

• • • RÉSUMÉ



WORLD ENERGY INSIGHTS: WORKING PAPER

# LE DÉVELOPPEMENT RÉGIONAL DE L'HYDROGÈNE BAS CARBONE

*En collaboration avec PwC et EPRI*

À PROPOS DU

# CONSEIL MONDIAL DE L'ÉNERGIE

Le Conseil Mondial de l'Énergie est au cœur des débats sur l'énergie aux niveaux mondial, régional et national depuis près d'un siècle, développant de nouvelles façons de penser et menant des actions efficaces dans le monde entier pour une utilisation durable de l'énergie pour le plus grand bien de tous.

Composé de plus de 3 000 organisations membres dans près de 90 pays, issues de gouvernements, d'entreprises privées et publiques, d'universités et des nouveaux acteurs issus de secteurs connexes à l'énergie, le Conseil est le premier et le seul réseau énergétique véritablement mondial basé sur ses membres.

Le Conseil travaille de manière dynamique dans l'ensemble du secteur de l'énergie en tant que plateforme mondiale de la transition énergétique, rassemblant des dirigeants pour catalyser et nourrir le dialogue sur la politique énergétique mondiale, influencer et mener des actions concrètes.

Le Conseil ne défend aucun pays, aucune entreprise, technologie ou source d'énergie. Le Conseil Mondial de l'Énergie reste fermement engagé à relever le défi d'être à la fois impartial et incisif.

Pour en savoir plus, visitez le site [www.worldenergy.org](http://www.worldenergy.org)

Publié par le Conseil Mondial de l'Énergie en mai 2022

Copyright © 2022 Conseil Mondial de l'Énergie. Tous droits réservés. Tout ou partie de cette publication peut être utilisée ou reproduit à condition que la citation suivante figure sur chaque copie ou diffusion : « Utilisé avec l'autorisation du Conseil Mondial de l'Énergie ».

## Conseil Mondial de l'Énergie

Enregistré en Angleterre et au Pays de Galles sous le numéro 4184478

Numéro de TVA No. GB 123 3802 48

## Siège social

62-64 Cornhill

Londres EC3V 3NH

Royaume-Uni

## THE WORLD ENERGY INSIGHTS

Ces « World Energy Insights » sur l'hydrogène font partie d'une série de publications du Conseil Mondial de l'Énergie axées sur l'innovation élaborée en collaboration avec Electric Power Research Institute (EPRI) et PwC.

L'EPRI et le Gas Technology Institute (GTI) ont créé la [Low-Carbon Resources Initiative](#) (LCRI) afin de relever les défis et de combler les lacunes dans la réduction des émissions de carbone dans l'énergie pour l'ensemble de l'économie. La LCRI se concentre sur la chaîne de valeur des vecteurs énergétiques alternatifs et des carburants bas carbone - tels que l'hydrogène, l'ammoniac, les biocarburants (dont le gaz naturel renouvelable) et les carburants synthétiques - et sur la recherche, le développement et la démonstration pour permettre leur production, leur stockage, leur livraison et leur utilisation dans l'économie énergétique. Ces vecteurs énergétiques ou carburants sont nécessaires pour permettre des trajectoires abordables vers une décarbonation de l'ensemble de l'économie d'ici le milieu du siècle. Cette collaboration mondiale de cinq ans permettra d'identifier et d'accélérer l'indispensable développement de technologies prometteuses ; de démontrer et d'évaluer la performance des technologies et des processus clés tout en identifiant les améliorations possibles ; et d'informer les principales parties prenantes et le grand public sur les options technologiques et les trajectoires potentielles vers un avenir bas carbone.

PwC est un réseau d'entreprises réparties dans 155 pays qui compte plus de 284 000 personnes qui réalisent des missions de conseil, d'audit et d'expertise juridique et fiscale pour des organisations de toutes tailles et de tous secteurs d'activité. Plus de 20 000 professionnels sont engagés dans les secteurs de l'énergie, des services publics et des ressources. Avec sa stratégie globale, The New Equation, PwC répond aux défis qui façonnent le monde d'aujourd'hui, en mettant l'accent sur l'instauration de la confiance et l'obtention de résultats durables qui créent de la valeur pour les organisations, leurs parties prenantes et la société en général. Le changement climatique est l'un des problèmes les plus urgents au monde. PwC s'est engagé à atteindre un niveau d'émissions de gaz à effet de serre net zéro d'ici 2030 et collabore avec des organisations pour accélérer leur propre transformation. PwC et le Conseil Mondial de l'Énergie ont pour objectif commun de promouvoir la transition énergétique et la durabilité en s'engageant auprès des décideurs politiques et des principaux acteurs du secteur. Nous partageons l'idée que la transition énergétique et la durabilité sont possibles grâce à l'interaction de cadres politiques solides et d'une industrie énergétique forte et compétitive. [En savoir plus sur PwC.](#)

Dans une ère rapide de changements disruptifs, ces « Insights » visent à faciliter le partage stratégique des connaissances entre les membres du Conseil et les autres parties prenantes et décideurs politiques et à contribuer à un dialogue mondial sur le rôle de l'hydrogène dans les transitions énergétiques. Ces réflexions s'appuient sur les travaux antérieurs du Conseil, notamment la publication de la série « Hydrogène à l'horizon » publiée en juillet et septembre 2021, et ont donné lieu à des ateliers régionaux avec plus de 180 experts de haut niveau issus de 67 pays, reflétant 82 % de l'approvisionnement total en énergie primaire (données 2019, U.S Energy Information Administration) et 89 % du PIB mondial (données 2020, Banque mondiale).

*L'analyse et les prévisions disponibles dans cette publication et toute référence associée ne reflètent pas le conflit militaire qui se déroule en Ukraine. Bien que nous reconnaissons que la situation en Ukraine et les perturbations qui en résultent sur les marchés de l'énergie affecteront fortement l'avenir de l'hydrogène bas carbone, cette publication est basée sur une analyse antérieure aux événements de février 2022.*

# RÉSUMÉ

## À RETENIR :

- L'hydrogène bas carbone peut jouer un rôle important d'ici 2040 dans le monde en soutenant les efforts des pays pour atteindre les objectifs de l'Accord de Paris tout en contribuant à la diversité et à la sécurité de leurs portefeuilles énergétiques. Cela passera par d'importants flux commerciaux mondiaux d'hydrogène et de carburants à base d'hydrogène.
- La dynamique se poursuit dans le monde entier, mais on observe des différences entre les régions, en fonction des activités et des opportunités du marché.
- Passer de savoir « s'il faut » à savoir « comment » développer l'hydrogène bas carbone met en évidence des incertitudes importantes, qui doivent être résolues si l'on veut que l'hydrogène atteigne son plein potentiel. Les défis posés par les différentes options de la chaîne d'approvisionnement peuvent-ils être surmontés ? L'hydrogène peut-il jouer un rôle dans la lutte contre le changement climatique à court terme ? Des projets bancables peuvent-ils émerger et le fossé entre ingénieurs et financiers peut-il être comblé ? La stabilité de l'approvisionnement des principales sources de production d'hydrogène bas carbone peut-elle être garantie ?
- Le déploiement à grande échelle de l'hydrogène bas carbone nécessite une coordination et une coopération accrues entre les parties prenantes du monde entier pour mieux mobiliser les financements publics et privés, et implique de se concentrer davantage sur les utilisateurs finaux : en passant du coût de production au prix d'utilisation finale, en développant des systèmes de garanties d'origine assortis d'exigences en matière de durabilité, en créant un outil mondial d'information et de suivi sur les projets d'hydrogène bas carbone et en considérant les impacts sociaux au même titre que les opportunités économiques.

**D'ici 2040, l'hydrogène bas carbone<sup>1</sup> pourrait jouer un rôle important dans les systèmes et les transitions énergétiques dans le monde. Dans le contexte de la transition énergétique, il aide les pays dans leurs efforts pour atteindre les objectifs de l'Accord de Paris tout en contribuant à la diversité et à la sécurité de leurs portefeuilles énergétiques.**

Le Conseil Mondial de l'Énergie, en collaboration avec l'EPRI et PwC, a pour objectif de fournir de nouveaux éclairages pour faciliter le partage stratégique des connaissances entre les membres du Conseil, les autres acteurs du secteur de l'énergie et les décideurs politiques, et de contribuer à un dialogue mondial sur le rôle potentiel de l'hydrogène dans les systèmes et les transitions énergétiques. Après la publication de la série « Hydrogène à l'horizon » en juillet et septembre 2021, le Conseil Mondial de l'Énergie, l'EPRI et PwC ont mené une série d'approfondissements au niveau régional afin de mieux comprendre les différences régionales dans le développement de l'hydrogène bas carbone. Ces approfondissements ont permis de découvrir la richesse régionale, les différentes dynamiques d'adoption de l'hydrogène bas carbone et les défis et opportunités spécifiques. Ils ont également donné de nouvelles indications sur le développement mondial de l'hydrogène bas carbone dans les années à venir, et son rôle potentiel dans la réalisation des objectifs de développement durable (ODD).

Ces nouvelles conclusions sont synthétisées dans ces « World Energy Insights » sur l'hydrogène.

### **Note sur le conflit militaire en Ukraine**

*L'analyse et les prévisions disponibles dans cette publication et toute référence associée ne font pas état du conflit militaire qui se déroule en Ukraine. Bien que nous reconnaissons que la situation en Ukraine et les perturbations qui en résultent sur les marchés de l'énergie affecteront fortement l'avenir de l'hydrogène bas carbone, ce communiqué est basé sur une analyse antérieure aux événements de février 2022.*

<sup>1</sup> Dans ce rapport, l'expression « hydrogène bas carbone » englobe toutes les technologies et sources de production d'hydrogène entraînant de faibles émissions de carbone : sources d'énergie renouvelables, nucléaire, fossiles combinées au CUSC, etc.

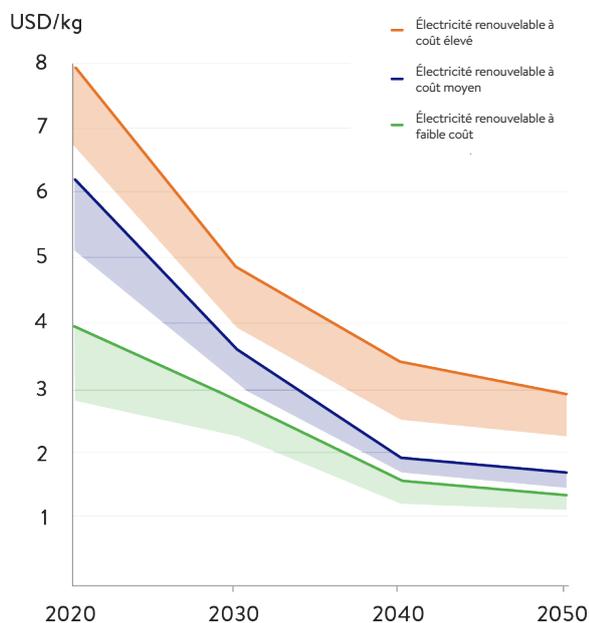
## L'HYDROGÈNE POURRAIT JOUER UN RÔLE MAJEUR D'ICI 2040

Si l'on s'appuie sur les premiers déploiements technologiques en cours aujourd'hui, la demande d'hydrogène bas carbone pourrait dépasser la demande actuelle d'hydrogène d'origine fossile d'ici 2040. Outre le remplacement des emplois actuels d'hydrogène d'origine fossile, l'hydrogène bas carbone ouvre des possibilités de nouveaux usages dans un monde en voie de décarbonation : passer de projets pilotes au déploiement de masse dans des secteurs tels que le transport routier de véhicules moyens et de poids lourds, la pétrochimie, la sidérurgie, le transport ferroviaire, la navigation maritime et l'aviation. Dans certaines régions du monde, l'hydrogène bas carbone, pur ou mélangé au gaz naturel, pourrait également devenir un combustible pour la production d'électricité, les procédés industriels et le chauffage des bâtiments.

La façon dont l'hydrogène bas carbone va se développer dépend fortement de l'évolution de ses principales technologies de production. L'hydrogène bas carbone pourrait être produit par électrolyse (à l'aide d'électricité renouvelable ou nucléaire) ou à partir de combustibles fossiles avec captage, utilisation et stockage du carbone (CUSC). L'économie relative dépendra principalement des ressources disponibles localement ou de l'option d'importation la moins coûteuse lorsque l'offre locale ne pourra satisfaire la demande locale. La rentabilité de la technologie et du moyen de transport de l'hydrogène bas carbone variera d'une région à l'autre et pourrait changer avec le temps, car le coût de l'hydrogène bas carbone produit à partir d'électricité renouvelable devrait baisser par rapport à celui produit à partir de combustibles fossiles (Figures I et II).

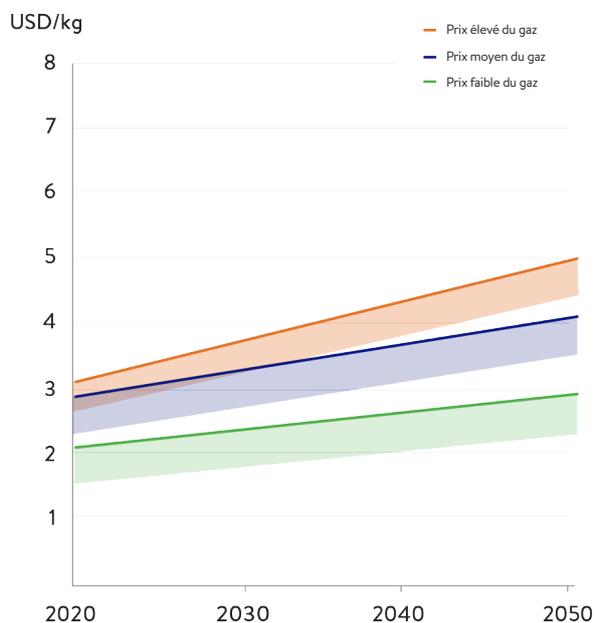
Le coût élevé du transport de l'hydrogène fait que la majeure partie de celui-ci sera consommée dans le pays ou la région où il est produit. Les deux plus grands marchés de l'énergie, la Chine et les États-Unis, seront probablement plus ou moins autosuffisants en hydrogène. Néanmoins, il y a un potentiel de flux commerciaux mondiaux importants dans le domaine de l'hydrogène et des carburants ou produits chimiques à base d'hydrogène d'ici 2030 si une coopération régionale et mondiale suffisante se met en place rapidement (Figure III).

**Figure I. Coût de l'hydrogène bas carbone produit à partir d'électricité renouvelable d'ici 2050**



Source : Conseil Mondial de l'Énergie

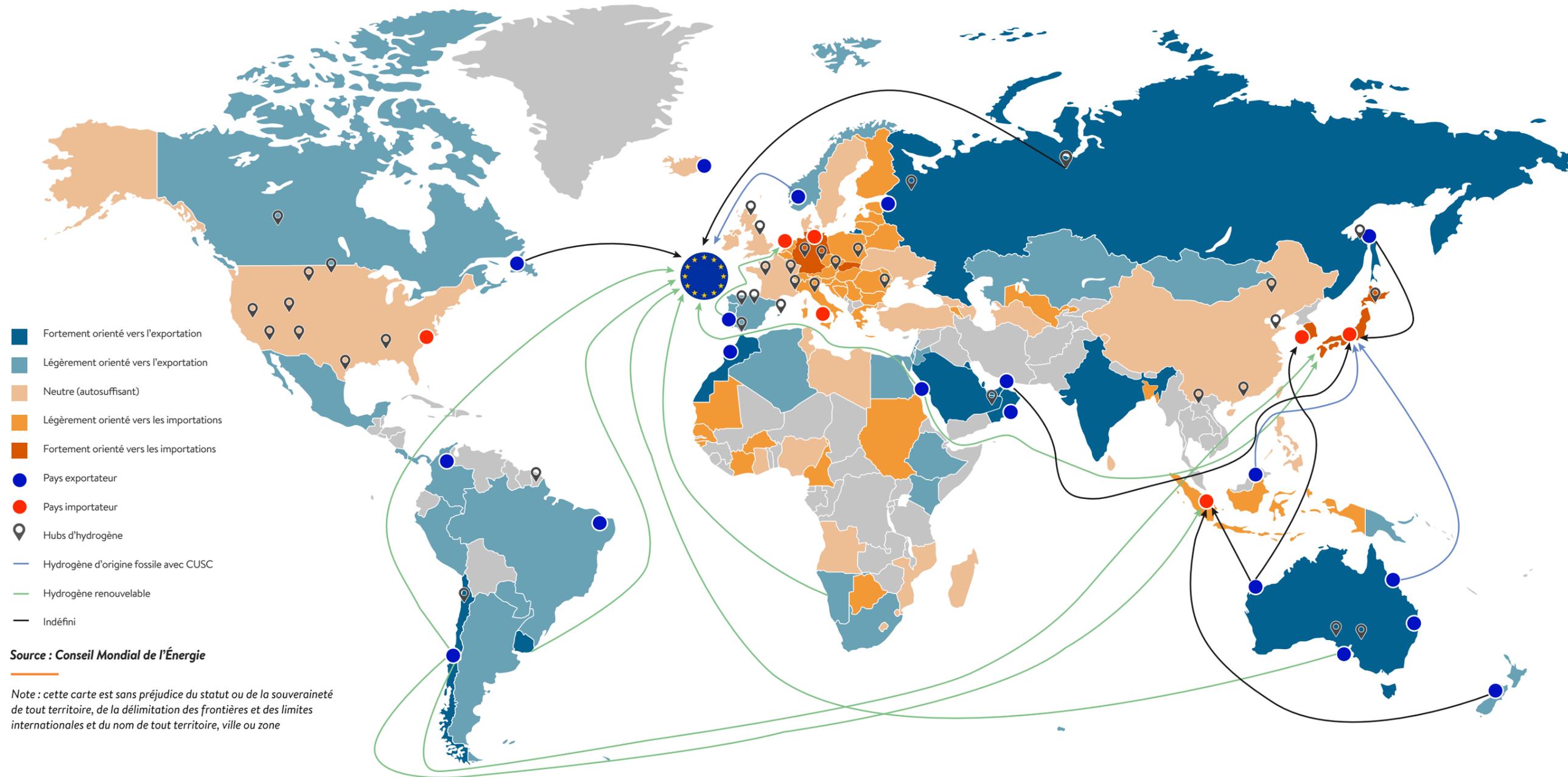
**Figure II. Coût de l'hydrogène bas carbone produit à partir de gaz naturel avec CUSC d'ici 2050**



Source : Conseil Mondial de l'Énergie

La carte des échanges met en évidence le potentiel de deux grands hubs d'importation, l'un centré sur l'Europe du Nord et l'autre sur le Japon et la Corée du Sud. Les principales régions exportatrices se répartissent entre celles qui reposent sur l'abondance de combustibles fossiles bon marché et les possibilités de CUSC (Australie, Canada, Moyen-Orient et Russie), et celles qui reposent sur l'abondance de ressources renouvelables (Afrique, Amérique latine et Moyen-Orient).

Figure III. Carte de la dynamique potentielle des importations et exportations d'hydrogène bas carbone en 2040



Source : Conseil Mondial de l'Énergie

Note : cette carte est sans préjudice du statut ou de la souveraineté de tout territoire, de la délimitation des frontières et des limites internationales et du nom de tout territoire, ville ou zone

**MÉTHODOLOGIE**

Cette carte est basée sur de multiples sources externes et des modifications internes. Il existe 5 catégories de pays : fortement orienté vers l'exportation / légèrement orienté vers l'exportation / neutre (autosuffisant) / légèrement orienté vers les importations / fortement orienté vers les importations. L'évaluation de chaque pays s'est basée sur les prévisions d'experts en énergie concernant le positionnement des pays respectifs dans le commerce mondial de l'hydrogène d'ici 2040. Ces prévisions étaient fondées sur les stratégies nationales en matière d'hydrogène, les projets déjà annoncés et les tendances du marché, qui, ensemble, ont permis d'estimer

les futurs routes commerciales. Les réponses de plus de 80 experts du secteur de l'énergie issus du réseau du Conseil et de PwC dans les différentes régions du monde ont été agrégées et synthétisées pour attribuer une note au statut de chaque pays. La position finale dans le spectre des importations/exportations est basée sur le score moyen obtenu parmi les experts, sous réserve qu'un nombre minimum de réponses soit atteint par pays pour garantir la robustesse du score et en tenant compte de l'écart-type des réponses pour chaque pays afin de refléter le niveau d'incertitude (dans le cas où les réponses pour un seul pays varient fortement). Les pays dont les scores d'écart-type sont élevés ont été examinés par l'équipe du Conseil, qui leur a attribué un score final et un statut en connaissance de cause. En

outre, la carte indique les principaux centres d'exportation et d'importation, ainsi que les routes commerciales associées et la classification du produit échangé (hydrogène bas carbone avec CUSC, hydrogène renouvelable, non défini, etc.). Les principaux hubs d'exportation et d'importation ont été identifiés et les routes sont basées sur une sélection de projets internationaux d'échange d'hydrogène prévus ou annoncés ou sur des partenariats bilatéraux qui envisagent de futures relations commerciales. Ces projets ont été identifiés à partir de sources propres au Conseil Mondial de l'Énergie, de l'IEA - Global Hydrogen Review 2021, de l'IRENA - Geopolitics of the Energy Transformation : The Hydrogen Factor 2022, et l'évaluation par le Conseil des projets commerciaux accessibles au public,

des accords de partenariat officiels et des protocoles d'accord. Par souci de simplification, les routes commerciales reliées au drapeau de l'Union européenne symbolisent le commerce avec un ou plusieurs pays de l'UE. Pour les partenariats bilatéraux en dehors de toute activité commerciale de carburants ou dérivés de l'hydrogène bas carbone, merci de vous reporter à la figure 13 dans le document de travail détaillé.

Enfin, la carte montre également les principaux hubs d'hydrogène où se produisent la majeure partie des investissements et des activités liés à l'hydrogène bas carbone. Les détails sont indiqués à l'annexe 2 « Liste des hubs d'hydrogène bas carbone ».

## UN ESSOR CROISSANT POUR L'HYDROGÈNE BAS CARBONE

**L'intérêt pour l'hydrogène bas carbone continue de croître rapidement** : 22 pays ont publié et établi une stratégie nationale (dont 11 stratégies depuis janvier 2021), plus de 400 projets d'hydrogène bas carbone ont été annoncés à ce jour (AIE, 2021) et on constate l'intérêt croissant des investisseurs et des institutions financières. Le coût des technologies de production d'hydrogène bas carbone diminue dans le monde, l'hydrogène bas carbone produit à partir d'énergies renouvelables atteignant la parité avec l'hydrogène produit à partir de combustibles fossiles dans les endroits où les prix actuels du gaz sont élevés.

Le conflit militaire actuel en Ukraine a remis la sécurité d'approvisionnement en tête des agendas politiques. L'hydrogène bas carbone utilisant des ressources renouvelables ou de l'électricité nucléaire pourrait occuper une place croissante dans les plans énergétiques en contribuant à la diversification de l'offre et des fournisseurs. À court terme, cela pourrait se traduire par un plus grand nombre de projets dans le domaine des énergies renouvelables et du nucléaire, par un soutien accru à la R&D dans le domaine des carburants et des vecteurs énergétiques alternatifs, et par l'élaboration de nouveaux partenariats bilatéraux entre les pays pour le futur commerce potentiel d'hydrogène bas carbone. Quant à l'hydrogène dérivé du gaz naturel avec CUSC, des incertitudes apparaissent sur son rôle à court terme en raison de la stabilité de l'approvisionnement et de la volatilité actuelle du prix observées pour le gaz naturel.

Alors que l'engouement se poursuit à l'échelle mondiale, **chaque région suit un parcours spécifique dans le déploiement de l'hydrogène bas carbone, et des chemins différents subsisteront pour tenir compte des spécificités de chaque région, pays et ville.** L'adoption de l'hydrogène bas carbone variera d'une région à l'autre en raison des différences entre les opportunités du marché et les actions prioritaires des parties prenantes. La polyvalence de l'hydrogène le rend pertinent dans de nombreux pays mais les usages et le développement des chaînes d'approvisionnement doivent être adaptés à chaque situation. Au fur et à mesure que des similitudes régionales et des synergies potentielles apparaissent, **la coopération régionale en matière de développement de l'hydrogène devrait s'intensifier.** (Tableau I ci-dessous)

## LEVER LES INCERTITUDES

**Passer de savoir « s'il faut » à savoir « comment » développer l'hydrogène bas carbone met en évidence des incertitudes importantes, qu'il faut lever si l'on veut que l'hydrogène atteigne son apogée.**

- Les défis que posent les différentes options de la chaîne d'approvisionnement peuvent-ils être surmontés ? La chaîne d'approvisionnement de l'hydrogène bas carbone est composée d'une variété de sources de production, de technologies de transport et de stockage, et d'usages potentiels. De plus, toutes les technologies et usages liés à l'hydrogène évolueront avec le temps, et chaque pays aura un nombre croissant d'options et de trajectoires possibles en fonction de son contexte spécifique. La pluralité des options et le paysage technologique très évolutif du marché mondial naissant de l'hydrogène bas carbone créent des difficultés supplémentaires pour les décideurs quant aux solutions dans lesquelles investir tout au long de la chaîne de valeur. Néanmoins, l'élaboration d'une stratégie nationale en matière d'hydrogène sans considération de couleur peut accroître la visibilité à long terme pour les investisseurs et faciliter l'émergence d'une coopération entre pays à tous les stades de la chaîne d'approvisionnement.
- L'hydrogène peut-il jouer un rôle dans la lutte contre le changement climatique à court terme ? **Le calendrier de développement des projets d'hydrogène bas carbone n'est pas suffisamment en phase avec la nécessité de lutter contre le changement climatique.** Il est urgent de développer l'infrastructure et d'augmenter les volumes de l'offre et de la demande - notamment en remplaçant l'hydrogène actuel d'origine fossile - pour parvenir à une pénétration matérielle de l'hydrogène bas carbone d'ici 2030 pour qu'il joue un rôle dans la réalisation des objectifs de l'Accord de Paris. Toutefois, le développement d'infrastructures à grande échelle aura du mal à être prêt à temps, en particulier s'il n'existe pas d'infrastructures gazières existantes pouvant être réutilisées. Par conséquent, la priorité devrait être accordée aux projets « à gains rapides », aux projets pilotes et aux hubs, ainsi qu'aux projets intégrés tout au long de la chaîne de valeur pour résoudre le problème de la poule et de l'œuf entre l'offre et la demande d'hydrogène.
- Des projets bancables peuvent-ils voir le jour et le fossé entre les ingénieurs et les financiers peut-il être comblé ? **Il existe un fossé entre ce que les fournisseurs de technologie pourraient déployer et ce que les banquiers financeront.** Quelles mesures peuvent être prises pour que les nouveaux business models fonctionnent et que l'hydrogène bas carbone devienne compétitif par rapport aux autres solutions existantes ? À l'échelle mondiale, on observe une réorientation des budgets d'investissement vers les investissements verts, à laquelle s'ajoutent les fonds de relance de la pandémie, axés sur les investissements durables. Cette finance durable et ses critères environnementaux, sociaux et de gouvernance (ESG) peut aider les gouvernements à attirer des financements pour développer davantage de projets dans le domaine de l'hydrogène. Toutefois, sans l'aide des pouvoirs publics pour réduire les risques, les projets restent confrontés à un problème de financement.

- Peut-on garantir la stabilité de l'offre des principales sources de production d'hydrogène bas carbone ? L'hydrogène renouvelable dépend fortement de l'approvisionnement en électricité provenant de ressources renouvelables qui dépendent des variations météorologiques. Les phénomènes météorologiques extrêmes peuvent avoir des conséquences considérables sur l'approvisionnement en énergie renouvelable, créant alors des difficultés et des incertitudes quant à la **stabilité de l'offre en hydrogène renouvelable**. L'offre d'hydrogène bas carbone dérivé de combustibles fossiles avec CUSC peut aussi être précaire en raison des incertitudes de l'offre de gaz naturel ou aux fluctuations importantes de son prix.

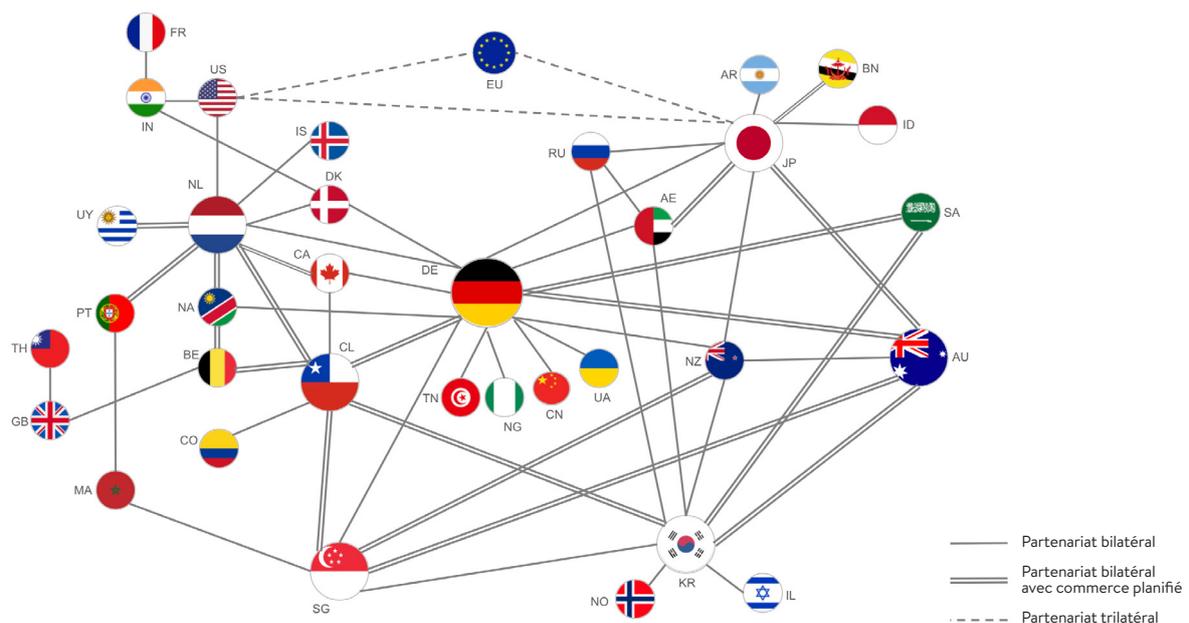
## PERMETTRE LE DÉVELOPPEMENT À GRANDE ÉCHELLE

**Pour que l'hydrogène bas carbone se développe à grande échelle, des facteurs clés ont été identifiés avec les acteurs du secteur énergétique aux niveaux mondial, régional et national.** Le déploiement de masse nécessiterait une plus grande coordination entre les acteurs au niveau mondial dans l'immédiat pour aider le marché à se développer et à mieux faire correspondre l'offre et la demande. Dans ce contexte, les partenariats bilatéraux entre pays continuent de se développer et incluent de plus en plus le commerce de l'hydrogène bas carbone (Figure IV). Une action forte et coordonnée en faveur du climat est fondamentale pour encourager l'hydrogène bas carbone : avec les politiques appropriées en place, il pourrait contribuer pleinement à atteindre les objectifs à long terme de l'Accord de Paris. La mobilisation des financements publics et privés est également essentielle aux niveaux mondial, régional et national pour réduire les risques d'investissement, augmenter le nombre et le volume des projets et soutenir le développement des infrastructures. Au niveau national, l'un des facteurs les plus déterminants pour le développement de l'hydrogène est d'avoir une stratégie nationale bien définie qui comprend :

- des plans pour le développement du marché et des objectifs pour assurer une visibilité à long terme ;
- des priorités réglementaires, notamment en adaptant la législation pour permettre aux molécules propres de faire partie du mix énergétique ;
- des obligations et des incitations économiques et financières, comme la tarification du carbone, les quotas de mélange et les crédits de carburant bas carbone.

Le soutien national au développement de hubs d'hydrogène est également essentiel pour faciliter la création d'une demande et d'une offre locales concertées.

**Figure IV. État des lieux des partenariats bilatéraux**



Source : Conseil Mondial de l'Énergie

## Il est en particulier urgent de mettre l'accent sur l'utilité de l'énergie pour les populations et de considérer la demande d'hydrogène bas carbone et les utilisateurs finaux.

Premièrement, **il faut se pencher sur le prix de l'hydrogène bas carbone pour l'utilisateur final.** La croissance de la demande d'hydrogène bas carbone est sensible aux coûts. Il convient de passer du coût de production de l'hydrogène au prix d'utilisation pour les utilisateurs finaux et donc d'inclure le coût du transport (un défi car il y a de nombreux composants, dont certains sont très difficiles à estimer, comme l'infrastructure de transport, les autorisations locales, etc.), les coûts de stockage, la marge bénéficiaire et les coûts d'approvisionnement au point de consommation final. Ces coûts peuvent être beaucoup plus élevés que le coût de production de l'hydrogène lui-même et l'objectif final pour rendre l'hydrogène compétitif dans un avenir bas carbone n'est pas la production au coût le plus bas, mais la fourniture au prix le plus bas pour le plus grand bénéfice de tous et de l'environnement.

Deuxièmement, il faut apporter un soutien supplémentaire aux utilisateurs finaux. Une aide du côté de la demande est nécessaire, en ciblant les utilisateurs finaux qui consommeront de l'hydrogène dans leur activité. Cela peut se faire en **assurant la transparence de l'approvisionnement et des garanties pour l'acheteur.** Les experts ont demandé à l'unanimité des **garanties d'origine et des exigences mondiales en matière de durabilité** pour aider le marché de l'hydrogène à se développer. La coopération mondiale sur le sujet doit commencer aujourd'hui si l'on veut que le développement de l'hydrogène propre contribue à atteindre les objectifs de l'Accord de Paris. À noter toutefois qu'un mécanisme harmonisé à l'échelle mondiale présente le risque d'établir un cadre délibérément simplifié ou moins ambitieux (c'est-à-dire de s'entendre sur le plus petit dénominateur commun) et peut nécessiter un délai plus long pour être adopté. Cela pourrait donc être incompatible avec les plans commerciaux à court terme entre pays. L'incertitude réglementaire actuelle sur l'hydrogène bas carbone (par exemple, l'absence de définitions harmonisées des méthodes de production d'hydrogène, des règles relatives à l'intensité carbonique, etc.) retarde les investissements et l'intensification des projets à l'échelle industrielle. Les initiatives nationales et régionales progressent sur ce sujet, mais de manière unilatérale, ce qui peut créer des barrières au commerce mondial. Les experts appellent donc à la création d'une institution internationale reconnue pour mener un effort mondial de normalisation de ces définitions. De plus, pour soutenir davantage les utilisateurs finaux, il faut **encourager la bascule vers des alternatives bas carbone par des mesures incitatives et d'autres outils politiques** (comme par exemple le prix du carbone, les contrats carbone pour différence (CCfD), le mécanisme d'ajustement carbone aux frontières (MACF) ou les quotas). Enfin, pour soutenir les utilisateurs finaux, il faut **réduire l'incertitude afin de diminuer les risques liés à l'investissement.** Alors que les prix actuels et les problèmes de sécurité entravent le développement de l'hydrogène, à court terme, les protocoles d'accord, les partenariats et les contrats à long terme structurent le marché et donnent de la visibilité aux investisseurs. À mesure que le marché se développe, une plus grande flexibilité et une meilleure compétitivité peuvent apparaître.

Troisièmement, **le développement de l'hydrogène bas carbone doit prendre en compte les impacts sociaux au même titre que les opportunités économiques.** Il faut veiller davantage à ce que la demande locale d'hydrogène bas carbone soit satisfaite en premier lieu dans les secteurs où elle se justifie économiquement par rapport aux autres solutions, particulièrement dans les pays qui ont une consommation importante d'hydrogène ou des ambitions d'exportation. Développer en aval l'usage de l'hydrogène bas carbone nécessite ses propres installations de transport, d'infrastructure et de stockage, ce qui peut créer de nouvelles compétences et de nouveaux emplois, notamment dans les pays dotés d'abondantes ressources en énergie renouvelable grâce à la polyvalence de l'hydrogène. Cela peut permettre aux populations respectives de bénéficier des développements de l'économie de l'hydrogène bas carbone. L'acceptation sociale est un facteur clé de succès pour l'adoption de l'hydrogène bas carbone ; en découle la nécessité de mieux informer le public sur le rôle de l'hydrogène dans la lutte contre le changement climatique et sur le rôle qu'il pourrait jouer pour accroître l'équité et la justice dans les systèmes énergétiques. La formation et la sensibilisation seront nécessaires pour faire connaître l'hydrogène au grand public et pour améliorer les compétences existantes dans l'industrie. À cet égard, la création d'un **outil mondial d'information et de suivi sur les projets d'hydrogène bas carbone** contribuerait aux efforts de sensibilisation et d'information du grand public, en plus du suivi des progrès au fil du temps et d'aide à la prise de décision.

Tableau I. Aperçus régionaux

**AFRIQUE**

Un vaste potentiel mais peu d'infrastructures : comment l'Afrique peut-elle créer un marché d'exportation et développer un marché intérieur ?

**ASIE-PACIFIQUE**

Intégrer l'hydrogène bas carbone et ses dérivés et saisir les opportunités commerciales qui en découlent.

**EUROPE**

Une ambition élevée de décarbonation aussi rapide que possible, tout en améliorant la sécurité d'approvisionnement et en s'attaquant au problème de la flexibilité.

**AMÉRIQUE LATINE**

Accroître l'autosuffisance et développer de nouvelles coopérations régionales.

**MOYEN-ORIENT ET ÉTATS DU GOLFE**

L'hydrogène bas carbone stimulé par l'économie circulaire du carbone et l'exportation d'énergie durable.

**AMÉRIQUE DU NORD**

Un haut niveau de préparation technologique facilitant la création de marchés dans des secteurs spécifiques de l'économie, avec des ambitions d'exportation.

ODD



Activités / Opportunités du marché

**Priorités d'utilisation finale :** 1- Accès à l'énergie, 2- Agriculture, 3-Exportation, 4- Industrie

**Sources de production d'hydrogène bas carbone :** 1- Hydrogène renouvelable, 2- Hydrogène naturel, 3- Hydrogène à partir de gaz naturel avec CUSC.

**Priorités d'utilisation finale :** 1- Industrie, 2- Mobilité, 3- Production d'électricité

**Sources de production d'hydrogène bas carbone :** 1- Hydrogène « sans carbone » (c'est-à-dire bas carbone ; sans préjudice du type d'hydrogène - hydrogène renouvelable, hydrogène bas carbone provenant du gaz naturel et du charbon avec CUSC).

**Priorités d'utilisation finale :** 1- Industrie, 2- Mobilité

**Sources de production d'hydrogène bas carbone :** 1- Hydrogène renouvelable, 2- Hydrogène provenant du gaz naturel avec CUSC, 3- Hydrogène provenant d'autres sources (nucléaire, déchets, méthane biogénique, pyrolyse du méthane, etc.).

**Priorités d'utilisation finale :** 1- Industrie, 2- Mobilité, 3- Agriculture, 4- Exportation (H2 & produits utilisant H2)

**Sources de production d'hydrogène bas carbone :** 1- Hydrogène renouvelable, 2- Hydrogène provenant de tous les combustibles fossiles disponibles localement avec CUSC.

**Priorités d'utilisation finale :** 1- Exportation, 2- Industrie

**Sources de production d'hydrogène bas carbone :** 1- Hydrogène à partir de tous les combustibles fossiles disponibles localement avec CUSC, 2- Hydrogène renouvelable.

**Priorités d'utilisation finale :** 1- Industrie, 2- Mobilité

**Sources de production d'hydrogène bas carbone :** Hydrogène bas carbone (hydrogène renouvelable, combustible fossile avec CUSC, etc.).

Trajectoires régionales

Le développement de l'hydrogène bas carbone pourrait aider l'Afrique à résoudre les problèmes d'accès à l'énergie, d'indépendance énergétique, de sécurité alimentaire et d'emploi local.

L'Afrique dispose d'importantes ressources en énergies renouvelables pour développer la production d'hydrogène bas carbone et d'importantes ressources minérales pour faire partie de la chaîne de valeur des technologies de la transition énergétique.

Cependant, il reste de nombreux défis à relever : la capacité réelle de certains pays à tirer parti de l'économie de l'hydrogène est limitée par le manque d'infrastructures et de sensibilisation générale, par des problèmes politiques et économiques et par le manque de sécurité de la demande, mais également par le stress hydrique.

L'Afrique du Nord présente des conditions plus favorables - le Maroc, l'Algérie et l'Égypte en particulier pourraient être les premiers à exporter de l'hydrogène et ses dérivés.

Au stade initial du développement de l'hydrogène, il y a des opportunités en termes d'innovation qui pourraient faire des pays africains des précurseurs de technologies et non seulement des utilisateurs.

La région Asie-Pacifique est à l'épicentre du mouvement vers une « économie de l'hydrogène » - le Japon, la Corée du Sud et l'Australie ont publié une première stratégie.

Une approche intégrée des carburants à base d'hydrogène bas carbone peut soutenir les efforts de décarbonation dans une multitude d'usages et soutenir la croissance économique par l'innovation et les nouvelles technologies à l'exportation.

Il y a un intérêt croissant dans d'autres pays, bien que les plans d'ensemble ne soient pas encore publiés, notamment de la part des acteurs clés que sont la Chine et l'Inde.

Au stade initial de l'adoption de l'hydrogène bas carbone, la définition de priorités entre les carburants pourrait faciliter le déploiement à grande échelle. Une coopération régionale et mondiale accrue est nécessaire pour lever les obstacles au développement du commerce mondial (par exemple, l'absence de définition harmonisée des sources d'hydrogène, la mise à jour des réglementations maritimes, etc.).

L'impulsion a été donnée par l'Allemagne - l'Europe est désormais à la pointe du développement de l'hydrogène dans le monde entier.

L'UE prévoit de s'appuyer fortement sur l'hydrogène bas carbone pour soutenir ses ambitions de décarbonation, avec des objectifs élevés en matière d'importations (d'Afrique du Nord, d'Amérique latine, des États du Golfe, etc.).

Il y a plusieurs défis dans l'UE :  
- Des voix plus dissonantes, par exemple, sur le mélange ; sur les sources de production bas carbone, l'hydrogène pur par opposition aux étapes intermédiaires (par exemple, transformation en méthane, ammoniac, carburants liquides), etc.

- L'élaboration de normes harmonisées et la rationalisation des réglementations sont essentielles à l'accélération de la production d'hydrogène bas carbone.

Il y a un fossé entre l'agenda ambitieux en matière de climat et la mise en œuvre des infrastructures pour l'hydrogène : de très grands projets d'infrastructures (notamment pour l'importation) seront opérationnels après 2030. Entre-temps, en Europe, des projets sur site et des plateformes d'hydrogène se développent, et des électrolyseurs hors site dans des régions à forte capacité en énergies renouvelables pourraient répondre à une partie de la demande européenne.

Un grand intérêt pour le développement de la production et de l'utilisation de l'hydrogène, en se concentrant principalement sur l'hydrogène issu d'énergies renouvelables, mais en tenant compte de toutes les ressources disponibles sur le continent.

Le développement de la demande locale est l'objectif principal pour contribuer à la décarbonation de l'économie.

Le Chili est le pionnier et a donné l'impulsion sur le continent, qui est maintenant très dynamique ; l'essor s'accélère et la coopération régionale s'intensifie.

Le continent attire de plus en plus l'attention des marchés importateurs potentiels (par exemple, les Pays-Bas, l'Australie et le Japon).

La coopération pourrait s'intensifier pour attirer davantage d'investissements étrangers et asseoir la région sur le marché mondial de l'hydrogène.

L'élan du Moyen-Orient et des États du Golfe est porté par les opérateurs historiques du secteur de l'énergie, en plus du programme d'économie circulaire du carbone de la région.

Les investissements sont mis en œuvre dans le but de soutenir les exportations d'énergie vers les marchés existants en Europe et en Asie.

Les nombreuses ressources pétrolières et gazières existantes, associées à des ressources naturelles pour la production d'énergie renouvelable, font de la production d'hydrogène bas carbone de la région l'une des plus compétitives au monde.

L'Arabie saoudite, les Émirats arabes unis et le Sultanat d'Oman sont à l'origine de l'essor de l'hydrogène bas carbone.

La région aspire à devenir un centre d'exportation d'hydrogène bas carbone et de ses dérivés.

Les lois et réglementations étrangères peuvent créer des obstacles politiques susceptibles d'entraver ces objectifs, notamment les réglementations liées au potentiel export.

Une impulsion se dessine au Canada et dans certains États des États-Unis.

L'objectif est d'accroître et de renforcer la résilience générale des systèmes énergétiques au cours des prochaines décennies.

Le haut niveau de préparation technologique pousse le marché national à se tourner vers les usages finaux, notamment dans le secteur des transports.

Les réglementations et les incitations développées en faveur de la mobilité propre favorisent l'utilisation de l'hydrogène bas carbone dans le secteur des transports.

Les ambitions d'exportation d'hydrogène bas carbone et de ses dérivés sont également en train d'émerger, d'autant plus que la région est déjà un exportateur net d'énergie.

La priorité est donnée à la création de hubs où l'offre et la demande se trouvent au même endroit.

Facteurs clés

Coopération régionale et sous-régionale, et coopération avec les marchés importateurs pour développer les technologies africaines de l'hydrogène mais également créer une vision commune de l'hydrogène.

Évaluation des lacunes en matière de développement du capital humain et des infrastructures.

Développement de la demande intérieure dans les secteurs du transport, de l'industrie et de l'agriculture.

Coopération bilatérale et multilatérale renforcée pour faire progresser la chaîne d'approvisionnement mondiale en hydrogène bas carbone et le commerce de l'hydrogène.

Approche intégrée des politiques énergétiques et intégration de l'hydrogène et de ses dérivés dans de nombreux aspects des systèmes énergétiques.

Soutien aux technologies liées à l'hydrogène et à leur utilisation accrue dans la mobilité.

Réduction des obstacles réglementaires dans l'Union européenne (et le désalignement entre les États membres).

Davantage de mécanismes de soutien pour la production et de mesures incitatives pour la demande (par exemple, CCFD ou quotas).

Soutien au développement du commerce international.

Action diplomatique plus coordonnée dans l'UE.

Coopération régionale pour accroître la visibilité du continent et attirer les investissements extérieurs.

Meilleures identification et exploitation des atouts individuels de chaque pays pour une chaîne d'approvisionnement intégrée en hydrogène bas carbone.

Collaboration régionale renforcée ; tirer les leçons des tentatives précédentes qui ont échoué.

Développement d'écosystèmes locaux et d'usages finaux sur le marché local, plutôt que de créer principalement une industrie de l'hydrogène destinée à l'exportation.

Subventions financières et mécanismes de soutien pour améliorer la bancabilité des projets pilotes.

Déploiement à grande échelle et réduction du coût du transport et de la distribution de l'hydrogène.

Soutien financier à la R&D et aux projets pilotes et de démonstration.

Créer des centres d'échange pour aider à réduire les risques liés aux projets futurs.

Légende des ODD

Sur les 17 objectifs de développement durable (ODD), le développement à grande échelle de l'hydrogène bas carbone dans les différentes régions pourrait notamment contribuer à la réalisation des objectifs suivants :



2 : Éliminer la faim, assurer la sécurité alimentaire, améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture durable



7 : Garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes, à un coût abordable



8 : Promouvoir une croissance économique soutenue, partagée et durable, le plein emploi productif et un travail décent pour tous



9 : Bâtir une infrastructure résiliente, promouvoir un industrialisation durable qui profite à tous et encourager l'innovation



11 : Faire en sorte que les villes et les établissements humains soient ouverts à tous, sûrs, résilients et durables



12 : Établir des modes de consommation et de production durables



13 : Prendre d'urgence des mesures pour lutter contre les changements climatiques et leurs répercussions

## ADMINISTRATEURS DU CONSEIL MONDIAL DE L'ÉNERGIE

JEAN-MARIE DAUGER  
Président

CLAUDIA CRONENBOLD  
Vice-président - Amérique latine et Caraïbes

MIKE HOWARD  
Coprésident

ELHAM MAHMOUD IBRAHIM  
Vice-président - Afrique

NORBERT SCHWIETERS  
Vice-président - Finances

SHIGERU MURAKI  
Vice-président - Asie-Pacifique et Asie du Sud

KLAUS-DIETER BARBKNECHT  
Vice-président - Alliances stratégiques

FAHAD AL TURKI  
Vice-président - Moyen-Orient et États du Golfe

LEONHARD BIRNBAUM  
Président - Comité des études

JOSE ANTONIO VARGAS LLERAS  
Président - Comité des programmes

OLEG BUDARGIN  
Vice-président - Congrès, 2022

OMAR ZAAFRANI  
Président - Comité des communications et de la stratégie

BEATRICE BUFFON  
Vice-président - Europe

---

ANGELA WILKINSON  
Secrétaire générale et PDG

## MÉCÈNES DU CONSEIL MONDIAL DE L'ÉNERGIE

California ISO

PwC

EDF

Agence suédoise de l'énergie

ENGIE

Tokyo Electric Power Co

Oliver Wyman

## CONSEIL MONDIAL DE L'ÉNERGIE

<u>Algérie</u>	<u>France</u>	<u>Panama</u>
<u>Allemagne</u>	<u>Grèce</u>	<u>Paraguay</u>
<u>Arabie saoudite</u>	<u>Hong Kong, Chine</u>	<u>Pays-Bas</u>
<u>Argentine</u>	<u>Hongrie</u>	<u>Pologne</u>
<u>Arménie</u>	<u>Inde</u>	<u>Portugal</u>
<u>Autriche</u>	<u>Indonésie</u>	<u>République dominicaine</u>
<u>Bahreïn</u>	<u>Irlande</u>	<u>Roumanie</u>
<u>Belgique</u>	<u>Islande</u>	<u>Russie</u>
<u>Bosnie-Herzégovine</u>	<u>Italie</u>	<u>Sénégal</u>
<u>Botswana</u>	<u>Japon</u>	<u>Serbie</u>
<u>Bulgarie</u>	<u>Jordanie</u>	<u>Singapour</u>
<u>Cameroun</u>	<u>Kazakhstan</u>	<u>Slovénie</u>
<u>Chili</u>	<u>Kenya</u>	<u>Sri Lanka</u>
<u>Chine</u>	<u>Koweït*</u>	<u>Suisse</u>
<u>Chypre</u>	<u>Lettonie</u>	<u>Thaïlande</u>
<u>Colombie</u>	<u>Liban</u>	<u>Trinité-et-Tobago</u>
<u>Congo (Rép. dém.)</u>	<u>Lituanie</u>	<u>Tunisie</u>
<u>Corée (Rép.)</u>	<u>Malte</u>	<u>Turquie</u>
<u>Côte d'Ivoire</u>	<u>Maroc</u>	<u>Uruguay</u>
<u>Croatie</u>	<u>Mexique</u>	<u>Vietnam</u>
<u>Égypte</u>	<u>Monaco</u>	
<u>Émirats arabes unis</u>	<u>Mongolie</u>	
<u>Équateur</u>	<u>Namibie</u>	
<u>Espagne</u>	<u>Népal</u>	
<u>Estonie</u>	<u>Niger</u>	
<u>Eswatini (Swaziland)</u>	<u>Nigeria</u>	
<u>États-Unis d'Amérique</u>	<u>Norvège</u>	
<u>Éthiopie</u>	<u>Nouvelle-Zélande</u>	
<u>Finlande</u>	<u>Pakistan</u>	

\*En attente de l'approbation des membres

62-64 Cornhill  
Londres EC3V 3NH  
Royaume-Uni  
T (+44) 20 7734 5996  
F (+44) 20 7734 5926  
E [info@worldenergy.org](mailto:info@worldenergy.org)

[www.worldenergy.org](http://www.worldenergy.org) | [@WECouncil](https://twitter.com/WECouncil)