays du nord de l'Europe que par les États-Unis.

¹ OEB-BEI (2024).

² L'année précédente (2024), le même trio de pays dominait déjà ce classement, suivi des mêmes deux autres pays, bien qu'en ordre inverse : Suède (au rang 4) et Espagne (au rang 5), selon le décompte de Cleantech Group.

³ Voir Cleantech Group (2026), *EU Cleantech Financial Year 2025 Briefing*, avec le soutien de Breakthrough Energy, dans le cadre de l'initiative Cleantech for Europe, janvier ; Cleantech Group (2025), *EU Cleantech Financial Year 2024 Briefing*, avec le soutien de Breakthrough Energy, dans le cadre de l'initiative Cleantech for Europe, janvier.

⁴ Bpifrance (2024a), *Les Greentech françaises. Troisième édition annuelle*, étude, avril. Ce décompte a été réalisé sur la base des données Dealroom.

⁵ Bpifrance (2022), « Les Greentech françaises : un levier majeur pour relever le défi de la transition énergétique et environnementale des entreprises », avril. Cet autre décompte se fonde sur les données Tensoriel.

Encadré 3 – Le financement des entreprises innovantes *greentech* en France : quelques données clés

Différents éléments témoignent du dynamisme manifesté par les startups *greentech* en France. Fondé sur des données internes et externes¹, le panorama des entreprises *greentech* réalisé par Bpifrance montre qu'il en existait en France 2 912 fin 2025, soit une hausse très modérée par rapport à la fin 2024 (2 881) et à la fin 2023 (2 747) mais plus prononcée par rapport à la fin 2022 (2 153) et par rapport aux quelque 1 800 cas recensés fin 2021². Fin 2025, leur répartition sectorielle était la suivante : protection des écosystèmes et transition environnementale (22 %), nouvelles énergies (21 %), verdissement de l'industrie (20 %), mobilité propre (16 %), verdissement de l'agriculture et de l'agroalimentaire (13 %) et construction durable (8 %)³.

Les levées de fonds de capital-risque opérées par ces entreprises *greentech* ont reflué en 2024 à 2,2 milliards d'euros ; puis en 2025 à 1,3 milliard d'euros, en très net recul par rapport aux deux années précédentes (2023 : 2,78 milliards d'euros ; 2022 : 2,5 milliards). En 2025, elles ont représenté 18 % du total des levées de fonds françaises tous domaines confondus, contre 30 % en moyenne sur la période 2023-2024, selon Bpifrance⁴. Pour la valeur de ces levées de fonds, le domaine des *greentech* a été en 2023 celui qui a le plus attiré les investisseurs, devant celui des logiciels et services informatiques, celui des sciences de la vie et celui des services internet, comme l'indique le baromètre EY du capital-risque⁵. Une bonne part de ces levées de fonds de 2023 a été imputable à plusieurs opérations d'assez grande ampleur⁶.

Avec le recul observé les deux années suivantes (2024 et 2025), ce secteur des *greentech* se situe désormais en France en deuxième position (derrière celui des logiciels), avec des fonds levés qui ont baissé fortement en valeur, revenant à 1,9 milliard d'euros en 2024 et à peine plus d'un milliard en 2025, selon le cabinet EY⁷. L'année 2024 a elle aussi été marquée par quelques méga-opérations mais avec comme

¹ Ce panorama s'appuie à la fois sur des données internes de Bpifrance et sur des données externes (Dealroom, Tensoriel, revue de presse et veille sectorielle, lauréats Greentech Innovation de l'ECOLAB, Greentech de French Tech 2030, etc.

² Voir aussi Bpifrance (2024a), *Les Greentech françaises. Troisième édition annuelle*, op. cit. ; Bpifrance (2025), *Observatoire des Greentech françaises. Quatrième édition*, avril ; Bpifrance (2022), « *Les Greentech françaises : un levier majeur pour relever le défi de la transition énergétique et environnementale des entreprises* », avril.

³ Bpifrance (2026), *Observatoire des Greentech françaises. Cinquième édition*, avril ; Bpifrance (2025). Par ailleurs, et selon une autre récente étude, 41 % des 2 523 start-ups à vocation industrielle localisées en France fin 2023 étaient des *greentech*, les autres relevant du numérique (35 %) et du secteur *French Care* (24 %). Voir Bpifrance (2024b), *Observatoire des startups, PME et ETI industrielles innovantes. Deuxième édition*, mars.

⁴ Bpifrance (2026).

⁵ Voir EY (2024), *Baromètre EY du capital-risque. Bilan annuel 2023*, janvier.

⁶ En ont bénéficié en particulier Verkor (usine de batteries : 850 millions d'euros), Driveco (solution de recharge de véhicules électriques : 250 millions d'euros), TSE (producteur d'énergie solaire : 130 millions d'euros) et Accenta (décarbonation des bâtiments via l'IA et le géostockage : 108 millions d'euros), comme indiqué dans le *Baromètre 2024* publié en janvier 2024 par In Extenso Innovation Croissance, Essec Business School et France Angels.

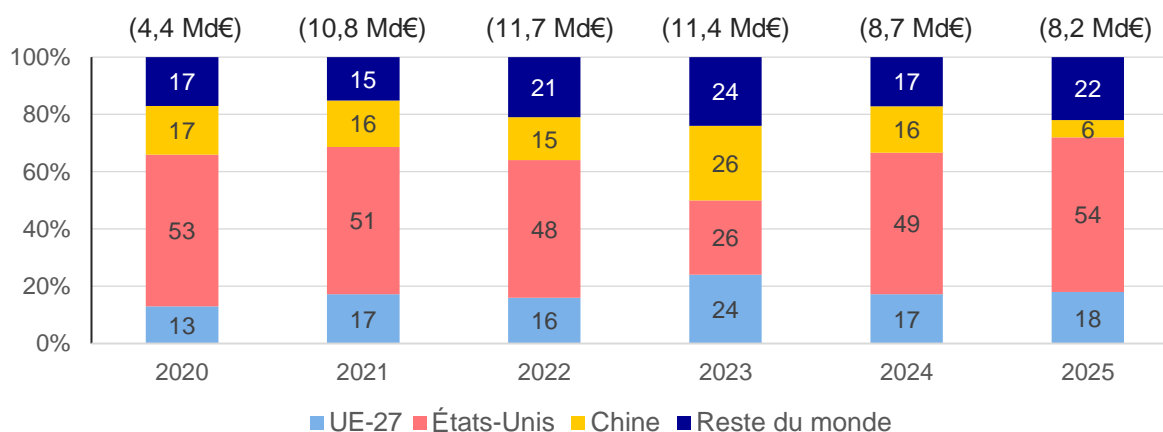
⁷ EY (2026), *Baromètre EY du capital-risque en France. Bilan annuel 2025*, janvier et EY (2025), *Baromètre EY du capital-risque en France. Bilan annuel 2024*, janvier.

particularité que certaines d'entre elles ont consisté en financements non pas sous forme de capitaux propres mais sous forme de prêts, en grande partie via une forte participation des institutions financières du secteur public¹.

4. Une suprématie américaine nette mais un peu érodée, avec une récente hausse de la part de l'Europe

Au cours de la période 2020-2025, les entreprises des États-Unis ont, à elles seules et selon les années, capté entre 26 % et 54 % de l'ensemble des financements de capital-risque alloués dans le monde en matière de *cleantech*. Sur la période et selon les données de Cleantech Group, leur part a en moyenne été plus de deux fois et demi supérieure à celle du total des entreprises de l'UE (Graphique 23). Dans l'ensemble, la part mondiale de ces dernières tend cependant à s'accroître quelque peu, devançant celle des entreprises chinoises. Ce constat se confirme si l'on se réfère à une durée d'observation plus longue, en remontant à 2015, et en se fondant sur une autre base de données (Graphique 24).

Graphique 23 – Les levées de fonds de capital-risque en faveur des startups *cleantech* : une répartition par grandes régions (en milliards d'euros et en pourcentage du total mondial, sur la période 2020-2025)

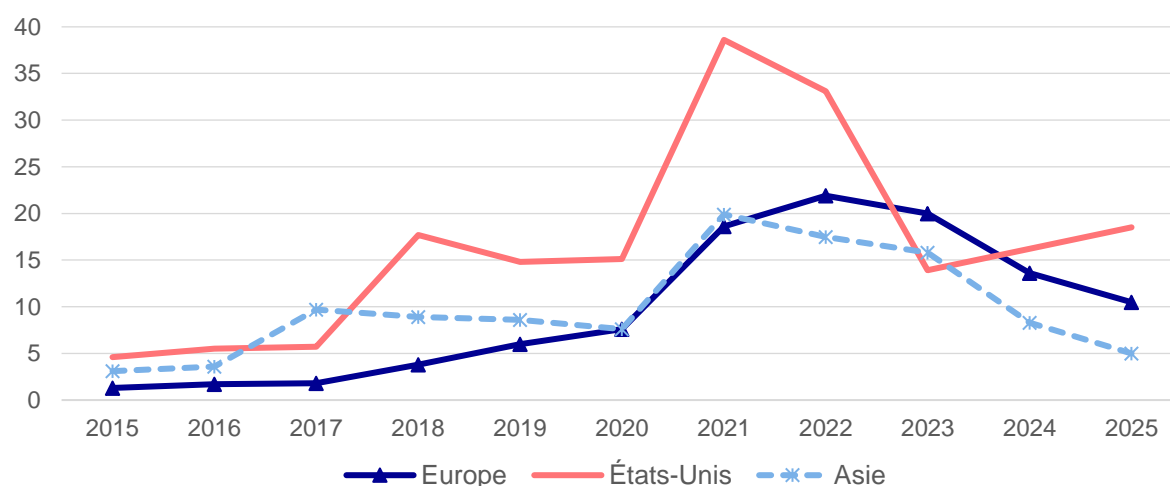


Lecture : en 2025, les levées de fonds de capital-risque en faveur des startups *cleantech* se sont montées à 8,2 milliards d'euros et ont été réalisées à 18 % au sein de l'UE27, à 54 % aux États-Unis, à 6 % en Chine et à 22 % dans le reste du monde.

Source : Cleantech Group (2025, 2026)

¹ Cleantech Group (2025) mentionne parmi les principaux prêts accordés en 2024 ceux qui ont bénéficié aux entreprises françaises Automotive Cells Company (ACC), Verkor (batteries), NW (unités de stockage d'électricité et bornes de recharge pour véhicules électriques) et l'équipementier Valeo.

Graphique 24 – Les levées de fonds de capital-risque en faveur des startups *greentech* dans les trois principales régions (Europe, Amérique du Nord, Asie ; milliards de dollars ; 2015-2025)



Note : les données sont issues de Dealroom, dont la définition des sociétés *climateTech* peut dans certains cas différer de celle de l'observatoire de Bpifrance sur les *greentech*.

Lecture : les levées de fonds de capital-risque en faveur des startups *greentech* ont culminé aux États-Unis en 2021, à 38,6 milliards de dollars.

Source : Bpifrance (2026), Observatoire des Greentech françaises. Cinquième édition, avril

5. Une moindre capacité à lever des fonds chez les entreprises innovantes européennes que chez leurs concurrentes américaines

En matière de technologies « propres » et malgré le dynamisme relatif dont font preuve les entreprises innovantes de l'UE et notamment de la France (voir Encadré 3 *supra*), elles ne parviennent dans l'ensemble pas à faire des levées de fonds (prêts ou capitaux propres) aussi importantes que leurs homologues américaines, en termes de montant médian, ce qui contraint leur capacité à passer à l'échelle. Établi dans un rapport conjoint de l'OEB et de la BEI, ce constat porte sur l'ensemble de la période 2013-2023¹.

Certes, le constat est plus nuancé si l'on se concentre sur les années les plus récentes, en se fondant sur les données du *Global Startup Ecosystem Report*, publiées par Startup Genome. Il en ressort qu'à la différence de ce qui peut être observé pour l'ensemble des startups, l'Europe a dernièrement dépassé les États-Unis dans le domaine des technologies « propres » (*cleantech*),

¹ OEB-BEI (2024).

tout du moins pour les levées de fonds des startups au stade précoce (*early stage*)¹. En la matière et entre 2021 et 2023, les levées de fonds se sont accrues de près de 50 % dans l'ensemble formé par le Royaume-Uni, la France et l'Allemagne, alors qu'elles ont baissé de 40 % aux États-Unis et de 20 % en Chine. L'étude en question attribue cette performance à l'engagement politique relativement persistant que l'on observe au sein de l'UE en faveur de l'innovation « verte »².

Le fait est que l'UE a su construire un écosystème dynamique en faveur du financement amont des écotecnologies (*early-stage cleantech*) au cours de la décennie écoulée, comme l'indique Cleantech Group. Selon cette source, le paysage européen en matière d'écotecnologies manque pourtant de signaux clairs sur le plan de la demande et du financement pour les entreprises technologiques à forts besoins en capitaux (*scale-up*), ce qui a conduit beaucoup d'entreprises très prometteuses à s'implanter en Amérique du Nord³.

Pour les entreprises dites *cleantech* ou *greentech*⁴, en somme, le paysage du financement en capitaux propres reste marqué en valeur absolue par une nette prédominance des États-Unis, bien qu'un rattrapage européen se soit produit sur ce plan au cours des toutes dernières années, en partie grâce aux performances remarquables dont plusieurs pays d'Europe du Nord font preuve dans ce domaine, surtout si l'on raisonne en valeur par habitant.

Au cours de la période récente, les jeunes entreprises innovantes qui existent dans ce domaine au sein de l'UE ont en outre pu bénéficier d'autres sources de financement externe – notamment sous forme de prêts –, *via* aussi bien des banques commerciales que des institutions financières du secteur public telles que Bpifrance ou la BEI.

¹ Il s'agit des levées de fonds dites de série A, qui correspondent en général du premier tour de table d'une startup en phase de démarrage.

² Startup Genome et The Global Entrepreneurship Network (2024), *The Global Startup Ecosystem Report 2024*, juin.

³ Cleantech Group (2021), *Seizing the EU's Man on the Moon Moment*, rapport, avec le soutien de Breakthrough Energy, dans le cadre de l'initiative Cleantech for Europe, mars.

⁴ Pour une définition de ces termes, voir l'Annexe 3.



CONCLUSION

La lutte contre le changement climatique, qui exige une profonde décarbonation des modes de production et des modes de vie (moyens de transport, usage des bâtiments, normes de consommation, etc.), offre également l'occasion de repositionner les appareils de production dans la concurrence internationale. Or l'innovation constitue un levier stratégique pour réussir la transition écologique tout en œuvrant à la compétitivité de notre économie. Cette note d'étape de la CNEPI établit un diagnostic documenté de la situation française pour l'effort d'innovation visant à décarboner l'économie, en mobilisant des indicateurs variés – dépenses de R & D, dépôts de brevets, financement des entreprises innovantes, pratiques d'innovation – et en comparaison internationale. Divers enseignements en ressortent.

La France présente une situation contrastée. Ainsi, elle consacre des montants significatifs aux activités de R & D en matière d'environnement et d'énergie, avec un poids croissant des entreprises selon ce type d'indicateurs en termes de moyens. Sur ce plan, sa recherche publique réalise d'importants investissements en comparaison internationale dans certains domaines (dont le nucléaire, l'efficacité énergétique et l'hydrogène). Selon les indicateurs de brevets, la France est globalement spécialisée dans les technologies « propres », au sein desquels ses principaux points forts tels que les technologies d'atténuation relatives à l'énergie nucléaire, à l'aviation et au ferroviaire reflètent en grande partie sa spécialisation productive historique. Elle est plutôt en retrait dans certaines des technologies les plus dynamiques au niveau mondial (batteries et autres technologies de stockage de l'électricité, technologies d'atténuation dans les TIC). Et, sur le plan du financement de l'innovation dans ce domaine, elle présente encore un déficit relatif de financement privé en comparaison avec d'autres pays industriels, en particulier les États-Unis.

En termes d'effort de R & D, la France consacre des montants significatifs à l'environnement (entre 5 et 5,7 milliards d'euros en 2022, soit 8 % des dépenses totales pour la protection de l'environnement et 10 % de la dépense intérieure de recherche-développement), avec un poids croissant de la R & D des entreprises et, selon des indicateurs partiels, un important effort de recherche publique en lien avec certains domaines d'énergie décarbonée (nucléaire et hydrogène, notamment). Si les investissements en R & D en France consacrés à l'environnement se sont accrus à un rythme soutenu, leur part dans les budgets publics de R & D reste inférieure

à celle de nombreux autres pays de l'OCDE. En revanche, la France détient une position comparativement forte pour l'effort de R & D en matière d'énergie décarbonée, en particulier du fait du poids élevé du nucléaire, que les données internationales rattachent au domaine de l'énergie (décarbonée) mais pas à celui de l'environnement.

Sur le plan technologique, l'analyse des familles internationales de brevets illustre l'essor des technologies dites « propres » au niveau mondial, dont la part dans le total des inventions brevetées a doublé en un quart de siècle et avoisine désormais 15 %. Si la France demeure un pays globalement spécialisé dans ce domaine, sa part mondiale est passée de près de 9 % au début des années 1980 à 4 % actuellement, avec un recul du 4^e rang mondial dans les années 1980-1990 au sixième rang aujourd'hui. Subie également par d'autres pays européens tels que l'Allemagne et le Royaume-Uni, cette rétrogradation tient surtout à la très forte dynamique observée en Chine et en Corée du Sud. Les évolutions sont contrastées selon les technologies « propres » considérées. Parmi les points forts de la spécialisation technologique française à bas carbone figurent notamment l'aéronautique, le ferroviaire, l'énergie nucléaire, les combustibles non fossiles (issus de l'agriculture ou de déchets), ainsi que le captage et stockage du carbone. En revanche, la France n'est pas spécialisée dans certains des domaines qui connaissent un fort dynamisme comme les batteries et autres technologies de stockage de l'électricité ou les technologies d'atténuation dans les TIC. Au niveau infranational, l'analyse des données de brevet montre en outre que Paris figure parmi les principaux *clusters* d'innovation mondiaux en matière d'énergie à bas carbone, notamment concernant l'hydrogène, ainsi que le captage et stockage du carbone. Enfin, les données sur le profil des déposants en brevets corroborent le diagnostic obtenu à partir des données sur l'effort de R & D : les entités publiques de recherche françaises (et singulièrement le CEA, l'IFPEN et le CNRS) occupent une place éminente au plan mondial sur les enjeux de décarbonation. Quant au profil des entreprises déposantes de brevets, il en ressort que si les grandes entreprises établies jouent le plus souvent un rôle prépondérant en matière d'activité inventive, des acteurs de plus faible taille et apparus plus récemment sont parfois en mesure de rivaliser avec ces grands acteurs. Dans le cas des entreprises françaises, c'est par exemple dans les domaines du photovoltaïque, de l'éolien en mer et du recyclage biologique de plastique.

Par ailleurs, **et sachant que la capacité des entreprises innovantes à accéder au financement externe, c'est-à-dire hors auto-financement, est cruciale pour leur développement et leur capacité à passer à l'échelle, les plus de 2 900 « jeunes pousses vertes » (startups dites greentech ou cleantech) françaises identifiées fin 2025 témoignent d'un dynamisme indéniable.** En montant total, la France figure dans ce domaine parmi les trois premiers pays européens (avec le Royaume-Uni et l'Allemagne) en termes de levées de fonds de capital-risque même si, en financement par habitant, elle reste en retrait par rapport à bon nombre de pays européens. En outre et bien qu'en légère progression en part mondiale sur la période 2020-2025, l'Europe demeure en retrait par rapport aux États-Unis, qui continuent de concentrer une assez large majorité des financements mondiaux en capital-risque dans le domaine des *cleantech*. Ces dernières années et si l'on met de côté le financement en fonds propres, les entreprises françaises de type *cleantech* bénéficient aussi d'un accès grandissant

au financement externe par la voie plus classique de la dette (crédit bancaire, émission d'obligations « vertes », etc.), via aussi bien des banques commerciales que des institutions financières du secteur public telles que Bpifrance ou la BEI. En Europe, cependant, le dynamisme de ce financement par l'emprunt ne permet de compenser qu'en partie la prédominance des États-Unis sur le plan du capital-risque, d'autant plus qu'il correspond largement à des méga-opérations bénéficiant à des acteurs déjà établis.

Au regard des objectifs nationaux de décarbonation, ce diagnostic invite à s'interroger, d'une part, sur l'ampleur et les modalités des moyens à mobiliser en faveur de l'innovation « bas carbone » et, d'autre part, sur les orientations nécessaires pour que la France soit en bonne position dans les domaines stratégiques porteurs à l'échelle mondiale à l'horizon 2035 et 2050. Or les politiques publiques sont confrontées à deux dilemmes en matière de décarbonation. Le premier concerne l'horizon temporel. En effet, s'il est nécessaire de s'engager dans la décarbonation à court terme, en déployant les technologies existantes ou en misant sur des innovations incrémentales, il est tout aussi nécessaire d'investir en vue d'innovations radicales, plus risquées, afin de garder la possibilité de décarboner plus efficacement à long terme. Le second dilemme porte sur l'origine géographique de l'innovation. D'un côté, la politique industrielle nationale, qui répond à des préoccupations légitimes en termes de création d'emploi et de richesses en France, tend à privilégier des solutions technologiques nationales. De l'autre, une politique climatique efficace conduit, au moins en partie, à adopter des technologies étrangères avantageuses en termes de coûts d'abattement¹. Dès lors, compte tenu de sa position contrastée, la France ne devrait ni délaisser ses domaines d'excellence, ni se fixer des objectifs déraisonnables visant à un rattrapage hors de portée, lorsque notre pays est trop nettement surclassé sur le plan technologique.

Pour éclairer les choix de politique publique en la matière, la CNEPI a entamé plusieurs travaux complémentaires qui, en 2026, feront l'objet d'une seconde publication, axée sur les politiques publiques. Parmi eux figure une comparaison internationale des politiques publiques suivies dans ce domaine, afin d'y identifier les bonnes pratiques et d'en tirer des recommandations à l'adresse des décideurs publics. De même, une cartographie des dispositifs d'aides à l'innovation en faveur de la décarbonation sera établie pour la France.

¹ Pour chaque option de décarbonation, le coût d'abattement met en rapport les tonnes d'équivalent carbone évitées et les investissements consentis à cet effet. Voir Criqui P. (2023), « [Les coûts d'abattement en France](#) », note de synthèse, France Stratégie, mai.



ANNEXES



ANNEXE 1

COMPOSITION DE LA CNEPI

Président de la commission : Clément Beaune, Haut-commissaire à la Stratégie et au Plan

Rapporteurs : Mohamed Harfi et Rémi Lallement, HCSP

Membres de la commission

Claire Baritaud, directrice du pôle Politiques, Expertise et Innovation, au sein de la direction de l'engagement sociétal du groupe La Poste

Ilaria Casillo, directrice exécutive Prospective et Recherche à l'Agence de la transition écologique (Ademe)¹

Antoine Dechezleprêtre, économiste senior dans la division Productivité, Innovation et Entrepreneuriat, au sein de la direction pour la Science, la technologie et l'innovation (STI), OCDE

Séverine Jouanneau Si Larbi, déléguée générale du pôle Tenerrdis (transition énergétique, en Auvergne-Rhône-Alpes)

Sacha Kallenbach, inspectrice générale de l'éducation, du sport et de la recherche (Igésr)

Claire Lelarge, directrice de projet à la Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques (DREES) du ministère de la Santé, université Paris-Saclay, Center for Economic Policy Research (CEPR)

¹ Précédemment (jusqu'à l'été 2025), **Anne Varet**, directrice scientifique et directrice exécutive adjointe Prospective et Recherche à l'Ademe.

Benjamin Hadjibeyli, chef du bureau de l'industrie, de l'économie de la connaissance et de l'innovation au sein de la sous-direction POLSEC de la DG Trésor du ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique¹

Marc Mortureux, vice-président du Conseil général de l'économie, de l'industrie, de l'énergie et des technologies (CGEIET), ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique²

Jean-Louis Pasquier, chef du bureau des synthèses économiques et sociales sur l'environnement au sein du service des données et études statistiques (SDES) du Commissariat général au développement durable (CGDD), ministère de la Transition écologique (MTE)

Maud Pelletier, responsable du service Développement et Evaluation au sein de la Direction de l'expertise et des programmes de Bpifrance

Aurélie Picart, déléguée générale du comité stratégique de filière Industrie des nouveaux systèmes énergétiques

Frédérique Sachwald, ex-directrice de l'Observatoire des sciences et techniques (OST), au sein du Haut Conseil de l'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur (Hcéres), membre du Conseil scientifique des méthodes d'évaluation socioéconomique auprès du HCSP

Mathieu Salel, directeur Recherche et innovation d'EcoAct (groupe Atos)

Reinhilde Veugelers, professeure à la *Katholieke Universiteit Leuven* (Louvain), Bruegel

Observateurs

Fabien Delafalize, coordinateur innovation & Coordinateur EnR – France 2030, à la direction générale de l'énergie et du climat (DGEC), auprès de plusieurs ministères : Transition écologique et cohésion des territoires, Transition énergétique, Mer

Jérôme Gazzano, sous-directeur de l'innovation, direction générale des entreprises (DGE), ministères économiques et financiers³

Marc-Antoine Lacroix, directeur de l'évaluation et des impacts au sein du Secrétariat général pour l'investissement (SGPI)

Frédéric Ravel, chef du département Énergie, développement durable, chimie, et procédés au sein du service de la stratégie de la recherche et de l'innovation, à la DGRI du ministère de l'Enseignement supérieur, de la recherche et de l'Espace

¹ Précédemment (jusqu'en septembre 2024), **Anis Marrakchi**, chef du bureau de l'industrie, de l'économie de la connaissance et de l'innovation au sein de la DG Trésor.

² Précédemment (jusqu'en mars 2025), **Luc Rousseau**, vice-président du CGEIET.

³ Précédemment (jusqu'à l'été 2024), **Arnaud Delaunay**, sous-directeur de l'innovation à la DGE.



ANNEXE 2

LES BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX DE L'EFFORT D'INNOVATION DES ENTREPRISES, SELON LES RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE CIS

Dans le cadre de l'enquête européenne sur l'innovation (*Community Innovation Survey - CIS*) coordonnée par Eurostat, il est depuis 2008 demandé aux entreprises d'indiquer dans quelle mesure et sous quel angle les entreprises estiment que leur l'effort d'innovation engendre des bénéfices environnementaux significatifs. En ce sens et selon la dernière vague de résultats de cette enquête (CIS 2022), qui porte sur les entreprises qui ont innové entre 2020 et 2022, la France est au-dessus de la moyenne des pays de l'Union européenne au regard de l'effort d'innovation qui modère ou réduit l'empreinte carbone ou la consommation d'énergie, ainsi que pour celui qui permet de recycler des déchets, de l'eau ou des matériaux pour un usage personnel ou la vente. En revanche, elle est en dessous de la moyenne européenne pour l'effort d'innovation des entreprises qui remplace une partie de l'énergie fossile par des énergies renouvelables (Graphique A1).

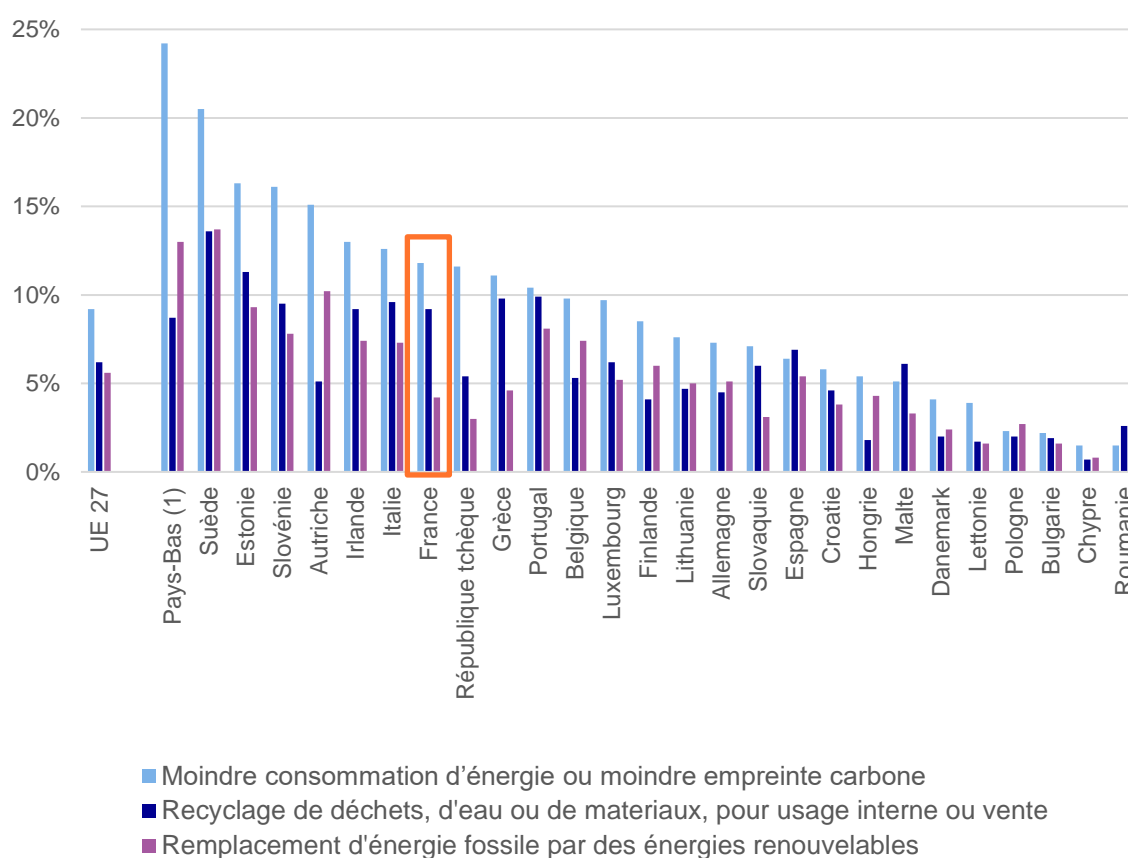
Selon ces données déclaratives, les entreprises implantées en France semblent en première analyse faire assez bonne figure en comparaison intra-européenne, mais avec des différences notables selon les volets de décarbonation considérés.

Pour interpréter ce palmarès par pays, il faut notamment tenir compte du fait que la proportion d'entreprises innovantes a sur cette période (2020-2022) été plus élevée en France (57,4 %) que dans la moyenne des pays de l'UE (51,4 %) mais moindre qu'en Allemagne (63,4 %). Au-delà, comme l'indique un récent rapport de l'OCDE¹, les résultats de cette enquête posent en fait de multiples problèmes d'interprétation. Par ailleurs, la focale utilisée dans cette

¹ OCDE (2025), *Measuring Science and Innovation for Sustainable Growth*, Paris, Éditions de l'OCDE.

enquête demeure très large, ce qui ne permet pas d'approfondir le diagnostic sur des aspects particuliers de la décarbonation. Sur cette partie du questionnaire, en outre, les réponses recueillies ne renseignent au fond que sur la propension à innover. Ce type de données ne permet donc guère d'approfondir l'analyse, notamment pour apprécier l'importance relative des innovations en question, que ce soit en termes de capacité à produire de la décarbonation ou en valeur économique.

Graphique A1 – Part d'entreprises ayant introduit des innovations avec des bénéfices environnementaux significatifs (sur la période 2020-2022, en pourcentage)



(1) La définition diffère.

Champ : entreprises innovantes actives d'au moins 10 salariés.

Lecture : en France, 11,8 % des entreprises qui ont innové entre 2020 et 2022 estiment que leur innovation a débouché sur un bénéfice important pour réduire la consommation d'énergie ou l'empreinte carbone. La proportion correspondante pour l'ensemble de l'UE est 9,2 %.

Source : Eurostat, enquête CIS 2022, volet français « Capacité à innover et stratégie »



ANNEXE 3

TECHNOLOGIES « PROPRES » OU « VERTES » : QUELLE DÉFINITION ET QUELS CONTOURS ?

La notion de technologies « propres » pose une série de difficultés conceptuelles et pratiques. Elle constitue un terme générique, dont les contours sont souvent flous. Elle est relativement récente, avec de premières utilisations qui remontent au milieu des années 1990 et un usage qui a commencé à s'élargir à partir du début des années 2000. Ce terme désigne un vaste ensemble de technologies qui existent parfois depuis plusieurs décennies et qui peuvent aussi être désignées par d'autres termes : technologies vertes (*greentech*), technologies environnementales, écotecnologies, technologies durables, etc. En première approche, on peut entendre par « technologie propre » tout élément (technologie, produit, matériau, procédé, modèle d'affaires ou système lié) qui contribue à une moindre empreinte environnementale – c'est-à-dire permet de réduire ou éviter les atteintes à l'environnement, par exemple en lien avec le recyclage, les énergies renouvelables, ou des modes de transport peu polluants¹. Les entreprises concernées opèrent principalement dans les secteurs de l'énergie, des ressources et de l'environnement, des transports et de la logistique, de l'agriculture et de l'alimentation, des technologies habilitantes (dont le numérique), ainsi que des matériaux et de la chimie.

L'une des limites de la notion de « technologie propre » est qu'elle se réfère le plus souvent à des solutions qui s'appliquent en lien avec des usages donnés – supposés propres – et sans prendre en compte d'autres phases du cycle de vie de ces technologies. Concrètement, cela signifie que le recours à cette notion fait en général abstraction non seulement de la manière dont les mêmes technologies peuvent être appliquées à des usages moins propres mais aussi du fait que ces technologies sont elles-mêmes fabriquées plus ou moins « proprement » ou encore de ce que les usages en question peuvent après

¹ <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/cleantech>

coup déboucher sur les déchets plus ou moins nuisibles à l'environnement et plus ou moins recyclables. En outre, le fait qu'une technologie soit propre est contingent au contexte de son application. En effet, et du point de vue environnemental, l'usage d'une technologie donnée peut être plus ou moins vertueux selon le domaine concerné. Enfin, et cette fois sur le plan pratique, il n'existe pas de critère invariable ou de seuil communément admis pour établir un partage clair entre les technologies vertes (« propres ») et brunes (« sales »)¹. Concrètement, pour affirmer qu'une technologie est propre, il suffit en général de montrer qu'elle est à l'usage plus propre qu'une technologie conventionnelle établie parfois de longue date, fût-elle parmi les plus « sales ». Sachant que l'effet considéré dépend du secteur considéré, il est clair qu'il s'agit d'un critère relatif. Selon Bpifrance, la notion de *greentech* désigne ainsi « une entreprise offrant une solution innovante (un produit, un service ou un procédé) qui améliore l'impact environnemental des entreprises ou des consommateurs finaux, en contribuant significativement à au moins un objectif de la taxonomie européenne »².

¹ Constatant l'absence de définition uniforme des startups *cleantech* en Europe, Küsters *et al.* (2023) recourent ainsi à des données textuelles (*text as data*) pour définir leur échantillon de startups *cleantech*. Voir Küsters A., Meister A., Poli E., Warhem V. et Wolf A. (2023), « *Catalyzing the EU's green industrial transformation: A survey of the Cleantech startups environment in Germany, France, and Italy* », Centres for European Policy Network, *cepInput*, n° 5, avril.

² Bpifrance (2024a), *Les Greentech françaises. Troisième édition annuelle*, étude, avril, p. 4.



ANNEXE 4

PORTÉE ET LIMITES DES DONNÉES DE BREVETS

Sur le sujet de la décarbonation comme sur d'autres, le grand avantage des données de brevets est de constituer une très riche source d'information sur les inventions concernées. Ainsi, les documents constitués lors des dépôts de brevet peuvent permettre d'identifier non seulement les technologies sous-jacentes – jusqu'à un niveau de nomenclature très fin – mais aussi de savoir quelles entités ont effectué les dépôts de brevets (entreprises de diverses tailles, universités ou organismes publics de recherche, etc.), ou encore de connaître les pays et régions de résidence des inventeurs.

Certes, certaines inventions ne donnent pas lieu à des dépôts de brevet. Tel est le cas lorsqu'il s'agit de procédés que l'entreprise choisit de mettre en œuvre en les protégeant uniquement par le secret. Cela vaut par exemple aussi dans le cas d'éléments de logiciel qui sont partagés par leurs concepteurs et utilisateurs dans une logique d'innovation « non propriétaire » (*open source*). Aussi le recours aux brevets est-il plus ou moins prononcé selon les entreprises et secteurs. Malgré leurs limites, les données de brevet sont en général considérées comme une source d'information majeur en matière d'innovation technologique.



ANNEXE 5

LE REPÉRAGE DES TECHNOLOGIES « PROPRES » À PARTIR DES DONNÉES DE BREVETS

L'unité d'analyse : la famille internationale de brevets

Dans l'étude réalisée par l'OST pour le HCSP, de même que dans le récent rapport conjoint de l'OEB et de la BEI¹ et d'autres travaux comparables, les décomptes sont effectués par familles internationales de brevets, en ne retenant que les demandes de brevets qui réclament une protection dans au moins deux pays². Effectuer un décompte par familles internationales de brevets plutôt qu'en englobant l'ensemble des dépôts de brevets permet d'éviter de compter plusieurs fois des demandes de protection relatives à une même invention³.

Ce choix méthodologique vise en outre à limiter les biais statistiques qui faussent les résultats lorsque l'analyse se fonde sur les données brutes émanant d'offices de brevets soumis à des contraintes institutionnelles trop hétérogènes.

¹ OEB-BEI (2024), *Financing and Commercialisation of Cleantech Innovation*, rapport, Office européen des brevets et Banque européenne d'investissement, avril.

² Plus précisément, le rapport 2024 de l'OEB et de la BEI ne considère que les demandes de protection qui passent soit directement par la procédure internationale dite PCT gérée par l'Office mondial de la propriété intellectuelle (OMPI), soit par un office régional (tel que l'Office européen de brevets), soit encore par un dépôt de brevet dans au moins deux offices nationaux de brevet.

³ Une famille de brevets regroupe un ensemble de dépôts de brevets relatifs à une même invention, lorsque l'ayant droit choisit de protéger son invention dans plusieurs pays. Pour une invention donnée, le terme de « dépôt prioritaire » désigne la première demande visant à la faire protéger via un office de brevets. La date de priorité correspond à la date de cette première demande.

Certes, ne considérer que les demandes de brevets qui réclament une protection dans au moins deux pays conduit à ne retenir qu'une proportion réduite de dépôts de brevets¹. Mais cela permet de filtrer les inventions selon leur qualité, en partant de l'hypothèse qu'une invention de qualité pousse son détenteur à requérir une protection dans plusieurs pays, même si cela accroît le coût de cette protection. L'un des problèmes sous-jacents est que les offices de brevets sont inégalement exigeants face aux déposants². Ce filtrage par la qualité contribue de la sorte à une meilleure comparabilité internationale des données de brevets.

Datation des brevets : année de priorité ou année de publication

Il existe en général un délai de dix-huit mois entre le moment où une invention fait l'objet d'un premier dépôt de brevet (dépôt dit prioritaire) et celui où cette demande est publiée. Pour dater une famille de brevets, il est donc possible de s'appuyer aussi bien sur l'année de priorité que sur l'année de publication. Dans les travaux d'analyse à partir de ces données, l'année de priorité est choisie le plus souvent car elle est proche du moment où l'invention a eu lieu. L'année de publication est cependant préférée parfois, dans la mesure où elle permet d'intégrer dans la dernière année prise en compte un plus grand nombre de brevets³.

Le périmètre retenu, en matière de technologies « propres et durables »⁴

Selon les caractéristiques techniques de l'invention concernée, chaque famille internationale de brevets peut être rattachée à un ou plusieurs domaines technologiques. Dans le rapport OEB-BEI, le périmètre retenu résulte de choix opérés depuis plusieurs années, à partir de l'expertise de plusieurs organismes qui collaborent pour repérer dans les documents sur les inventions brevetées les technologies relatives à l'atténuation du changement climatique (TACC)⁵. Ce groupe de technologies englobe un ensemble de processus, produits ou services qui visent à réduire ou à éliminer les nuisances environnementales, que ce soit en réalisant des

¹ Voir OEB-AIE (2021), *Patents and the Energy Transition. Global Trends in Clean Energy Technology Innovation*, rapport, Office européen des brevets et Agence internationale de l'énergie, avril.

² Il faut rappeler qu'en général, la délivrance d'un brevet à son déposant est subordonnée à un examen qui peut être plus ou moins rigoureux dans tel ou tel office national de brevet, et qui vise en principe à s'assurer que les critères de brevetabilité sont bien satisfaits.

³ OST (2025), *L'innovation en faveur de la décarbonation*, rapport final, Observatoire des sciences et des techniques, octobre.

⁴ Pour plus de détail sur les onze domaines technologiques retenus dans l'étude OEB-BEI de 2024, voir l'*Annexe 6*.

⁵ Les avis se fondent non seulement sur l'expertise interne de l'OEB mais aussi de celle d'autres instances partenaires, dont le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE, Nairobi) et le Centre international sur le commerce et le développement durable (ICTSD, Genève).

gains d'efficacité énergétique, en utilisant des ressources durables, en réduisant la pollution et les déchets, ou encore en répondant aux défis du changement climatique. Il va donc bien au-delà de ce qui concerne la décarbonation au sens étroit du terme, ne serait-ce que dans la mesure où, en matière de changement climatique, sont incluses des technologies qui correspondent aux besoins non seulement d'atténuation du changement climatique mais aussi d'adaptation au changement climatique. Au sein des technologies « bas carbone », ceci dit, il est sans doute difficile de tracer une ligne de démarcation claire entre ce qui relève respectivement de l'abattement et de l'adaptation, dans la mesure où il existe un continuum entre les deux : certaines technologies peuvent *a priori* être utilisées dans cette double perspective. Le périmètre retenu inclut également les technologies qui relèvent des *smart grids* car ces réseaux électriques intelligents relèvent de technologies habilitantes et transversales qui sont à même de renforcer les infrastructures énergétiques et de permettre usage des énergies propres. En plus des deux classes Y02 (technologies pour des besoins d'atténuation du changement climatique ou d'adaptation au changement climatique) et Y04S (*smart grids*), le périmètre retenu contient aussi deux autres catégories complémentaires identifiées par des experts de l'OEB et de l'AIE, et pour lesquelles il n'existe pas de rubrique préétablie dans la nomenclature CPC (*Cooperative Patent Classification*) : celle des technologies correspondant au recyclage du plastique et aux matériaux remplaçant le plastique, et celle des technologies relatives à l'hydrogène.

Quant à l'étude réalisée par l'OST pour les besoins de la CNEPI, elle porte sur un périmètre « décarbonation » similaire à celui du rapport OEB-BEI de 2024, puisqu'elle se réfère pour l'essentiel aux neuf domaines technologiques qui correspondent aux deux classes Y02 et Y04S. Les deux autres domaines inclus dans l'analyse de l'OEB et de la BEI (hydrogène ; recyclage du plastique et matériaux alternatif au plastique) ne sont pas pris en compte dans le cœur de ce rapport de l'OST¹ mais seulement dans un chapitre spécifique consacré à certains sous-domaines de la décarbonation².

¹ C'est par exemple le cas pour les chiffres de l'OST sur les parts mondiales des principaux pays dans les technologies décarbonées : voir ci-avant le graphique 13.

² Dans le cas des technologies de l'hydrogène à bas carbone, selon le rapport OST (2025), le choix de les traiter séparément et non sur le même plan que les neuf domaines technologiques des deux classes Y02 et Y04S est justifié par le fait qu'il s'agit en partie de technologies déjà prises en compte dans la sous-classe Y02E60 (« Technologies ayant une contribution potentielle ou indirecte à l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre »).



ANNEXE 6

LES 11 GRANDES CLASSES DE TECHNOLOGIES « PROPRES » RETENUES DANS L'ÉTUDE OEB-BEI DE 2024, EN RÉFÉRENCE À LA NOMENCLATURE CPC (COOPERATIVE PATENT CLASSIFICATION)

Code CPC	Description du champ technologique
Y02A	Adaptation au changement climatique
Y02B	Atténuation en rapport avec le bâtiment (par ex. concernant le logement, les appareils électroménagers ou d'autres applications pour utilisateurs finaux)
Y02C	Captage, stockage, séquestration ou élimination des gaz à effet de serre
Y02D	Atténuation dans les technologies de l'information et de la communication (TIC) visant la réduction de leur propre consommation d'énergie
Y02E	Atténuation dans le secteur de l'énergie (liée à la production, au transport ou à la distribution d'énergie)
Y02P	Atténuation dans la production ou transformation de biens (y compris dans l'agriculture, l'élevage et la pêche)

Code CPC	Description du champ technologique
Y02T	Atténuation en matière de transport (terrestre, aérien, aéronautique, maritime ou fluvial)
Y02W	Atténuation en lien avec le traitement des déchets et des eaux usées
Y04S	Réseaux électriques intelligents (<i>smart grids</i> : systèmes intégrant des technologies pour améliorer la production d'énergie électrique, sa transmission, sa distribution, sa gestion ou son utilisation)
Regroupement ad hoc	Recyclage du plastique (de la récupération des déchets plastiques post-consommation aux différents processus disponibles pour leur recyclage) et alternatives au plastique (plastiques biosourcés, biodégradables et compostables, ou encore conçus pour un recyclage plus facile)
Regroupement ad hoc	Technologies relatives à l'hydrogène (permettant de décarboniser la production d'hydrogène, de transformer, stocker ou distribuer l'hydrogène, ou encore concernant l'utilisation finale de l'hydrogène)



ANNEXE 7

LES PARTS MONDIALES ET INDICES DE SPÉCIALISATION DE LA FRANCE DANS LES DOMAINES TECHNOLOGIQUES DE DÉCARBONATION, SUR LA PÉRIODE 2018-2021

Grands domaines (et quelques sous-domaines) technologiques (avec leur code CPC)	Part mondiale	Indice de spécialisation*
Technologies d'adaptation (Y02A)	3 %	1,0
Adaptation ou protection des infrastructures en matière de chauffage, de ventilation ou de climatisation (Y02A30/27)	7 %	2,3
Technologies d'atténuation dans le secteur du bâtiment (Y02B)	2 %	0,8
Chauffage, ventilation ou climatisation à haut rendement énergétique (Y02B30)	3 %	0,9
Technologies de capture et de stockage du carbone (Y02C)	7 %	2,3
Technologies d'atténuation dans les TIC (Y02D)	1 %	0,2
Technologies d'atténuation dans le secteur de l'énergie (Y02E)	3 %	1,1
Production d'énergie à partir de sources d'énergie renouvelables (Y02E10)	3 %	1,0
Technologies de combustion avec un potentiel d'atténuation (Y02E20)	4 %	1,4
Technologies de production d'énergie d'origine nucléaire (Y02E30)	7 %	2,3
Production, transmission ou distribution efficace de l'énergie électrique (Y02E40)	3 %	0,9
Technologies de production de combustibles d'origine non fossile (Y02E50)	9 %	2,9
Technologies contribuant potentiellement ou indirectement à l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre (Y02E60)	3 %	1,0
Technologies d'atténuation dans le secteur de la production ou du traitement de biens (Y02P)	3 %	1,0
Technologies de traitement du métal (Y02P10)	5 %	1,5
Technologies relatives à l'industrie chimique (Y02P20)	5 %	1,5
Technologies de traitement des minéraux (Y02P40)	7 %	2,2
Technologies d'atténuation dans le secteur du transport (Y02T)	6 %	2,2
Technologies relatives au transport terrestre de biens ou de passagers (Y02T10)	4 %	1,3

Les parts mondiales et indices de spécialisation de la France concernant les grands domaines (et quelques sous-domaines) technologiques de décarbonation, sur la période 2018-2021

Grands domaines (et quelques sous-domaines) technologiques (avec leur code CPC)	Part mondiale	Indice de spécialisation*
Technologies relatives au transport ferroviaire de biens ou de passagers (Y02T30)	12 %	4,0
Technologies relatives au transport aérien (Y02T50)	18 %	5,8
Technologies d'atténuation relatives au traitement des eaux usées ou à la gestion des déchets (Y02W)	4 %	1,4
Technologies relatives au traitement des eaux usées (Y02W10)	4 %	1,3
Technologies relatives à la gestion des déchets (Y02W30)	5 %	1,6
Technologies relatives aux bio-emballages (Y02W90)	2 %	0,6
Technologies relatives aux réseaux intelligents (Y04S)	4 %	1,2
Technologies de l'hydrogène à bas carbone**	6 %	2,0
Technologies de traitement du plastique***	6 %	1,9

* Un pays est considéré comme ayant un avantage (respectivement un désavantage) relatif dans une technologie donnée quand l'indice est supérieur (respectivement inférieur) à 1.

** Cette catégorie, constituée à l'origine par des experts de l'OEB et de l'AIE pour leur rapport OEB-AIE (2023)¹, regroupe les technologies de l'hydrogène à faible impact carbone (en excluant les technologies de l'hydrogène fondées sur les combustibles fossiles). Elle regroupe diverses technologies concernant non seulement l'extraction, le traitement et le stockage de l'hydrogène mais aussi les technologies liées à tel ou tel usage final (par exemple pour la production d'énergie, les transports ou la production industrielle). De ce fait, certaines de ces technologies font partie de sous-catégories déjà mentionnées dans ce tableau, dont – en matière d'énergie – celle des « technologies ayant une contribution potentielle ou indirecte à l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre » (Y02E60).

*** Autre catégorie *ad hoc* constituée par des experts de l'OEB à des fins d'analyse, cette classe regroupe les technologies qui visent à recycler et valoriser le plastique, ainsi que les technologies d'intelligence artificielle qui s'y rapportent.

Note : les données sont calculées à partir des nombres de familles internationales de brevets, en compte fractionnaire. Les années mentionnées se rapportent aux dates de priorité.

Source : synthèse HCSP, d'après OST (2025), *L'innovation en faveur de la décarbonation, rapport final*, Observatoire des sciences et des techniques, octobre

¹ OEB-AIE (2023), *Hydrogen Patents for a Clean Energy Future. A Global Trend Analysis of Innovation along Hydrogen Value Chains*, rapport, Office européen des brevets et Agence internationale de l'énergie, janvier.



ANNEXE 8

SIGLES ET ACRONYMES

AIE	Agence internationale de l'énergie (IEA - International Energy Agency)
ATR	avantages technologiques révélés
BEI	Banque européenne d'investissement (EIB - European Investment Bank)
CCR	Centre commun de recherche de la Commission européenne (JRC - Joint Research Centre)
CEA	Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
CEC	captage et stockage du CO ₂
Cepa	classification des activités et dépenses de protection de l'environnement (<i>Classification of Environmental Protection Activities</i>)
CNIS	Conseil national de l'information statistique
CNRS	Centre national de la recherche scientifique
CSUC	captage, stockage et utilisation du carbone
DIRDA	dépense intérieure de R & D des administrations
DIRDE	dépense intérieure de R & D des entreprises
EFI	Expertenkommission Forschung und Innovation (commission d'experts mise en place par le gouvernement fédéral allemand sur les questions de recherche et d'innovation)
EIC	European Innovation Council (Conseil européen de l'innovation)
FEI	Fonds européen d'investissement (EIF - European Investment Fund)
Hcéres	Haut Conseil de l'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur

IFPEN	Institut français du pétrole et des énergies nouvelles
IRENA	Agence internationale pour les énergies renouvelables (International Renewable Energy Agency)
MESR	ministère en charge de la recherche
OEB	Office européen des brevets (EPO - European Patent Office)
OMPI	Office mondial de la propriété intellectuelle (WIPO - World Intellectual Property Organization)
OST	Observatoire des sciences et des techniques
R & D	recherche et développement
RTE	Réseau de transport d'électricité
SDES	service des données et études statistiques (du ministère en charge de l'écologie)
TACC	technologies d'atténuation du changement climatique
TIC	technologies de l'information et de la communication
VEH	véhicules électriques et hybrides




BIBLIOGRAPHIE

- AIE (2024), *World Energy Investment 2024*, rapport, Agence internationale de l'énergie juin.
- AIE (2023), *Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach. 2023 Update*, rapport, Agence internationale de l'énergie, septembre (version révisée en novembre 2024).
- Amoroso S., Aristodemou L., Criscuolo C., Dechezleprête A., Dernis H., Grassano N., Mousiegt L., Napolitano L., Nawa D., Squicciarini M. et Tuebke A. (2021), *World Corporate Top R&D Investors: Paving the Way for Climate Neutrality*, rapport, Joint Research Centre (JRC) et OCDE.
- Bellit S. et Charlet V. (2023), *L'innovation de rupture, terrain de jeu exclusif des start-up ? L'industrie française face aux technologies-clés*, Paris, Presses des Mines/La Fabrique de l'industrie, coll. « Les Notes de La Fabrique », décembre.
- Block J., Lambrecht D., Willeke T., Cucculelli M. et Meloni D. (2025), « *Green patents and green trademarks as indicators of green innovation* », *Research Policy*, vol. 54(1), janvier.
- Bpifrance (2026), *Observatoire des Greentech françaises. Cinquième édition*, avril.
- Bpifrance (2025), *Observatoire des Greentech françaises. Quatrième édition*, avril.
- Bpifrance (2024a), *Les Greentech françaises. Troisième édition annuelle*, étude, avril.
- Bpifrance (2024b), *Observatoire des startups, PME et ETI industrielles innovantes. Deuxième édition*, mars.
- Bpifrance (2022), « *Les Greentech françaises : un levier majeur pour relever le défi de la transition énergétique et environnementale des entreprises* », avril.
- Cambridge Industrial Innovation Policy et University of Cambridge (2025), *UK Innovation Report 2025. Benchmarking the UK's Industrial and Innovation Performance in a Global Context*, mars.

- Cammeraat E., Dechezleprêtre A. et Lalanne G. (2022), *Innovation and Industrial Policies for Green Hydrogen*, Paris, Éditions de l'OCDE, coll. « OECD Science, Technology and Industry Policy Papers », n° 125.
- Cervantes M., Criscuolo C., Dechezleprêtre A., Pilat D. (2023), *Driving Low-Carbon Innovations for Climate Neutrality*, Paris, Éditions de l'OCDE, coll. « OECD Science, Technology and Industry Policy Papers », n° 143.
- Cleantech for France (2025), *France Cleantech Briefing annuel 2024*, avec le soutien de Breakthrough Energy et de la European Climate Foundation, janvier.
- Cleantech for France (2022), *Décarbonation, réindustrialisation et souveraineté verte en France. Zoom sur 13 domaines technologiques d'avenir*, étude, avec le soutien de Breakthrough Energy, décembre.
- Cleantech Group (2026), *EU Cleantech Financial Year 2025 Briefing*, avec le soutien de Breakthrough Energy, dans le cadre de l'initiative Cleantech for Europe, janvier.
- Cleantech Group (2025), *EU Cleantech Financial Year 2024 Briefing*, avec le soutien de Breakthrough Energy, dans le cadre de l'initiative Cleantech for Europe, janvier.
- Cleantech Group (2024), *A Cleantech Investment Plan for European Competitiveness – How the EU Can Become the Industrial and Climate Leader of the Next Decades*, rapport, avec le soutien de Breakthrough Energy, dans le cadre de l'initiative Cleantech for Europe, janvier.
- Cleantech Group (2021), *Seizing the EU's Man on the Moon Moment*, rapport, avec le soutien de Breakthrough Energy, dans le cadre de l'initiative Cleantech for Europe, mars.
- Cour des comptes (2025), *Le soutien au développement de l'hydrogène décarboné*, rapport, juin.
- Criqui P. (2023), « *Les coûts d'abattement en France* », note de synthèse, France Stratégie, mai.
- Dechezleprêtre A., Diaz L., Fadic M. et Lalanne G. (2023), *How the Green and Digital Transitions Are Reshaping the Automotive Ecosystem*, Paris, Éditions de l'OCDE, coll. « OECD Science, Technology and Industry Policy Papers », n° 144.
- Dussaux D., Agnelli A. et Es-Sadki N. (2023), *Exploring New Metrics to Measure Environmental Innovation*, Paris, Éditions de l'OCDE, coll. « OECD Environment Working Papers », n° 221.
- EFI (2025), *Jahrgutachten zu Forschung, Innovation und Financing and technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2025*, Berlin, Expertenkommission Forschung und Innovation.
- EY (2026), *Baromètre EY du capital-risque en France. Bilan annuel 2025*, janvier.
- EY (2025), *Baromètre EY du capital risque en France. Bilan annuel 2024*, janvier.

- EY (2024), *Baromètre EY du capital-risque. Bilan annuel 2023*, janvier.
- Glachant M. et Touboul S. (2021), « *La contribution chinoise à l'innovation technologique bas-carbone* », *GREEN*, n° 2021/1, p. 147-150.
- Grassano N., Hernandez Guevara H., Fako P., Tuebke A., Amoroso S., Georgakaki A., Napolitano L., Pasimeni F., Rentocchini F., Compañó R., Fatica S. et Panzica R. (2021), *The 2021 EU Industrial R&D Investment Scoreboard*, Luxembourg, Office des publications de l'Union européenne.
- Journe Y. (2024), « *Les investissements publics dans la R&D en énergie en 2022* », CGDD, *DataLab Essentiel – Énergie*, avril.
- Küsters A., Meister A., Poli E., Warhem V. et Wolf A. (2023), « *Catalyzing the EU's green industrial transformation: A survey of the Cleantech startups environment in Germany, France, and Italy* », Centres for European Policy Network, *cepInput*, n° 5, avril.
- Ménière Y., Glachant M., Dechezleprêtre A., Pot C., Carrère F. et Le Blanc G. (2013), « *L'innovation technologique face au changement climatique : quelle est la position de la France ?* », *Économie et prévision*, n° 202-203, p. 53-80.
- MESR (2024), *L'état de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation en France*, n° 17, ministère de l'Enseignement supérieur, de la recherche et de l'espace, édition 2024, juin.
- OCDE (2025), *Measuring Science and Innovation for Sustainable Growth*, Paris, Éditions de l'OCDE.
- OCDE (2021), *Policies for a Carbon-Neutral Industry in the Netherlands*, Paris, Éditions de l'OCDE.
- OEB-AIE (2023), *Hydrogen Patents for a Clean Energy Future. A Global Trend Analysis of Innovation along Hydrogen Value Chains*, rapport, Office européen des brevets et Agence internationale de l'énergie, janvier.
- OEB-AIE (2021), *Patents and the Energy Transition. Global Trends in Clean Energy Technology Innovation*, rapport, Office européen des brevets et Agence internationale de l'énergie, avril.
- OEB-AIE (2020), *Innovation in Batteries and Electricity Storage. A Global Analysis Based on Patent Data*, rapport, Office européen des brevets et Agence internationale de l'énergie, septembre.
- OEB-BEI (2024), *Financing and Commercialisation of Cleantech Innovation*, rapport, Office européen des brevets et Banque européenne d'investissement, avril.
- OEB-EIC (2025), *Advances in Photovoltaics. Technology Trends for Solar Energy*, rapport, Office européen des brevets et Conseil européen de l'innovation, juillet.

- OEB-Fraunhofer ISI (2025), *The Role of European Public Research in Patenting and Innovation. An In-depth Analysis of the Patenting Activities of European Public Research Organisations and Research Hospitals at the EPO*, rapport, Office européen des brevets et Fraunhofer ISI, octobre.
- OEB-IRENA (2023), *Offshore Wind Energy. Patent Insight Report*, rapport, Office européen des brevets et Agence internationale pour les énergies renouvelables, novembre.
- OST (2025), *L'innovation en faveur de la décarbonation*, rapport final, Observatoire des sciences et des techniques, octobre.
- OST (2024), « *Dépôts de brevets à l'Office européen : une bonne performance de la recherche publique en France* », Hcéres, communiqué de presse, 16 septembre.
- Pasimeni F., Fiorini A. et Georgakaki A. (2019), « *Assessing private R&D spending in Europe for climate change mitigation technologies via patent data* », *World Patent Information*, vol. 59, décembre.
- Peterson S. et Semrau F. O. (2024), « *Innovationspolitik für die Transformation zur Klimaneutralität* », *Wirtschaftsdienst*, n° 5, p. 301-305.
- Shakeel S. R. (2021), « *Cleantech: Prospects and challenges* », *Journal of Innovation Management*, vol. 9 (2), p. VIII-XVII.
- Startup Genome et The Global Entrepreneurship Network (2024), *The Global Startup Ecosystem Report 2024*, juin.
- Startup Genome et The Global Entrepreneurship Network (2023), *The Global Startup Ecosystem Report 2023*, juin.



Directeur de la publication

Clément Beaune, Haut-commissaire à la Stratégie et au Plan

Directeur de la rédaction

Antonin Aviat, Haut-commissaire adjoint à la Stratégie et au Plan

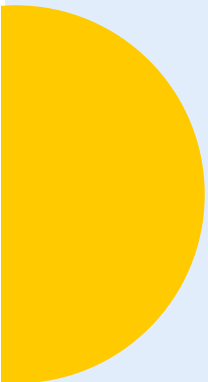
Secrétaires de rédaction

Olivier de Broca et Gladys Caré

Contact presse

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

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



Retrouvez les dernières actualités du Haut-commissariat à la Stratégie et au Plan



@StrategiePlan



@StrategiePlan



Haut-commissariat à la Stratégie et au Plan



francestrategie



@strategieplan



StrategieGouv

Le Haut-commissariat à la Stratégie et au Plan contribue à l'action publique par ses analyses et ses propositions. Il éclaire les choix collectifs sur les enjeux démographiques, économiques, sociaux, environnementaux, sanitaires, technologiques et culturels, dans un cadre national et européen.

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



**HAUT-COMMISSARIAT
À LA STRATÉGIE
ET AU PLAN**

*Liberté
Égalité
Fraternité*