

Mélangé au méthane, l'hydrogène pourrait être stocké et transporté plus facilement

combustible, n'émet pas de CO_2 . Dernier avantage: en cas de fuite, l'hydrogène a un effet de serre bien moindre que le méthane.

Où trouve-t-on de l'hydrogène dans la nature? Ce gaz s'échappe naturellement du sol dans de nombreux bassins situés dans des cratons – d'anciens morceaux de plaques terrestres situés au cœur des continents. Les scientifiques connaissent ces suintements depuis plus d'un siècle. Les compagnies pétrolières et gazières ont toutefois considéré l'hydrogène comme une nuisance lorsqu'elles en trouvaient à proximité des réservoirs souterrains, car il peut prendre feu et endommager les canalisations métalliques. Mais aujourd'hui, les ingénieurs et les chercheurs forent à titre expérimental des puits à hydrogène et lancent des programmes pluriannuels pour prospecter le sous-sol. En termes de production, les espoirs ressemblent à ceux manifestés au tout début de la fracturation des schistes: une

ressource énorme est là, si les ingénieurs parviennent à trouver comment l'exploiter à moindre coût et en toute sécurité.

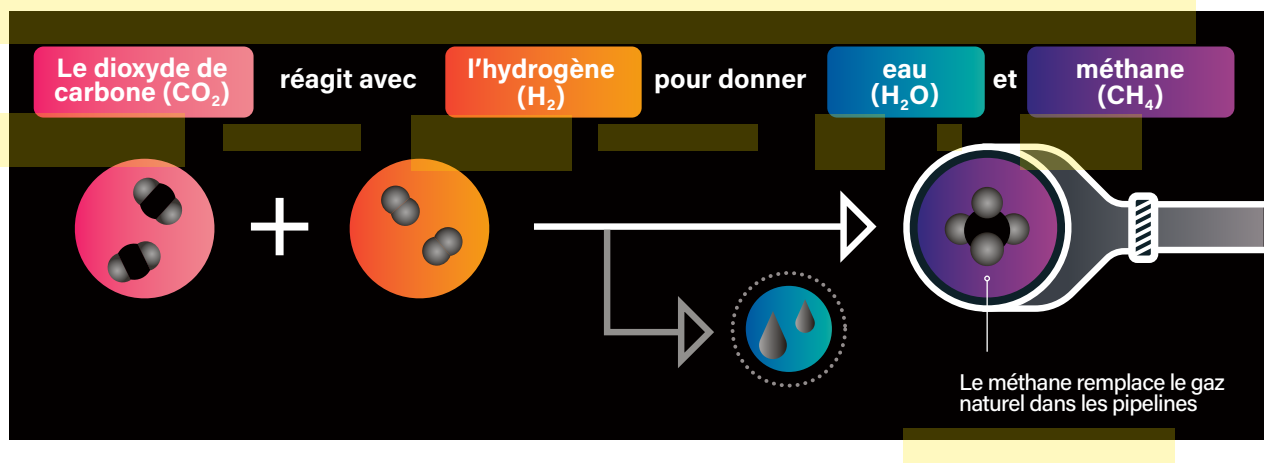
Il est aussi possible de synthétiser l'hydrogène. À l'heure actuelle, la plus grande part de l'hydrogène destiné à l'industrie est produite par reformage à la vapeur du méthane, c'est-à-dire en ajoutant de la chaleur et de l'eau chaude au méthane pour créer de l'hydrogène et du CO_2 . L'électrolyse, qui utilise l'électricité pour décomposer l'eau en hydrogène et en oxygène, peut également fabriquer de l'hydrogène gazeux. Ces deux procédés nécessitent toutefois d'importantes quantités d'énergie.

Le transport et le stockage de l'hydrogène gazeux constituent également un défi. En raison de la faible densité de l'hydrogène, son acheminement par pipeline réclame beaucoup d'énergie, par rapport à des gaz plus denses comme le méthane ou des liquides comme le pétrole. L'opération est si peu efficace qu'après plusieurs centaines de kilomètres, le coût de transport de l'hydrogène dépasse largement la valeur de l'énergie qu'il véhicule. De plus, l'hydrogène peut fragiliser les pipelines en acier, sauf si l'on y incorpore des alliages coûteux ou si l'on modifie les conditions d'exploitation.

Une façon de résoudre ces problèmes est, dans les pipelines, de mélanger de l'hydrogène au méthane. Cette astuce permet de décarboner une partie du système en troquant une partie du gaz naturel par de l'hydrogène. Des expériences menées au Royaume-Uni et en France montrent que l'on peut transporter efficacement dans un gazoduc un mélange de 80% de méthane et de 20% d'hydrogène. Dans le cadre

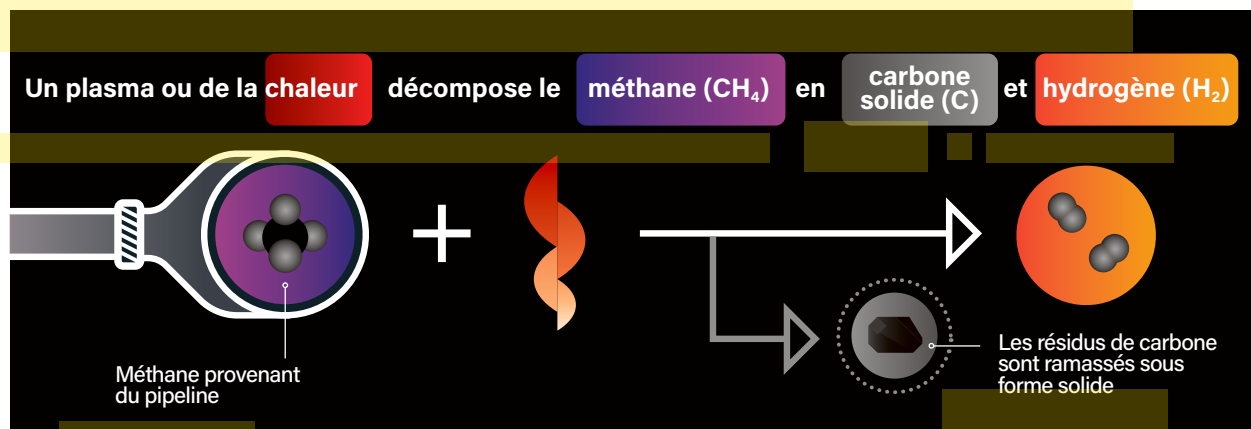
STRATÉGIE 3: TRANSPORT D'HYDROGÈNE SOUS D'AUTRES FORMES CHIMIQUES

Les porteurs d'hydrogène sont des gaz ou des liquides qui contiennent des atomes d'hydrogène, comme l'acide formique (CH_2O_2), le méthanol (CH_3OH) ou le méthane (CH_4). Au lieu d'extraire le gaz naturel et de le brûler, ce qui produit du CO_2 , des machines alimentées en électricité d'origine renouvelable captent le CO_2 de l'air ou de cheminées, puis le combinent avec de l'hydrogène pour former le porteur, qui est ensuite convoyé par des pipelines existants. Sa combustion relâche du CO_2 , mais comme le carburant a été synthétisé à partir de CO_2 atmosphérique, les émissions nettes sont faibles.



STRATÉGIE 4 : EXTRAIRE LE CARBONE CHEZ LE CONSOMMATEUR

Le carbone pourrait être extrait du gaz naturel chez l'utilisateur, en bout de réseau, plutôt que chez le fournisseur. Grâce au procédé de pyrolyse (un plasma – gaz chargé électriquement – ou la chaleur décompose les molécules de méthane), un appareil transforme le méthane en hydrogène gazeux pour le chauffage, les cuisinières et les machines industrielles, tandis que les résidus de carbone sont collectés. Ces déchets, évacués par l'utilisateur lui-même ou par des professionnels, peuvent ensuite être vendus comme matière première pour des produits tels que des batteries ou des engrais.



d'une étude menée de mi-2018 à mars 2020, la ville de Dunkerque a utilisé un tel mélange pour alimenter 100 foyers et la chaudière d'un hôpital, sans ajouter le moindre équipement le long du gazoduc ou dans les bâtiments.

Les raccords des tuyaux d'alimentation en gaz des fours et des cuisinières, ainsi que les embouts de brûleurs, devront peut-être être modifiés ou remplacés pour les mélanges contenant plus de 20% d'hydrogène car, à l'instar de l'hydrogène pur, le mélange méthane-hydrogène brûle à des températures et des vitesses différentes. Il faut également tenir compte du fait qu'en raison de la faible densité énergétique de l'hydrogène, un mélange à 20% en volume fournit 14% d'énergie en moins que le gaz naturel.

L'HYDROGÈNE DÉGUISÉ EN AMMONIAC

Une façon de contourner certains problèmes de coût et de sécurité consiste à intégrer l'hydrogène sous une autre forme chimique que nous savons manipuler, comme l'ammoniac (NH₃), dont la molécule comporte un atome d'azote et trois d'hydrogène. Les composés qui contiennent des atomes d'hydrogène sont appelés « porteurs d'hydrogène ». Sur le lieu d'extraction ou de production, l'hydrogène est intégré à son porteur, puis convoyé via pipeline. À destination, on peut l'utiliser sous cette forme ou le reconverter en hydrogène.

Les porteurs classiques tels que l'ammoniac, l'acide formique et le méthanol sont liquides dans les conditions ambiantes, ce qui rend leur transport plus facile que l'hydrogène gazeux. Bien que l'ammoniac soit caustique (c'est-à-dire

qu'il attaque les tissus organiques), on le transporte déjà dans le monde entier en tant qu'ingrédient d'engrais, et il brûle sans émettre de CO₂. Le méthane pourrait être l'option la plus efficace, car il transporte quatre atomes d'hydrogène par atome de carbone et est déjà compatible avec les tuyaux, compresseurs, réservoirs, turbines et appareils existants.

Les projets de démonstration se multiplient rapidement. Le constructeur industriel finlandais Wärtsilä est en train de concevoir un nouveau navire pour 2023, baptisé *Viking Energy*, qui fonctionnera à l'ammoniac avec des piles à combustible et s'épargnera les émissions de gaz à effet de serre et autres polluants dont est responsable le secteur maritime. La compagnie Air France et l'aéroport de Paris-Charles-de-Gaulle s'intéressent de près à l'hydrogène comme moyen de décarboner l'aviation. Cependant, comme les porteurs d'hydrogène n'en sont encore qu'aux premiers stades de la recherche, il est difficile de prédire s'ils auront le succès escompté.

Des centrales électriques qui brûlent de l'hydrogène sont également à l'étude. À Delta, dans l'Utah, la centrale électrique Intermountain Power Plant, l'une des plus grandes centrales au charbon des États-Unis, alimente en électricité Los Angeles, située à des centaines de kilomètres. Pour répondre aux exigences à long terme de la ville en matière d'énergie renouvelable et à bas carbone, l'exploitant de la centrale remplacera en 2025 les chaudières à charbon par des turbines fonctionnant à l'hydrogène. Celles-ci commenceront par utiliser un mélange de 30% d'hydrogène et de gaz naturel, avant de passer à 100% d'hydrogène. L'hydrogène sera



À LIRE

L'auteur vient de publier : *Une goutte d'énergie* (Belin, 2021).

Dans ce livre, Michael Webber souligne l'interdépendance entre l'eau et l'énergie, et traite des solutions possibles pour bien gérer ces ressources naturelles.