



Observatoire
de la sécurité des flux
et des matières énergétiques

ENJEUX GÉOSTRATÉGIQUES DE L'HYDROGÈNE

Une filière au cœur de la transition énergétique

RAPPORT EXÉCUTIF #10 – Décembre 2021



A PROPOS DE L'OBSERVATOIRE.....	3
SYNTHESE	4
Des États à la conquête du futur marché de l'hydrogène	4
4 profils de pays au cœur d'un nouvel échiquier mondial	5
Une reconfiguration des rapports de forces géopolitiques	7
La sécurité des approvisionnements au cœur du commerce de l'H₂.....	8
Les atouts stratégiques de l'hydrogène face aux importations pétrogazières.....	9
Un marché stratégique, à l'émergence conditionnelle	9
CARTE : MULTIPLICATION DES PROJETS DE PRODUCTION D'HYDROGENE DANS LE MONDE	11
CARTE : DES PROJETS EN GRANDE MAJORITE THEORIQUES ET PEU AVANCES	12
CARTE : UNE PRODUCTION D'HYDROGENE ENCORE BLEUE ET TRES CONCENTREE EN 2021	13

AVERTISSEMENT

L'Observatoire de la sécurité des flux et matières énergétiques (OSFME) a vocation à contribuer au débat public sur les questions d'énergie et de sécurité. Les publications et les analyses de l'OSFME n'engagent que leurs auteurs et ne peuvent d'aucune manière être attribuées au ministère des Armées.



Observatoire
de la sécurité des flux
et des matières énergétiques

L'**Observatoire de la sécurité des flux et des matières énergétiques (OSFME)** est coordonné par l'Institut de relations internationales et stratégiques (**IRIS**), en consortium avec **Enerdata** et **Cassini**, dans le cadre d'un contrat avec la direction générale des Relations internationales et de la Stratégie (**DGRIS**) du ministère des Armées.

Plusieurs autres rapports de l'Observatoire de la sécurité des flux et des matières énergétiques (OSFME) sont déjà accessibles en ligne sur :

www.iris-france.org/observatoires/observatoire-securite-flux-energie/

Septembre 2019	Rapport #1 - La Belt and Road Initiative et la stratégie de sécurisation des approvisionnements énergétiques chinois en Afrique
Décembre 2019	Rapport #2 - Les investissements chinois, russes et américains dans le secteur énergétique européen
Mars 2020	Rapport #3 - Les nouvelles configurations des marchés du GNL et leurs implications géopolitiques
Juin 2020	Rapport #4 - La compétition internationale pour les technologies bas carbone : vers une nouvelle géopolitique de l'énergie ?
Septembre 2020	Rapport #5 - Les stratégies nucléaires civiles de la Chine, des États-Unis et de la Russie
Décembre 2020	Rapport #6 - L'alliance européenne des batteries : enjeux et perspectives européennes
Mars 2021	Rapport #7 - Les perspectives d'évolution des biocarburants : jeux des acteurs et enjeux fonciers
Juin 2021	Rapport #8 - Les enjeux énergétiques des pays rive sud de la Méditerranée : Algérie, Libye, Égypte
Septembre 2021	Rapport #9 - Les stratégies de transition énergétique des armées : Allemagne Australie Canada Danemark États-Unis Pays-Bas Royaume-Uni
Décembre 2021	Rapport #10 – Les enjeux géostratégiques de la filière hydrogène Une filière au cœur de la transition énergétique

SYNTHESE

L'hydrogène décarboné est au cœur des stratégies de transitions énergétiques de nombreuses grandes puissances, dont l'Union européenne et ses États membres. Ce nouveau vecteur énergétique doit permettre de décarboner des secteurs industriels, stocker de l'électricité et propulser la mobilité de demain, en particulier là où l'électrification directe est difficile. C'est une véritable révolution verte à même de bouleverser la géopolitique de l'énergie au niveau global. Pour s'imposer et maîtriser cette nouvelle industrie, la France y investira 7 Md€ à l'horizon 2030 tandis que l'Allemagne est prête à aller jusqu'à 9 Md€. Mais l'UE et les pays européens ne sont pas les seuls en lice. Le Japon, la Corée du Sud, l'Australie, la Chine ou encore les États-Unis ont également engagé d'ambitieuses stratégies de développement de la filière hydrogène. Alors que la chaîne de valeur de l'hydrogène est plus complexe que pour les hydrocarbures, à quoi ressemblera la future géopolitique et géoéconomie de l'hydrogène ? Qui seront les grandes puissances de l'hydrogène et quelles sont leurs stratégies pour s'imposer à l'international ? Quels nouveaux enjeux géostratégiques pourraient émerger pour l'UE ?

Des États à la conquête du futur marché de l'hydrogène

Signe de l'importance attachée au développement de la filière de l'hydrogène, une vingtaine de pays ont, au cours de ces dernières années, publié des stratégies nationales sur l'hydrogène, avec à la clé d'importants financements publics dédiés (dont l'Union européenne et plusieurs États membres, le Japon, la Corée du Sud, l'Australie, la Russie, etc.). Une course à la maîtrise des technologies liées à la production, au stockage, au transport et à l'utilisation de l'hydrogène est ainsi lancée.

Avec des nuances, presque tous les pays partagent une vision similaire du rôle que l'hydrogène devrait jouer à l'avenir dans leur système énergétique, en particulier pour la décarbonation des transports et de l'industrie. Dans le cas des transports, la plupart des gouvernements mettent l'accent sur le transport routier lourd et sur le rôle potentiel de l'ammoniac dans le transport maritime. Seuls le Japon et la Corée envisagent un rôle important pour les voitures.

Les deux principaux clivages qui apparaissent portent sur le type de production d'hydrogène et sur les stratégies commerciales. Certains pays parient sur l'hydrogène bleu (en particulier Canada, Australie, Russie), tandis que d'autres (les pays européens dans leur majorité) semblent focaliser leur attention sur l'hydrogène vert, sans pour autant exclure totalement l'hydrogène bleu. Certains pays cherchent à devenir des fournisseurs d'hydrogène (en particulier l'Australie, le Maroc ou encore le Chili), et d'autres se préparent à devenir des importateurs (dont le Japon, la Corée du Sud, ou encore l'Allemagne). Pour ces derniers, la mise en place de chaînes d'approvisionnement en hydrogène est un enjeu majeur. Ainsi, les gouvernements et les acteurs industriels de ces pays ont d'ores et déjà commencé à développer une stratégie de sécurisation des approvisionnements à travers divers projets, notamment touchant au transport maritime, et des partenariats avec des pays potentiellement exportateurs.

4 profils de pays au cœur d'un nouvel échiquier mondial

S'il se matérialise, le marché mondial de l'hydrogène décarboné se structurera sur la base de plusieurs facteurs. Le premier est le différentiel des coûts de production de l'hydrogène entre les pays, qui découle notamment des différences de dotation en énergies renouvelables. Le second facteur est la dotation en ressources d'eau douce, élément indispensable pour la production d'hydrogène en l'état des technologies. Le troisième est l'existence ou la capacité de mise en place d'infrastructures de production et d'exportation. Enfin, le quatrième facteur sera éminemment politique puisqu'il reviendra aux gouvernements des pays potentiellement importateurs de procéder à des arbitrages entre d'un côté la compétitivité de l'économie nationale (pour laquelle le prix de l'hydrogène sera un élément clé) et d'autre part la volonté d'assurer un certain niveau d'indépendance énergétique.

Compte tenu de ces paramètres, une carte du futur marché de l'hydrogène tend à se dessiner, distinguant au moins quatre catégories de pays.

La **première catégorie** est celle des pays appelés à devenir des fournisseurs majeurs du futur marché de l'hydrogène. Ils possèdent un grand potentiel de production d'énergie solaire et/ou éolienne, ou d'importantes réserves de gaz naturel, disposent d'abondantes ressources en eau, et peuvent sans difficulté déployer les infrastructures nécessaires tant pour la production que pour l'exportation d'hydrogène. Figurent dans ce groupe l'Australie, le Maroc ou encore le Chili, qui ont déjà commencé à investir dans la production d'hydrogène avec l'intention de l'exporter.

La **seconde catégorie** regroupe les pays ayant certes d'abondantes ressources énergétiques renouvelables et/ou gazières, mais où les ressources en eau douce sont limitées, ce qui hypothèque leur chance de devenir des grands exportateurs d'hydrogène. Les pays du Moyen-Orient sont dans ce cas, ce qui devrait réduire leur rôle sur le marché de l'hydrogène par rapport à celui qu'ils occupent aujourd'hui sur le marché pétrolier.

Le **troisième groupe** est celui des pays disposant de vastes ressources, renouvelables ou gazières, mais qui ne semblent pas en mesure de disposer des moyens financiers pour mettre en place les infrastructures requises pour la production et le transport (interne ou d'exportation) d'hydrogène. Figure probablement dans cette catégorie la Russie qui risque d'avoir du mal à être compétitive pour fournir le marché européen dont l'exigence sera d'avoir de l'hydrogène exclusivement vert à terme. **La conséquence prévisible sera une réduction de la dépendance énergétique de l'UE vis-à-vis de la Russie.**

Enfin, le **dernier groupe** est celui des pays disposant d'un potentiel d'énergie renouvelable limité, ou encore des pays où la demande en hydrogène sera forte en raison du dynamisme de leur économie et de leur assise industrielle, et qui peuvent faire le choix d'importer de l'hydrogène bon marché plutôt que de le produire eux-mêmes à des coûts plus élevés afin de réduire le coût de la transition énergétique. La plupart des pays de ce groupe, dont le Japon, la Corée du Sud et une

partie de l'UE, sont actuellement des importateurs d'énergie fossile. Ainsi, leur position sur le futur marché de l'hydrogène ne devrait pas fondamentalement changer et leur situation géopolitique devrait rester très similaire à celle d'aujourd'hui. Leur dépendance envers le pétrole et le gaz sera simplement remplacée par celle envers l'hydrogène.

Alors que ni les États-Unis, ni la Chine, ni l'Inde n'ont pour l'heure publié de stratégie hydrogène détaillée, il est encore difficile de prévoir leur futur statut dans le paysage mondial de l'hydrogène. La Chine comme les États-Unis devraient probablement parvenir à équilibrer l'offre et la demande d'hydrogène au niveau national, voire être capables de dégager un surplus pour l'exportation. Le recours à des importations relèverait d'un choix politique et économique, sachant que les États-Unis sont traditionnellement assez enclins à s'appuyer sur les forces du marché et la Chine plus réticente.

Une reconfiguration des rapports de forces géopolitiques

L'apparition d'un véritable marché de l'hydrogène constituerait une transformation éminemment disruptive du système énergétique mondial, renouvelant en profondeur les facteurs de puissance et de dépendance. En particulier pour les pays aujourd'hui importateurs d'énergies fossiles, cette transition offrira l'occasion de briser l'hégémonie des États producteurs de pétrole et de gaz, de s'affranchir de leur dépendance envers ces pays et ainsi de renforcer leur sécurité énergétique et géostratégique. C'est le cas notamment des pays européens, des États-Unis, de la Chine ou encore du Japon.

Plusieurs implications géopolitiques devraient en découler. D'une part, de nouvelles rivalités technologiques et géoéconomiques pourraient voir le jour entre les pays pour le contrôle des technologies de l'hydrogène. D'autre part, de nouvelles dépendances entre États seront créées, qui pousseront les gouvernements ayant opté pour le recours aux importations à chercher à en atténuer les risques induits. Enfin, certains pays aujourd'hui au centre du jeu énergétique international (comme les États pétroliers du Moyen-Orient et la Russie) pourraient voir leur position se dégrader, avec éventuellement des conséquences politiques intérieures si la perte des revenus liés au pétrole et au gaz ne sont pas compensés.

La sécurité des approvisionnements au cœur du commerce de l'H₂

Même si la plupart des pays peuvent théoriquement produire de l'hydrogène dont ils ont besoin sur leur territoire national, certains choisiront plutôt, pour des raisons économiques, de s'approvisionner sur un marché international. D'autres y verront au contraire des opportunités commerciales et chercheront à développer une production destinée à l'exportation.

Le commerce international de l'hydrogène génèrera de nouveaux risques stratégiques induits, en particulier pour les pays qui se destinent à devenir des importateurs. Les flux commerciaux seront sujets à des menaces géopolitiques similaires à celles pesant sur le système actuel de transport de gaz naturel et du pétrole : risque de défaillance d'un producteur, risque d'interruption d'un flux (en particulier en cas de dommage sur un pipeline), etc.

Pour faire face à ces risques, plusieurs pays identifiés comme futurs importateurs se sont déjà engagés dans une politique visant à consolider leurs liens avec leurs futurs fournisseurs à travers une véritable « **diplomatie de l'hydrogène** ». Des accords internationaux ont d'ores et déjà été signés entre pays potentiellement importateurs et d'autres potentiellement exportateurs afin de sécuriser leurs futurs échanges. C'est notamment le cas du Japon avec l'Australie et l'Arabie saoudite, de l'Allemagne avec le Maroc, etc.

À plus long terme, la **diversification de l'approvisionnement** pourrait être une option pour réduire le risque de rupture d'approvisionnement d'origine politique et accroître la sécurité énergétique des pays importateurs. La possibilité de mettre en place cette politique de diversification nécessite néanmoins l'existence d'un marché mondialisé relativement liquide, et une baisse importante des coûts de transport de l'hydrogène. Or, si la tendance actuelle aux partenariats bilatéraux se poursuit, le marché pourrait se construire sur une base fragmentée, à l'image du marché du GNL à ses débuts.

Les atouts stratégiques de l'hydrogène face aux importations pétrogazières

Pour autant, les approvisionnements en hydrogène présentent une série d'avantages par rapport au pétrole et au gaz. D'une part, la dépendance des pays importateurs envers leurs fournisseurs ne sera jamais aussi contraignante car il leur sera toujours possible de produire eux-mêmes l'hydrogène dont ils ont besoin, même si cela doit se faire à un coût élevé. De plus, contrairement au marché du pétrole et du gaz aujourd'hui en grande partie dominé par des États autoritaires souvent fragiles, les pays identifiés comme des champions potentiels des exportations d'hydrogène sont pour la plupart des États relativement stables dotés d'économies de marché sûres. Le fait que le statut de pays exportateur d'hydrogène ne soit pas dépendant de la géologie, mais bien des investissements qui y seront faits pour installer des capacités de production, change évidemment la donne : les investisseurs ont le choix de la localisation de leurs investissements et choisiront certainement de se concentrer sur les pays offrant le plus de garanties de stabilité. **La stabilité des marchés mondiaux de l'énergie devrait s'en trouver nettement renforcée.**

Un marché stratégique, à l'émergence encore incertaine

L'avenir de l'hydrogène est pourtant encore loin d'être tracé, tant les incertitudes restent nombreuses. Pour l'heure, le marché n'existe pas et la mobilisation des acteurs politiques et industriels se fait plus sur des anticipations que sur la base d'une réalité concrète.

Jusqu'à présent, le déploiement des technologies de l'hydrogène bas carbone s'est heurté au syndrome de la poule et de l'œuf : il n'y a pas de production sans demande fiable ; et sans production fiable, il n'y a pas de demande. Le problème n'est pas technologique : les processus de production et certaines applications sont matures. Il relève d'un manque d'infrastructures pour connecter et équilibrer l'offre et la demande. D'un côté, des investissements colossaux dans les capacités de production et les infrastructures de stockage et de transport de l'hydrogène sont une condition nécessaire pour réduire les coûts globaux de la filière. De l'autre, l'absence de visibilité sur l'évolution réelle de l'offre comme de la demande ainsi que sur la manière dont

se structurera le marché rend ces investissements particulièrement **risqués**.

Enfin, l'émergence d'une filière intégrée de l'hydrogène dépendra d'un ensemble de conditions liées notamment à la concurrence d'autres sources d'énergie, aux politiques publiques de soutien à l'hydrogène (ou de dissuasion de l'usage des énergies fossiles), aux progrès et innovations technologiques attendues ou nécessaires, et aux préférences des consommateurs. Si à long terme, il est raisonnable de penser que la demande des consommateurs stimulera les investissements dans les chaînes de valeur de l'hydrogène bas-carbone et permettra l'émergence d'un marché intégré, à court terme, cependant, il appartient aux décideurs publics d'activer les leviers nécessaires pour attirer les capitaux aux bons endroits afin de faire émerger une telle demande, pour l'heure quasi inexistante.

Les gouvernements ont donc un rôle essentiel à jouer. Il s'agit d'établir des objectifs clairs servant de signaux politiques à long terme, de soutenir la R&D et l'innovation afin de garantir que les technologies critiques soient rapidement compétitives, de soutenir voire créer la demande, de définir un cadre réglementaire clair et cohérent, et d'atténuer les risques d'investissement dans tous les segments de la chaîne de valeur : production, stockage, transport (par gazoduc sous forme gazeuse, ou par bateau sous forme liquide), et utilisation de l'hydrogène.

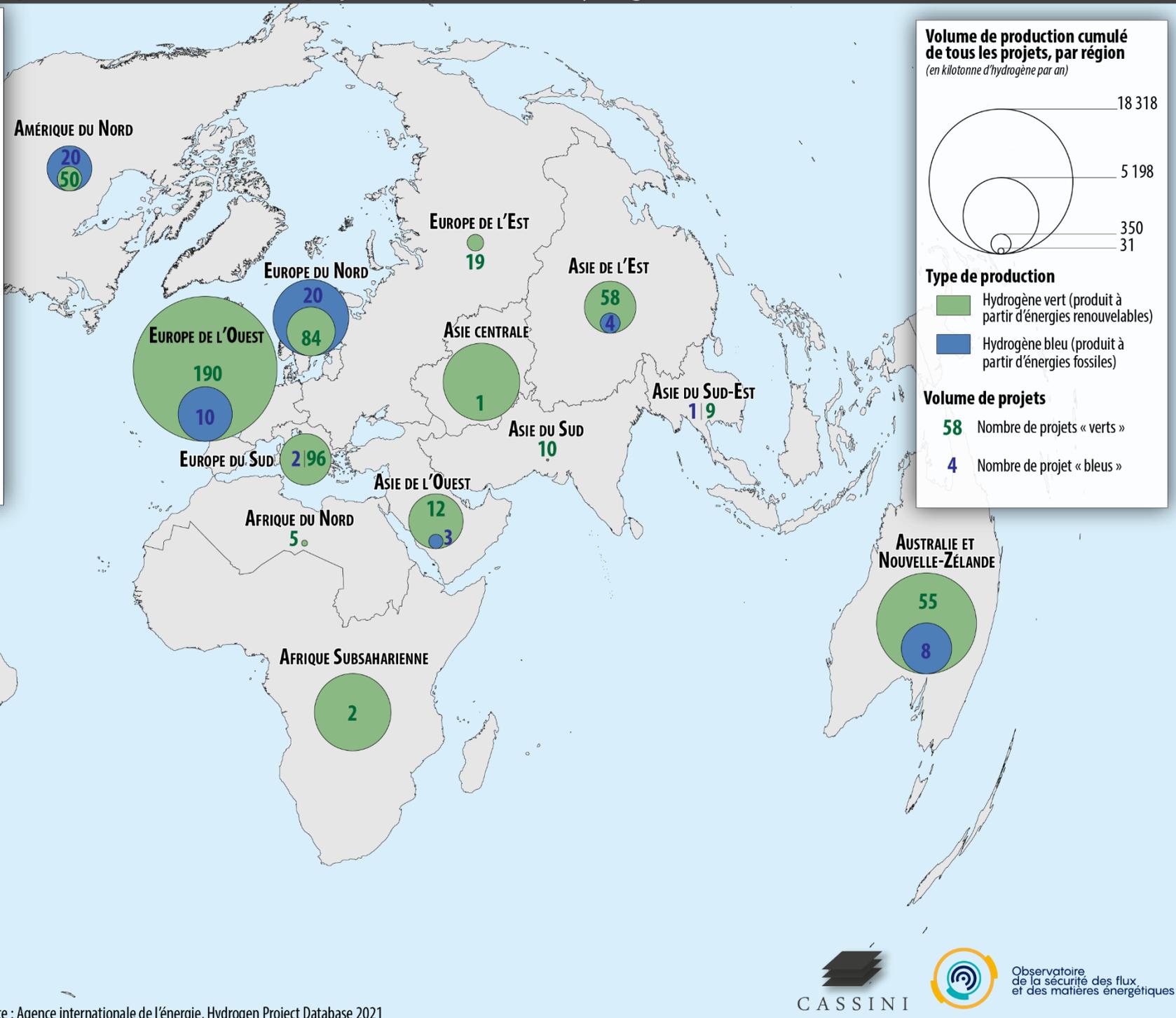
Multiplication des annonces de projets de production d'hydrogène dans le monde entier

Les capacités de production des différents projets sont variables d'une région à l'autre. L'Asie centrale et l'Afrique Subsaharienne n'ont actuellement qu'un ou deux projets mais avec une très grande ambition de production.

À l'inverse, l'Amérique du Nord cumule 70 projets avec des capacités de production moindre.

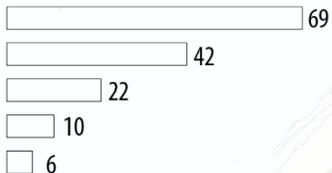
La tendance des projets va vers l'hydrogène vert, produit à partir d'énergies renouvelables, à l'exception de l'Europe du Nord et l'Amérique du Nord dominé par l'hydrogène bleu, produit à partir d'énergie fossile mais utilisant des technologies de capture et de stockage du CO₂.

Or, ce sont ces deux régions qui représentent aujourd'hui la quasi-totalité de la production effective d'hydrogène dans le monde.



Des projets de production d'hydrogène encore largement théoriques et peu avancés

NOMBRE DE PROJETS PAR RÉGION



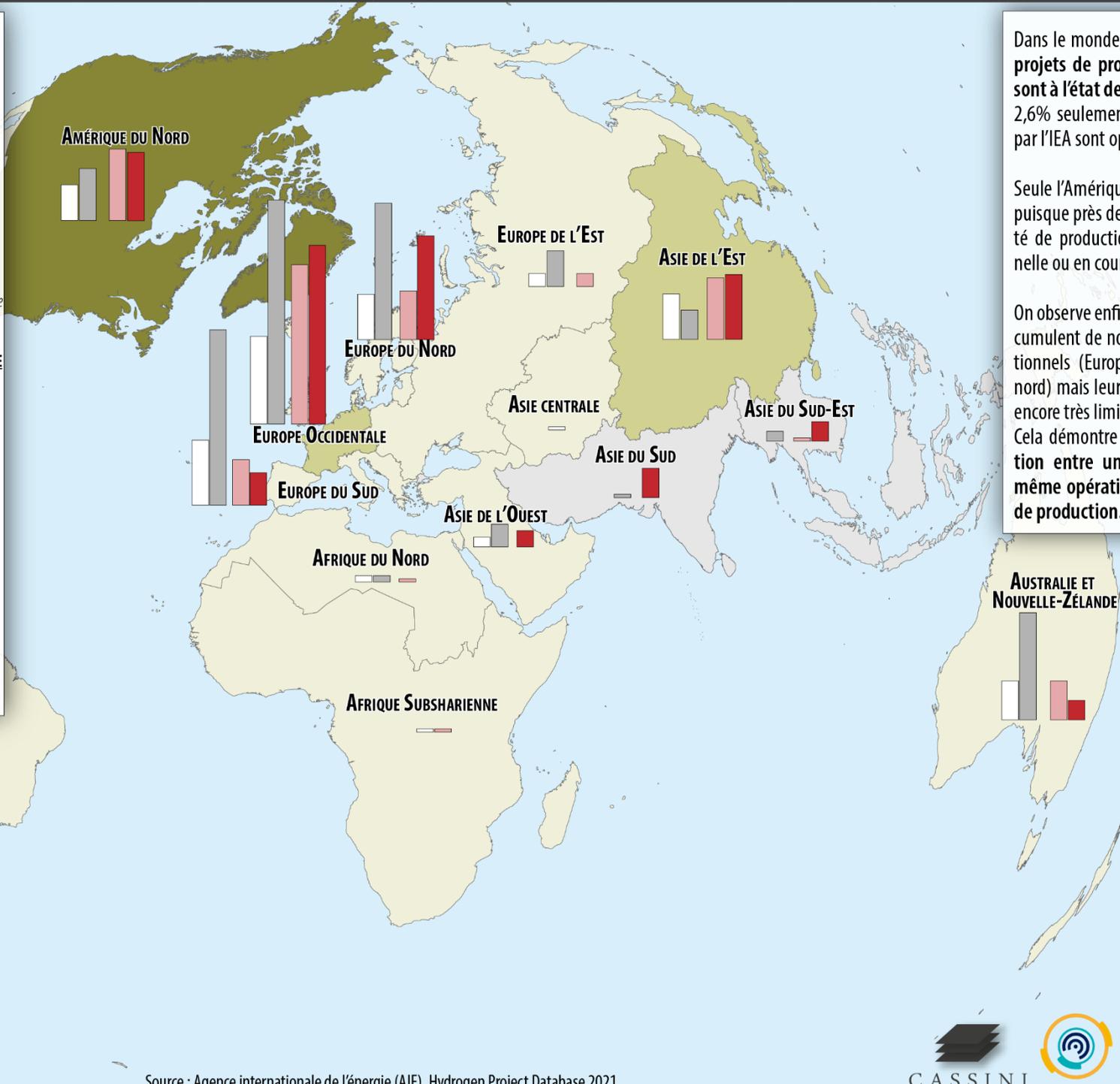
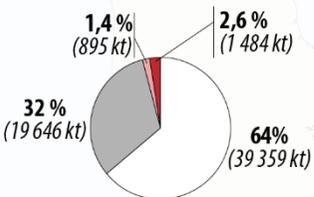
PROJET SELON LEUR ÉTAT D'AVANCEMENT



PART DE LA PRODUCTION THÉORIQUE DES PROJETS À L'ÉTAT DE CONCEPT OU À L'ÉTUDE



Volume de production mondiale des projets, par état d'avancement



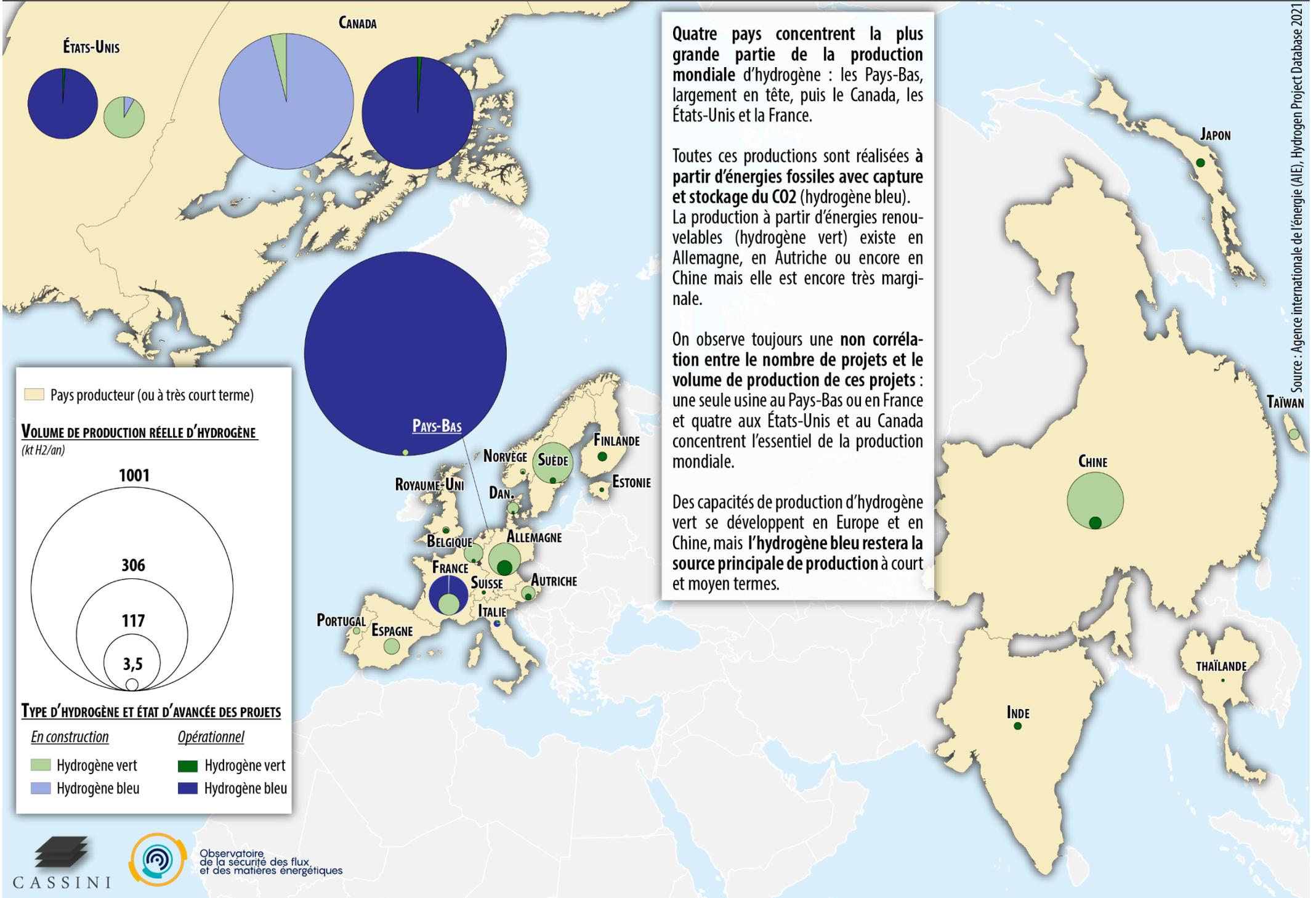
Dans le monde, la quasi-totalité des projets de production d'hydrogène sont à l'état de concept ou à l'étude : 2,6% seulement des projets recensés par l'IEA sont opérationnel.

Seule l'Amérique du Nord se distingue puisque près de la moitié de sa capacité de production est déjà opérationnelle ou en cours de construction.

On observe enfin que certaines régions cumulent de nombreux projets opérationnels (Europe, Asie, Amérique du nord) mais leurs capacités réelles sont encore très limitées.

Cela démontre l'absence de corrélation entre un volume de projets, même opérationnels, et un volume de production.

Les capacités de production mondiale d'hydrogène en 2021 : majoritairement bleues et concentrées dans quelques pays



Quatre pays concentrent la plus grande partie de la production mondiale d'hydrogène : les Pays-Bas, largement en tête, puis le Canada, les États-Unis et la France.

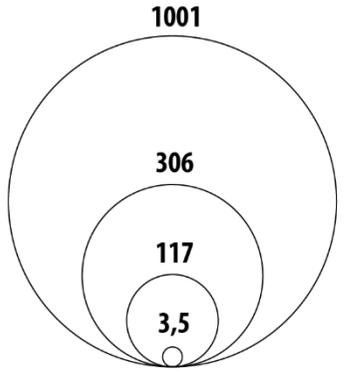
Toutes ces productions sont réalisées à partir d'énergies fossiles avec capture et stockage du CO2 (hydrogène bleu). La production à partir d'énergies renouvelables (hydrogène vert) existe en Allemagne, en Autriche ou encore en Chine mais elle est encore très marginale.

On observe toujours une **non corrélation** entre le nombre de projets et le volume de production de ces projets : une seule usine au Pays-Bas ou en France et quatre aux États-Unis et au Canada concentrent l'essentiel de la production mondiale.

Des capacités de production d'hydrogène vert se développent en Europe et en Chine, mais **l'hydrogène bleu restera la source principale de production** à court et moyen termes.

■ Pays producteur (ou à très court terme)

VOLUME DE PRODUCTION RÉELLE D'HYDROGÈNE (kt H2/an)



TYPE D'HYDROGÈNE ET ÉTAT D'AVANCÉE DES PROJETS

En construction		Opérationnel	
■ Hydrogène vert	■ Hydrogène vert	■ Hydrogène vert	■ Hydrogène vert
■ Hydrogène bleu	■ Hydrogène bleu	■ Hydrogène bleu	■ Hydrogène bleu



Observatoire
de la sécurité des flux
et des matières énergétiques

RAPPORT #10 – Décembre 2021

ENJEUX GÉOSTRATÉGIQUES DE L'HYDROGÈNE – Une filière au cœur de la transition énergétique

Recherche :

Philippe COPINSCHI
Manfred HAFNER

Cartographie :

David AMSELLEM

Coordination et édition :

Pierre LABOUÉ

L'**Observatoire de la sécurité des flux et des matières énergétiques** est coordonné par l'Institut de relations internationales et stratégiques (**IRIS**), en consortium avec **Enerdata** et **Cassini**, dans le cadre d'un contrat avec la Direction générale des relations internationales et de la stratégie (**DGRIS**) du ministère des Armées.

Au travers de rapports d'études trimestriels, de séminaires et de travaux cartographiques, l'objectif principal de cet observatoire consiste à analyser les stratégies énergétiques de trois acteurs déterminants : la **Chine**, les **États-Unis** et la **Russie**.

Le consortium vise également à :

- Proposer une vision géopolitique des enjeux énergétiques, en lien avec les enjeux de défense et de sécurité ;
- Croiser les approches : géopolitique, économique et sectorielle ;
- S'appuyer sur la complémentarité des outils : analyse qualitative, données économiques et énergétiques, cartographie interactive ;
- Réunir différents réseaux : académique, expertise, public, privé.

L'Observatoire est coordonné par Pierre Laboué, chercheur à l'IRIS, et rassemble une équipe d'une vingtaine de chercheurs et professionnels.

© DGRIS – Décembre 2021

