

Résumé de l'étude « Panorama des activités de recherche et innovation dans le domaine CCUS par le déploiement d'une méthode d'intelligence technologique »

Résumé exécutif

Ce panorama a été dressé à travers l'analyse de brevets et publications scientifiques sur les domaines techniques du CCU et CCS (captage, transport, stockage et utilisation du CO₂), au niveau mondial depuis 2000, et classés selon 14 clusters technologiques. L'étude permet d'obtenir les tendances suivies par ces thématiques. On constate que l'activité autour de ces thèmes est en croissance en particulier depuis 2019 et que les principaux acteurs mondiaux sont asiatiques et américains, même si l'Europe est présente grâce à quelques poids lourds du domaine. Le domaine est par ailleurs concentré sur un petit nombre d'acteurs (10% des acteurs sont associés à 80% des brevets). Les entreprises et centres de recherche français sont bien présents et les membres du Club CO₂ sont associés à 3% de l'ensemble des données recueillies, renforçant la pertinence du Club CO₂ dans ce domaine. Cette étude mériterait d'être poursuivie en se concentrant sur un cluster voire une ou des technologies, afin d'affiner la vision obtenue.

Contexte et objectif

Depuis l'adoption du protocole de Kyoto, les Etats se sont engagés dans un programme de réduction de leurs émissions de gaz à effet de serre. Parmi les solutions possibles, le captage du dioxyde de carbone en vue de son stockage ou de son utilisation (respectivement CCS ou CCU) apparait comme une solution à fort potentiel. Dès lors, de nombreux travaux publics ou privés, de recherche et d'innovation ont été engagés. Deux décennies plus tard, où en est-on ? Quels sont les domaines technologiques les plus développés ? Quels sont les Etats à la pointe ? Comment se situent les acteurs industriels et académiques français dans ces secteurs ?

L'objectif de l'étude confiée à VIA INNO est de dégager les principales tendances de recherche et d'innovation dans le domaine du captage du dioxyde de carbone, de son stockage ou de son utilisation, à partir de l'exploitation de données scientifiques et technologiques. Un regard particulier sera posé sur la position de la France dans ce panorama global.

Méthodologie

S'agissant de tendances, la méthode consiste à recueillir un nombre suffisant de données pour être représentatif, sans pour autant viser l'exhaustivité. Les bases de données exploitées sont les bases de données de brevets (Orbit), de publications scientifiques (Scopus), de projets de recherche européens (Cordis), américains (National Science Foundation) et français (ANR). Les bases ont été interrogées sur la période après l'an 2000 avec une combinaison de mots clés et de taxonomies de classification qui définissent les champs technologiques du captage du dioxyde de carbone, de son transport, de son stockage ou de son utilisation. Les stratégies d'interrogation des bases des données ont été optimisées dans une démarche itérative d'échanges avec Via Inno. Concernant les brevets, les demandes de brevet de priorité chinoise n'ayant pas fait l'objet d'extension internationale n'ont pas été gardées afin d'alléger le traitement. Finalement, c'est un

corpus de près de 134 000 données qui a été constitué, comprenant 108 000 publications scientifiques, 24 400 demandes de brevet, 600 projets européens, 600 projets américains et près de 150 projets français.

L'analyse des tendances se base majoritairement sur les données des demandes de brevet et des publications scientifiques ; les informations sur les projets de recherche sont utilisées pour préciser certains points spécifiques. Les technologies ont été regroupées en quatorze groupes répartis en quatre méta-groupes afin d'en faciliter l'analyse : le captage (post-combustion, précombustion et capture directe de l'air (DAC)), l'utilisation (utilisation directe, utilisation biologique, utilisation chimique), le stockage (géologique, récupération assistée du pétrole (EOR), récupération assistée du gaz (EGR), récupération assistée du méthane de houille (ECBM)) et le transport (par canalisation, par bateau, par camion et par train). La répartition des données entre ces quatorze groupes a été réalisée en combinant un tri manuel et des modèles d'intelligence artificielle.

Observations générales

Au niveau mondial, depuis 2000, le dépôt de brevets a augmenté (+7%/an) chaque année de 2005 à 2011 pour diminuer ensuite (-4%/an) et se stabiliser autour de 1000 brevets/an au milieu de la décennie 2010, avant de montrer un rebond sur la fin de cette période. Cette dynamique est probablement la traduction de l'intérêt des acteurs économiques sur ces technologies dans un contexte de prise de conscience des défis liés à la transition énergétique et d'évolutions réglementaires dans les différentes géographies du monde. Les acteurs asiatiques (Japon, Corée du Sud) et américains se démarquent en particulier pour représenter 50% du portefeuille. Les publications scientifiques témoignent elles aussi de cet intérêt croissant pour toutes ces technologies, avec une accélération du nombre de publications annuelles qui dépassent 10 000/an depuis 2021. La Chine et les Etats-Unis, par la puissance de leurs universités et leur stratégie dans ce domaine, sont de loin les leaders nationaux, mais l'Europe (à 27 + UK, Norvège et Suisse), qui dépasse alors les Etats-Unis et la France (11ème) ne sont pas en reste.

La dynamique mondiale des brevets se reproduit au niveau national et Européen, tandis que la dynamique des publications est différente : la Chine publie de plus en plus depuis 2012 (augmentation exponentielle) tandis qu'en Europe et en France, le nombre de publications augmente de manière linéaire.

Le domaine semble par ailleurs très concentré puisqu'un petit nombre d'acteurs (10%) sont associés à la majorité des brevets (80%).

On relève par ailleurs en regardant plus précisément les différentes familles/clusters, que le développement de la brique « transport de CO₂ » est moins dynamique que les autres clusters (familles/thèmes), probablement puisque du CO₂ est transporté depuis des années. Les autres familles ont évolué avec la même dynamique que celle décrite ci-dessus et sur toutes les géographies (monde, EU, FR). Le CCU/CCS est en effet une affaire de chaîne de valeur : tous les domaines doivent progresser à la même vitesse pour que l'ensemble ait une valeur. Il n'y a pas de stockage ou d'utilisation de CO₂ sans captage. Ceci dit, il existe des différences de niveau d'intérêt au sein des familles : la DAC est en retrait par rapport au captage pré et post combustion, l'utilisation chimique du CO₂ semble avoir beaucoup plus d'intérêt que son utilisation biologique ou directe.

Zoom sur les acteurs

Concernant les brevets, à l'échelle mondiale, les acteurs japonais se distinguent particulièrement par le nombre de dépôts (13 acteurs japonais sur les 33 acteurs mondiaux ayant déposé le plus de brevets), notamment Mitsubishi Heavy Industries et Toshiba qui ont déposé, respectivement, 353 et 324 brevets.

Les Etats-Unis se classent au deuxième rang en termes de volume total de brevets déposés, avec 4 acteurs majeurs : Exxon Mobil (237 brevets), Air Products & Chemicals (171 brevets), General Electric (139 brevets) et UOP (134 brevets).

Bien que la France ne soit que le 4ème pays en termes de dépôts, les acteurs français sont tout de même bien représentés, notamment avec Air Liquide qui s'illustre en tant que leader (421 brevets), ainsi qu'Alstom Technology (197 brevets) et IFPEN (186 brevets).

Les principales forces européennes dans le domaine du CCUS sont représentées par Shell International Recherche (Pays-Bas, 242 brevets), LINDE (Allemagne, 235 brevets), Siemens (Allemagne, 188 brevets), BASF (Allemagne, 181 brevets) et Haldor Topsoe (Danemark, 125 brevets), à côté des acteurs français déjà mentionnés précédemment.

Concernant les publications scientifiques à l'échelle mondiale, la majorité des acteurs sont des instituts de recherches publiques. Les instituts de recherche chinois occupent une position dominante dans le domaine. En France et en Europe, le CNRS se démarque et présente le plus grand nombre de publications (1838 publications). TotalEnergies est quant à lui le principal acteur privé en termes de publications scientifiques (118 publications).

Des collaborations internationales (aboutissant à des brevets conjoints) ont en outre été identifiées entre plusieurs pays, notamment entre la France, l'Allemagne et les Etats Unis. A l'inverse, d'autres pays comme le Japon, la Corée du Sud et la Norvège privilégient des partenariats nationaux.

Au niveau européen, les acteurs allemands, français et norvégiens jouent un rôle central, notamment par l'importance de leurs instituts de recherche. Parmi les acteurs privés, LINDE se positionne principalement sur le captage en pré- et post-combustion avec respectivement 45 et 50 brevets et publications, ainsi que sur l'utilisation chimique du carbone avec 94 brevets et publications. De même, BASF se distingue dans le captage en post-combustion (42 brevets et publications) et l'utilisation chimique (55 brevets et publications).

Au niveau français, les grands acteurs industriels sont présents dans la majorité des thématiques, montrant ainsi leur fort engagement dans ce domaine. Par exemple, Air Liquide se positionne aussi bien sur la thématique de captage en pré-combustion (89 brevets) que sur la post-combustion (80 brevets), tout comme son utilisation chimique (116 brevets). Alstom s'est positionnée quant à elle principalement sur le captage en post-combustion (95 brevets) et l'utilisation chimique (44 brevets). A noter que l'activité a été revendue depuis. IFPEN est dans la même démarche, avec 34 brevets sur le captage en post-combustion et 68 sur l'utilisation chimique. Schlumberger est l'acteur français qui a déposé le plus de brevets (8) sur les thématiques de stockage.

Enfin, les membres du Club CO2 se démarquent par leur expertise dans ce domaine, représentant au niveau mondial près de 3% des données collectées sur ces thématiques ainsi

que 5% des brevets relatifs aux technologies CCU/CCS. Leur engagement continu dans ces sujets renforce la pertinence du Club CO2 dans cette filière stratégique de la transition énergétique.