

Des brevets sur l'hydrogène pour un avenir énergétique propre

Analyse des tendances mondiales de l'innovation dans les filières
industrielles de l'hydrogène

Janvier 2023 | Principales conclusions



Rapport de synthèse

Le succès de la transition vers un avenir énergétique propre nécessite des évolutions rapides dans l'économie mondiale et dans les habitudes de consommation énergétique. De telles évolutions ont le potentiel de soutenir des sociétés plus saines, des résultats plus équitables et une planète plus résiliente. La technologie sera au cœur de nombre de ces changements, à commencer par le développement de l'hydrogène en tant que vecteur énergétique propre.

Rendre l'hydrogène à faibles émissions compétitif nécessitera non seulement des politiques ambitieuses mais aussi des améliorations technologiques dans une chaîne de valeur qui touche presque tous les aspects du système énergétique. Les innovateurs du monde entier redoublent d'efforts dans des domaines aussi divers que la conversion des combustibles fossiles, le fractionnement électrochimique de l'eau, les cuves en graphène, le stockage cryogénique, les moteurs à pile à combustible pour les avions et la réduction du minerai de fer. Si l'hydrogène doit jouer un rôle majeur dans la réduction des émissions de combustibles fossiles, son avenir dépend de l'association d'un large éventail d'avancées dans différents types de technologies et de la création de nouveaux marchés pour celles-ci. Par rapport aux technologies numériques telles que les logiciels, les technologies liées à l'hydrogène prennent généralement plus de temps à se développer et entraînent un plus grand risque d'investissement pendant les phases de prototypage et d'entrée sur le marché. Grâce aux brevets, les inventeurs cherchent à s'assurer qu'ils peuvent récupérer les fonds investis dans l'innovation.

La coordination du déploiement de l'ensemble de la chaîne de valeur énergétique de l'hydrogène est peut-être le plus complexe de tous les défis techniques auxquels sont confrontés les ingénieurs en énergie. Il est parfois difficile de discerner le statut de tous les domaines technologiques sous-jacents. Dans ce contexte, les brevets sont des indicateurs forts de l'activité d'innovation qui peuvent donner des informations très détaillées sur l'état et l'orientation de la science.

Cette étude, qui associe l'expertise de l'Agence internationale de l'énergie et de l'Office européen des brevets, est à ce jour l'enquête la plus complète, globale et récente sur la délivrance de brevets liés à l'hydrogène. Elle couvre de façon unique les technologies pour l'ensemble des applications d'approvisionnement, de stockage, de distribution, de transformation et d'utilisation finale de l'hydrogène. Elle couvre également l'introduction de nouvelles stratégies de recherche pour comparer l'innovation incrémentale liée aux processus établis de combustibles fossiles avec les technologies émergentes motivées par le défi climatique.

Principales conclusions

1. L'Europe et le Japon sont les principaux déposants de brevets sur l'hydrogène dans le monde. Les États-Unis ont perdu du terrain au cours de la période 2011-2020 et l'innovation liée à l'hydrogène provenant de la République de Corée et de la République populaire de Chine commence seulement à émerger au niveau international.

Environ la moitié des familles internationales de brevets (FBI)¹ dans les technologies de l'hydrogène au cours de la période 2011-2020 étaient liées à la production d'hydrogène. Les autres FBI étaient répartis entre les applications finales de l'hydrogène et les technologies de stockage, de distribution et de transformation de l'hydrogène.

Comptabilisant 28 % de l'ensemble des FBI au cours de la période 2011-2020 et des avantages technologiques révélés (ATR²) dans les trois segments technologiques de la chaîne de valeur de l'hydrogène, les pays de l'UE sont les leaders mondiaux de la délivrance de brevets liés à l'hydrogène (dont 11 % en Allemagne et 6 % en France). Le Japon est également un innovateur majeur dans le domaine de l'hydrogène, avec 24 % de toutes les FBI publiées et un avantage technologique révélé dans les trois catégories de technologie. Les demandes de brevets liés à l'hydrogène ont augmenté encore plus rapidement au Japon qu'en Europe au cours des dix dernières années, avec des taux de croissance moyens de 6,2 % et 4,5 % respectivement entre 2011 et 2020.

Les États-Unis ont contribué à 20 % de toutes les publications de FBI liées à l'hydrogène entre 2011 et 2020. Ils sont la seule grande région où le nombre de FBI a diminué au cours des dix dernières années. Le nombre de demandes internationales de brevet émanant de la République de Corée et de la République populaire de Chine reste modeste en comparaison. Cependant, il n'a cessé d'augmenter au cours de la période 2011-2020, avec des taux de croissance annuels moyens de 12,2 % et de 15,2 % respectivement et un fort intérêt pour les applications finales émergentes de l'hydrogène dans le cas de la République de Corée.

1 Chaque FBI couvre une seule invention et englobe les demandes de brevet déposées auprès de plusieurs offices et publiées par ceux-ci. Il s'agit d'un indicateur fiable de l'innovation, car il permet un certain contrôle de la qualité des brevets en ne comptabilisant que les inventions jugées suffisamment intéressantes pour mériter une protection internationale. Les données relatives aux tendances en matière de brevets présentées dans ce rapport renvoient au nombre de familles de brevets internationales.

2 L'indice ATR indique la spécialisation d'un pays en matière d'innovation dans le domaine de l'hydrogène par rapport à sa capacité d'innovation globale. On le calcule à partir de la part des FBI d'un pays dans un domaine technologique particulier divisée par la part des FBI de ce pays dans tous les domaines technologiques. Un ATR supérieur à 1 reflète la spécialisation d'un pays dans une technologie donnée.

Figure E1

Part de la délivrance de brevets au niveau international et de l'avantage technologique révélé par les principales régions du monde et les segments de la chaîne de valeur (FBI, 2011-2020)



Remarque : les calculs reposent sur le pays des demandeurs des familles de brevets internationales (FBI), à l'aide d'un comptage fractionné dans le cas de co-demandes.

Source : calculs de l'auteur

2. L'innovation dans les technologies établies de l'hydrogène est dominée par l'industrie chimique européenne. Néanmoins, les nouveaux géants en matière de brevets liés à l'hydrogène sont des entreprises des secteurs de l'automobile et de la chimie qui se concentrent sur les technologies de l'électrolyse et des piles à combustible.

Dans chacun des trois principaux segments technologiques des chaînes de valeur de l'hydrogène, une distinction peut être faite entre i) les améliorations progressives apportées à des procédés bien établis dans les secteurs de la chimie et du raffinage et ii) les technologies émergentes qui pourraient contribuer à atténuer le changement climatique en faisant de l'hydrogène un produit énergétique propre pour un éventail beaucoup plus large de secteurs. Les technologies de l'hydrogène principalement motivées par les enjeux climatiques ont généré deux fois plus de FBI au cours de la période 2011-2020 que les technologies établies. Elles étaient particulièrement axées sur les applications finales et les méthodes de production, alors que les technologies établies génèrent toujours une majorité de FBI dans le stockage, la distribution et la transformation de l'hydrogène.

Les principaux demandeurs de technologies établies sont dominés par des entreprises chimiques ayant une longue expérience dans la production et la manipulation de l'hydrogène à partir de combustibles fossiles. Ces entreprises se diversifient également dans les technologies émergentes (telles que le captage, l'utilisation et le stockage du carbone — CUSC) qui permettent de fournir de l'hydrogène à faibles émissions. Les principaux demandeurs de technologies émergentes motivées par les enjeux climatiques sont des entreprises japonaises et coréennes, généralement issues de l'industrie automobile. Leurs portefeuilles de brevets sont principalement axés sur la production par électrolyse et les demandes basées sur les piles à combustible. Cependant, ils s'étendent également aux technologies établies pour le stockage et la distribution d'hydrogène liquide ou gazeux, un domaine d'intérêt pour ces pays qui prévoient d'importer de l'hydrogène stocké dans un avenir proche.

Les universités et les institutions publiques de recherche ont généré 13 % de toutes les FBI liées à l'hydrogène entre 2011 et 2020. Les dix premières institutions de recherche représentent à elles seules environ 3 % de toutes les FBI. Elles sont dominées par des institutions coréennes et européennes et montrent un fort intérêt pour les méthodes de production d'hydrogène motivées par les enjeux climatiques, telles que l'électrolyse.

Figure E2

Principaux demandeurs internationaux de technologies établies et de technologies motivées par les enjeux climatiques (FBI, 2011-2020)

	Production		Stockage, distribution et transformation		Applications finales	
	Technologies établies	Motivées par les enjeux climatiques	Technologies établies	Motivées par les enjeux climatiques	Technologies établies	Motivées par les enjeux climatiques
Top 4 – Technologies établies						
Air Liquide (FR)	 174	 44	 94	 50	 18	 21
Linde (DE)	 155	 48	 87	 40	 9	 23
Air Products (US)	 61	 20	 30	 13	 2	 8
BASF (DE)	 34	 34	 23	 11	 2	 13
Top 4 – Motivées par les enjeux climatiques						
Toyota (JP)	 12	 48	 114	 50	 2	 528
Hyundai (KR)	 1	 16	 44	 14		 319
Honda (JP)	 7	 48	 48	 16		 200
Panasonic (JP)	 5	 128	 2	 1		 6
Top 3 – Recherche						
CEA (FR)	 10	 109	 21	 11	 1	 7
IFP (FR)	 48	 30	 4	 8	 1	 30
CNRS (FR)	 3	 30	 4	 12	 1	 7

Remarque : les FBI ont été attribuées aux entités cotées sur la base de l'identification de ces entités en tant qu'individu ou co-demandeur des brevets apparentés. Les technologies liées au captage, l'utilisation et le stockage du carbone (CUSC) et à la réduction des émissions de CO₂ dans la production d'hydrogène à partir de combustibles fossiles, ainsi que les technologies de ravitaillement des véhicules, sont indiquées dans ce tableau sous la mention « motivées par les enjeux climatiques ». Le classement est fondé sur la taille des portefeuilles de FBI des demandeurs dans le domaine des technologies de l'hydrogène établies et motivées par les enjeux climatiques. Le total des FBI des demandeurs présenté dans le tableau peut excéder la taille réelle de leur portefeuille car certaines FBI sont comptées comme pertinentes pour deux ou trois segments différents de la chaîne de valeur.

Source : calculs de l'auteur

3. Alors que la production d'hydrogène reste presque entièrement basée sur les combustibles fossiles, la délivrance de brevets a déjà connu une évolution majeure vers des méthodes de substitution à faibles émissions. Cette évolution laisse présager un boom des électrolyseurs, un domaine dans lequel l'Europe a pris de l'avance quant aux nouvelles capacités de production.

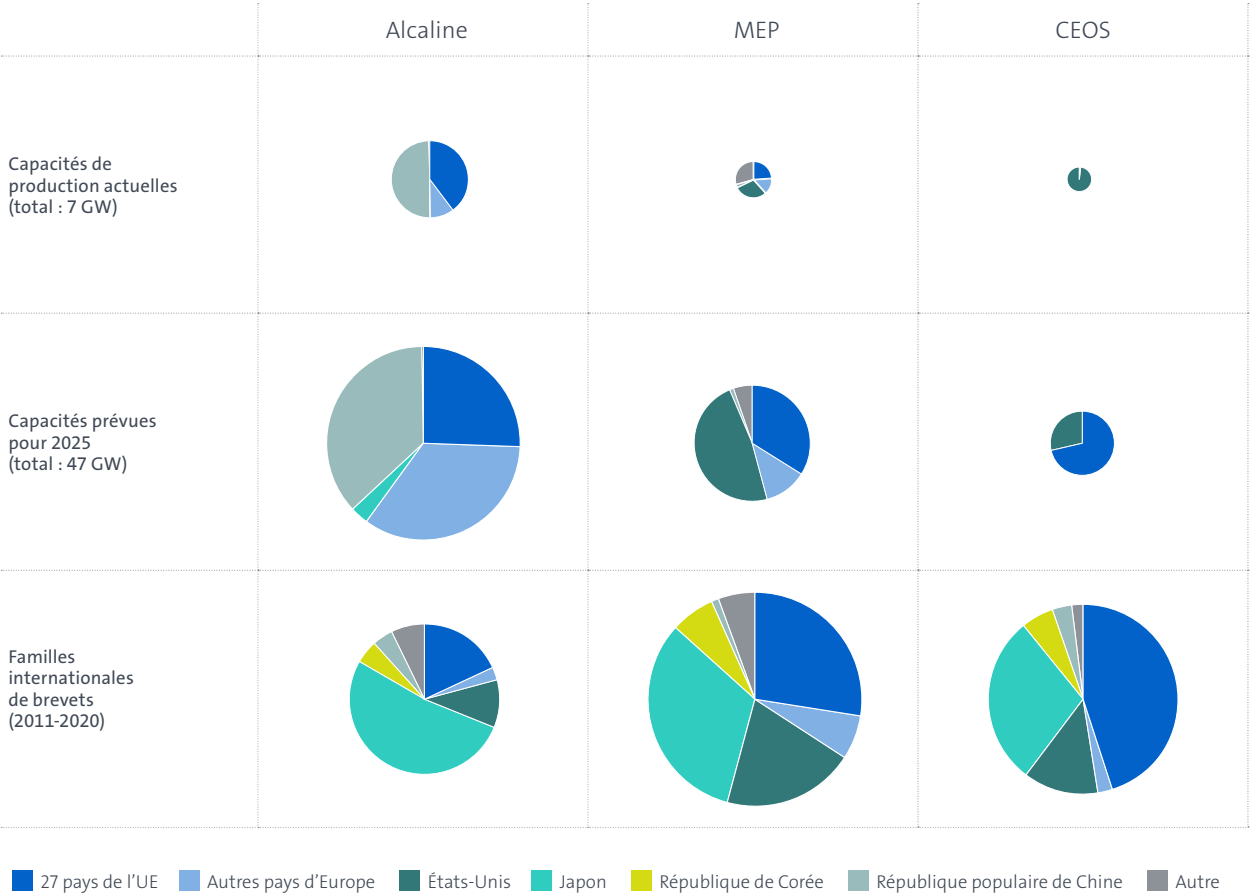
Une analyse comparative des tendances en matière de brevets dans les technologies de production d'hydrogène au cours des vingt dernières années montre une nette évolution de l'innovation entre les méthodes traditionnelles à forte intensité de carbone et les nouvelles technologies susceptibles de décarboner la production d'hydrogène. Les technologies motivées par les préoccupations climatiques ont généré près de 80 % de FBI liées à la production d'hydrogène en 2020. Leur croissance a été principalement alimentée par un essor rapide de l'innovation dans le domaine de l'électrolyse.

Plusieurs catégories d'électrolyseurs sont en concurrence pour un marché qui pourrait passer de 1 GW à plus de 65 GW par an d'ici 2030, selon les engagements annoncés par les gouvernements. Entre 2011 et 2020, le Japon était en tête en matière de brevets liés aux technologies alcalines classiques et aux technologies MEP (membrane électrolytique polymère), plus pointues. Cependant, l'investissement dans les capacités de fabrication de ces technologies n'a pas encore pris son essor dans ce pays. Les 27 pays de l'UE et d'autres pays européens sont actifs à la fois dans la délivrance de brevets et la fabrication, notamment dans les technologies CEOS (cellule d'électrolyse à oxyde solide), et apportent en outre une contribution significative en matière de technologies MEP et alcalines. Les États-Unis sont très actifs dans le développement des capacités de fabrication de MEP, mais moins actifs dans l'innovation, comme l'indique le dépôt de demandes de brevet. La République populaire de Chine est un contributeur modeste en matière de FBI portant sur les technologies liées aux électrolyseurs. Cependant, elle investit massivement dans des capacités de production, en se concentrant presque exclusivement sur la technologie alcaline, moins chère et déjà bien établie, mais aussi moins prometteuse en matière d'améliorations futures.

Les FBI publiées relatives à la production d'hydrogène à partir de combustibles fossiles sont en baisse depuis 2007. Les solutions émergentes pour décarboner l'hydrogène à partir de combustibles fossiles n'ont donné lieu qu'à un nombre limité de brevets jusqu'à présent. L'innovation dans d'autres technologies de production d'hydrogène motivées par les enjeux climatiques semble également manquer d'élan. Les activités en matière de brevets dans le domaine de la production d'hydrogène à partir de la biomasse ou de déchets (par gazéification ou pyrolyse) ont ainsi fortement augmenté entre 2007 et 2011 mais ont considérablement diminué depuis. Le nombre de FBI liées au fractionnement de l'eau par des voies non électrolytiques a également légèrement diminué depuis 2010. En 2020, ce nombre représentait 12 % du nombre total de FBI publiées dans le domaine de l'électrolyse.

Figure E3

Origine des inventions liées aux électrolyseurs et aux capacités de fabrication



Remarque : les calculs reposent sur le pays des investisseurs et des demandeurs de FBI, à l'aide d'un comptage fractionné dans le cas de co-demandes.

Source : calculs de l'auteur (basé sur les annonces des fabricants d'électrolyseurs)

4. Les activités relatives aux brevets visant à améliorer les technologies existantes pour le stockage de l'hydrogène et la production d'ammoniac et de méthanol ont connu une croissance constante entre 2001 et 2020. Cependant, l'innovation dans le développement de carburants à base d'hydrogène a perdu de son élan au cours des dix dernières années.

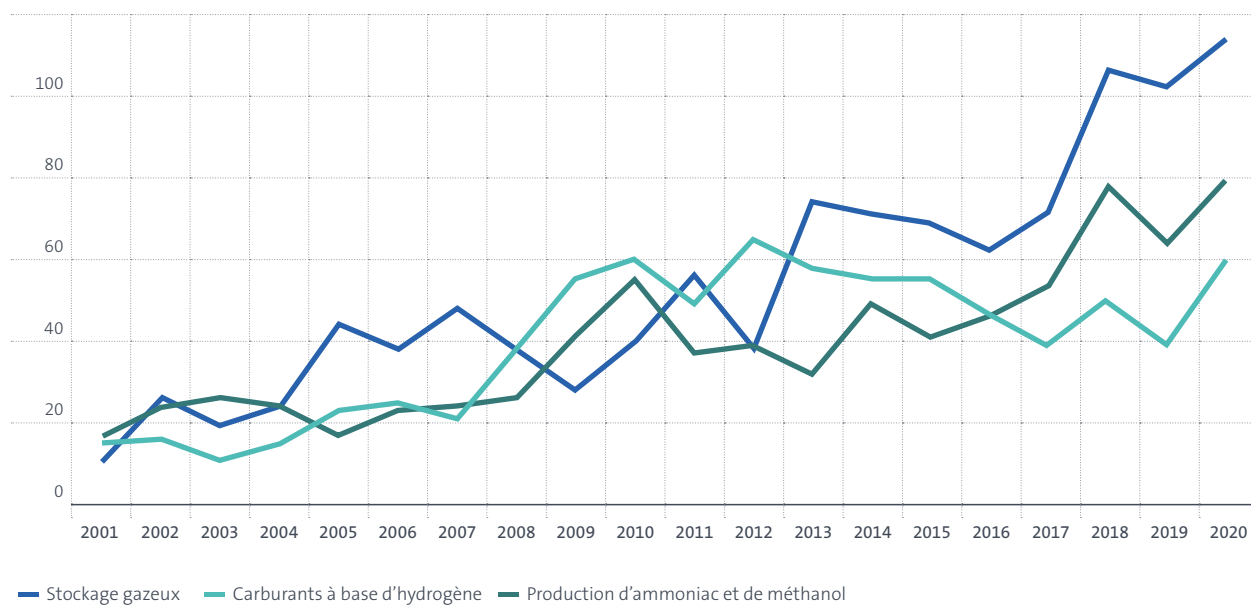
L'hydrogène pur est actuellement transporté soit sous forme gazeuse via des pipelines et des remorques à tubes, soit sous forme liquéfiée dans des cuves cryogéniques. Depuis 2001, les tendances en matière de brevets montrent que ces technologies établies ont attiré des efforts d'innovation croissants au cours des vingt dernières années. Cela témoigne de la capacité de l'industrie à s'améliorer et de son intérêt pour l'amélioration du déploiement et de l'efficacité des systèmes de distribution d'hydrogène jusqu'au ravitaillement des véhicules. Les acteurs de l'industrie de l'hydrogène établis depuis longtemps sont actifs dans tous les segments technologiques du stockage et de la distribution de l'hydrogène. Les entreprises du secteur automobile sont également devenues d'importants demandeurs de brevets dans certains de ces segments en raison de l'importance du stockage embarqué de l'hydrogène pour la commercialisation des véhicules à hydrogène.

Le nombre de FBI publiées concernant l'utilisation de l'hydrogène pour la production d'ammoniac et de méthanol a également augmenté entre 2001 et 2020. Cela reflète à la fois les efforts déployés pour réduire l'impact important de leurs processus de production sur le climat et un intérêt nouveau pour l'utilisation de ces molécules dans des carburants à base d'hydrogène destinés aux secteurs de l'électricité et des transports. Comme pour les technologies de stockage de l'hydrogène pur, l'innovation dans ces domaines est principalement due aux entreprises (essentiellement européennes) déjà spécialisées dans la production et la manipulation de l'hydrogène à partir de combustibles fossiles.

Les progrès réalisés dans d'autres carburants à base d'hydrogène — par exemple le kérosène synthétique pour l'aviation ou le méthane synthétique — reposent également sur des améliorations de l'efficacité et sur des réductions de coûts. Cependant, les données relatives aux brevets suggèrent que l'innovation dans ces technologies s'est essouffée au cours des dix dernières années. Les efforts déployés par les États-Unis et l'Europe pour développer des carburants synthétiques stagnent depuis 2011. En revanche, la délivrance de brevets liés aux technologies alternatives de transport longue distance de l'énergie hydrogène a augmenté rapidement de 2011 à 2020. On constate des taux de croissance moyens de 12,5 % pour les hydrocarbures organiques liquides (HCOL) et de 7,8 % pour le craquage de l'ammoniac. Toutefois, ces technologies ne représentent qu'un petit nombre de familles de brevets, dont la moitié provient encore d'institutions de recherche à vocation scientifique.

Figure E4

Tendances internationales en matière de brevets dans les domaines du stockage de l'hydrogène gazeux, de la production d'ammoniac, de la production de méthanol et des carburants de substitution à base d'hydrogène (FBI, 2001-2020)



Source : calculs de l'auteur

5. Les activités en matière de brevets relatives à l'utilisation de l'hydrogène dans le secteur automobile continuent de se développer à des taux beaucoup plus élevés que pour d'autres applications finales, malgré quelques progrès récents vers l'utilisation de l'hydrogène pour la production d'acier. Cependant, l'innovation n'a pas encore connu un essor important dans d'autres applications industrielles, telles que l'utilisation de carburants à base d'hydrogène pour le transport longue distance.

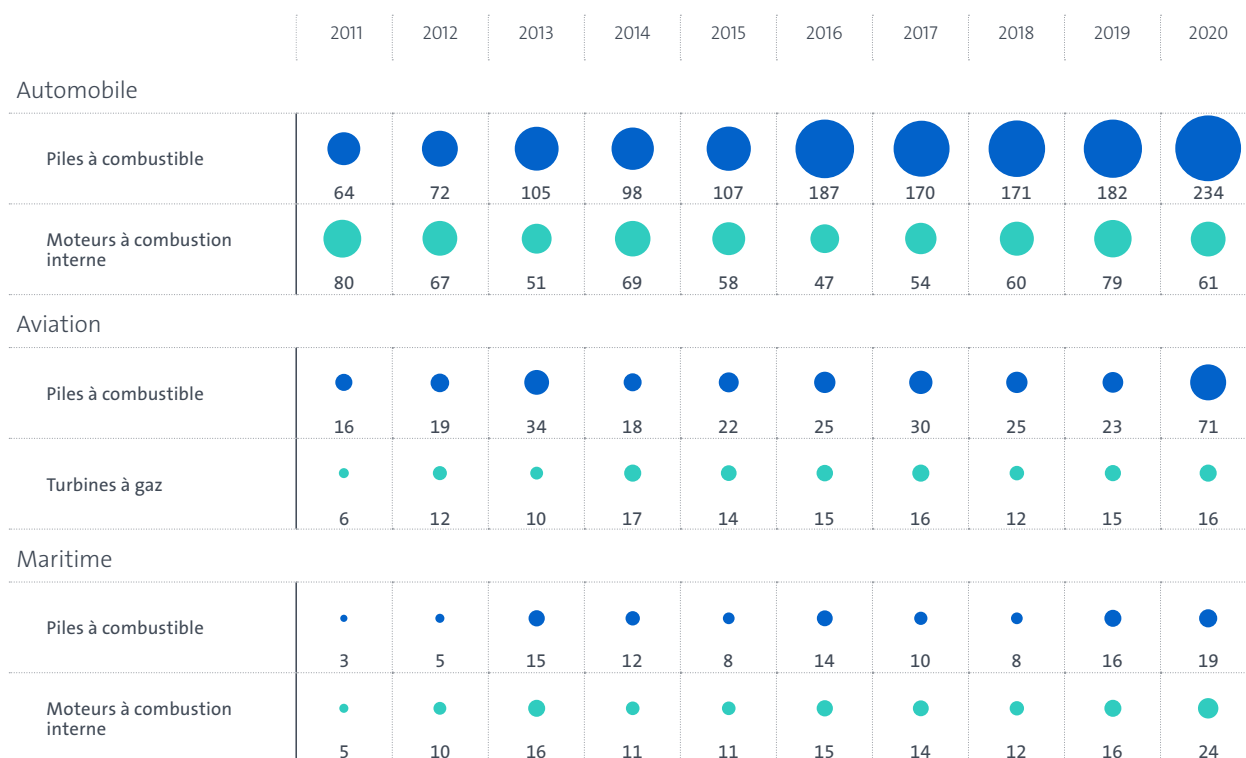
La forte croissance des FBI dans le secteur des transports est due à l'innovation dans la propulsion par pile à combustible dans le secteur automobile et, dans une moindre mesure, dans l'aviation à courte distance (en particulier les drones). Les activités en matière de brevets dans ces domaines sont largement dominées par les entreprises automobiles japonaises et coréennes. Elles semblent générer des synergies avec l'innovation dans l'électrolyse MEP. En revanche, l'innovation dans les moteurs à combustion interne (MCI) et les turbines utilisant de l'hydrogène, de l'ammoniac ou du méthanol comme carburant n'a pas encore été dynamisée par le récent élan politique en faveur de l'hydrogène, bien que ces technologies soient susceptibles d'être nécessaires pour le transport longue distance, notamment pour le transport maritime et l'aviation moyen-courrier.

Les publications de la FBI sur l'utilisation de l'hydrogène pour la production de fer et d'acier ont repris en 2017 après plusieurs années de baisse depuis 2014. Près de 40 % des activités en matière de brevets au cours de la période 2011-2020 ont été concentrées sur un petit nombre de producteurs d'acier et de fournisseurs de matériel. Ces derniers sont dirigés par des entreprises européennes et semblent être dans une position plus avancée pour intégrer les technologies de l'hydrogène les plus avancées (telles que la réduction directe du fer et la réduction par fusion) dans une nouvelle génération de matériel de production.

Le niveau de délivrance de brevets dans d'autres applications finales de l'hydrogène dans les bâtiments et la production d'électricité a diminué au cours des années 2010. Cela dénote un manque d'intérêt pour les applications dans les bâtiments dans des régions autres que le Japon, et un intérêt croissant pour les batteries comme solution de rechange pour le stockage stationnaire de l'électricité.

Figure E5

Tendances internationales en matière de brevets dans les technologies de propulsion à base d'hydrogène, 2011-2020



Source : calculs de l'auteur

6. Les brevets permettent de soutenir la levée de fonds par les start-ups qui développent des activités dans le domaine de l'hydrogène. Plus de 80 % des investissements dans les start-ups du secteur de l'hydrogène vont à des entreprises qui avaient déjà déposé une demande de brevet. Cela montre l'importance des brevets pour les jeunes entreprises opérant dans ce domaine.

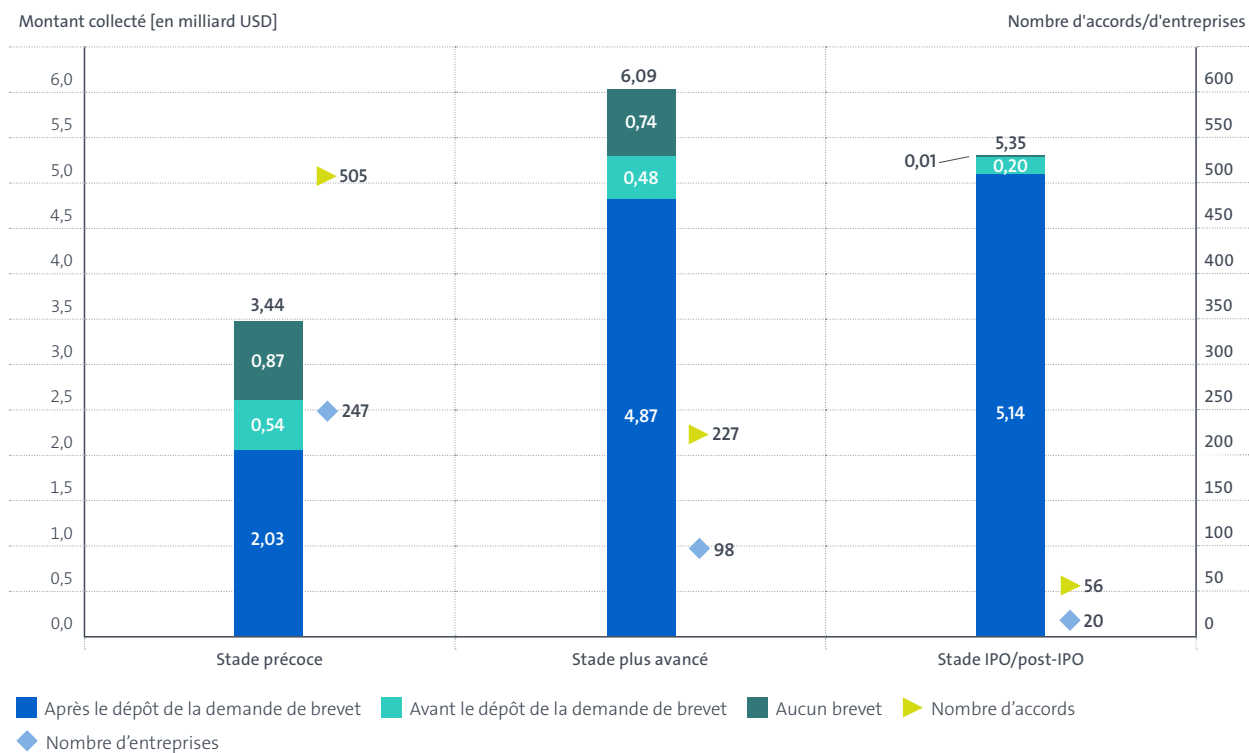
Près de 70 % des 391 start-ups dont les activités sont liées à l'hydrogène détiennent au moins une demande de brevet. En effet, la majorité des start-ups dans le domaine de l'hydrogène commencent leur parcours en laboratoire et s'appuient soit sur la recombinaison de technologies existantes, soit sur l'exploitation de technologies émergentes pour résoudre des problèmes techniques fondamentaux. Ces types d'entreprises nécessitent des investissements importants en R & D et en ingénierie. Elles s'appuient généralement sur des brevets pour protéger ces investissements.

Seules 117 des 391 start-ups ayant fait l'objet de cette étude ont déposé des FBI au cours de la période 2011-2020, principalement dans l'UE (34 %) et aux États-Unis (33 %). Cependant, elles ont attiré 55 % des fonds de capital-risque fournis pendant les stades précoce, avancé et IPO/post-IPO. Une analyse plus large des opérations de capital-risque impliquant des start-ups du domaine de l'hydrogène avec ou sans demande de brevet montre que la part du montant total des fonds levés par les entreprises ayant déposé une demande de brevet augmente de manière constante lorsqu'on passe aux cycles de financement ultérieurs (Figure E6). Plus de 80 % des investissements au stade avancé dans les start-ups du domaine de l'hydrogène sont réalisés par des entreprises qui avaient déjà déposé leur première demande de brevet. Ce pourcentage augmente à 95 % si l'on tient compte des fonds acquis lors du stade d'introduction en bourse ou de post-introduction en bourse.

Les FBI des start-ups du domaine de l'hydrogène visent principalement les technologies motivées par les enjeux climatiques, telles que l'électrolyse et les piles à combustible. Cependant, environ un tiers d'entre elles présentent également des activités en matière de brevets dans des technologies établies, généralement en combinant des FBI dans des technologies motivées par les enjeux climatiques. C'est le cas en particulier dans la production d'hydrogène, ce qui signale des efforts de réduction de l'impact carbone de l'hydrogène provenant du gaz et d'autres combustibles fossiles.

Figure E6

Part du financement revenant aux start-ups, par phase de financement, 2000–2020



Remarques : les opérations de financement ne sont incluses que pour les entreprises fondées entre 2000 et 2020. La date de référence concernant le dépôt de demande de brevet est la date de la priorité la plus ancienne calculée pour l'ensemble des familles de brevets attribuées à l'entreprise en question. Cleantech Group, Crunchbase et Dealroom ont été utilisées comme sources de données pour les cycles de financement. Au stade précoce, le financement comprend les types d'investissement suivants : semence, série A, série B. Au stade avancé, le financement comprend les types d'investissement suivants : séries C à F. Au stade d'introduction en bourse (IPO) ou de post-introduction en bourse (post-IPO) : les transactions sans participation au capital ne sont pas incluses à ce stade. Le financement déclaré au stade post-IPO est limité aux investissements privés dans des investissements de type capital public, ce qui exclut les émissions supplémentaires d'actions publiques.

Source : calculs de l'auteur

7. Selon les technologies et les régions, les tendances inégales des brevets sur l'hydrogène montrent qu'il existe des possibilités pour qu'une action politique contribue à réaliser un avenir à zéro émission nette.

Malgré les signaux globalement positifs de la croissance de l'activité en matière de brevets dans les technologies de l'hydrogène, il existe plusieurs sujets de préoccupation. La dépendance des technologies de l'hydrogène à une chaîne de valeur technique complexe signifie que l'utilisation généralisée de l'hydrogène à faibles émissions ne progressera qu'au même rythme que le maillon le plus faible de la chaîne. L'accent mis par les innovateurs sur la production d'hydrogène est bienvenu, car cela permettra de réduire les coûts au fil du temps. Toutefois, il faut également améliorer les coûts et les performances dans des domaines tels que la synthèse des carburants à base d'hydrogène et les applications finales. Les réductions de coûts dans ces domaines sont largement anticipées dans les modèles économiques des analystes du futur système énergétique. Les données sur les brevets indiquent que les inventeurs ne sont pas encore encouragés à en faire une réalité.

Le risque d'une inadéquation entre l'offre et la demande de technologies doit être pris au sérieux par les gouvernements. La variété des solutions d'électrolyseurs développées dans les laboratoires et, plus récemment, dans les usines à échelle commerciale a créé une dynamique d'innovation soutenue par la concurrence économique entre les entreprises et les régions. Les gouvernements ont tout intérêt à orienter l'innovation vers de nouvelles techniques de fabrication, vers la baisse de la dépendance à l'égard de certains minéraux critiques ou vers l'utilisation d'intrants souhaitables, tels que la saumure ou l'eau contaminée. L'orientation générale est déjà très encourageante. Cependant, les investissements dans le déploiement de ces technologies dépendent de la volonté des acheteurs d'hydrogène à faibles émissions, qui dépend elle-même de l'existence de technologies de transformation et d'utilisation finale appropriées et

compétitives. Les investissements seront limités tant que les carburants à base d'hydrogène « prêts à l'emploi » ne seront pas disponibles sur le marché, ou que les technologies permettant de remplacer l'hydrogène à base de combustibles fossiles ne seront pas largement accessibles aux consommateurs et aux entreprises du monde entier.

Les gouvernements jouent un rôle majeur dans la définition du programme de recherche et l'adoption de politiques qui encouragent le secteur privé à investir dans l'innovation. Les données sur les brevets montrent clairement que les acteurs établis sont des géants en matière de brevets liés à l'hydrogène et qu'ils sont capables de s'étendre à de nouveaux segments du marché. Les entreprises automobiles et chimiques actives dans le domaine des piles à combustible et de l'électrolyse en sont un exemple flagrant. Mettre en évidence la nécessité de passer à des carburants plus propres auprès des entreprises des secteurs du fer et de l'acier, de l'aviation et du transport maritime, permettra de stimuler les efforts technologiques de ces entreprises et de catalyser également les nouvelles start-ups. Ces signaux peuvent être basés sur les dispositions réglementaires, les incitations du marché ou les transferts financiers, associées au soutien de projets innovants. De même, les brevets relatifs à l'utilisation de l'hydrogène pour améliorer les biocarburants et à la production d'énergie stationnaire ont besoin d'un nouvel élan.

La production d'hydrogène à partir de combustibles fossiles constitue un autre domaine à surveiller dans les futures études sur la délivrance de brevets liés à l'hydrogène pour un avenir en énergies propres. Si l'on veut réduire les émissions de manière significative, ce secteur établi de l'économie ne peut pas se contenter d'innovations graduelles et marginales visant seulement à améliorer l'efficacité. Il convient d'aligner toutes les technologies basées sur les combustibles fossiles aux motivations climatiques si l'on souhaite qu'elles aient un rôle dans un système énergétique à zéro émission nette.

Le rapport peut être téléchargé dans son intégralité à l'adresse :

epo.org/trends-hydrogen

iea.li/hydrogen-innovation

© 2023 OEB et OCDE/AIE

ISBN 978-3-89605-314-5