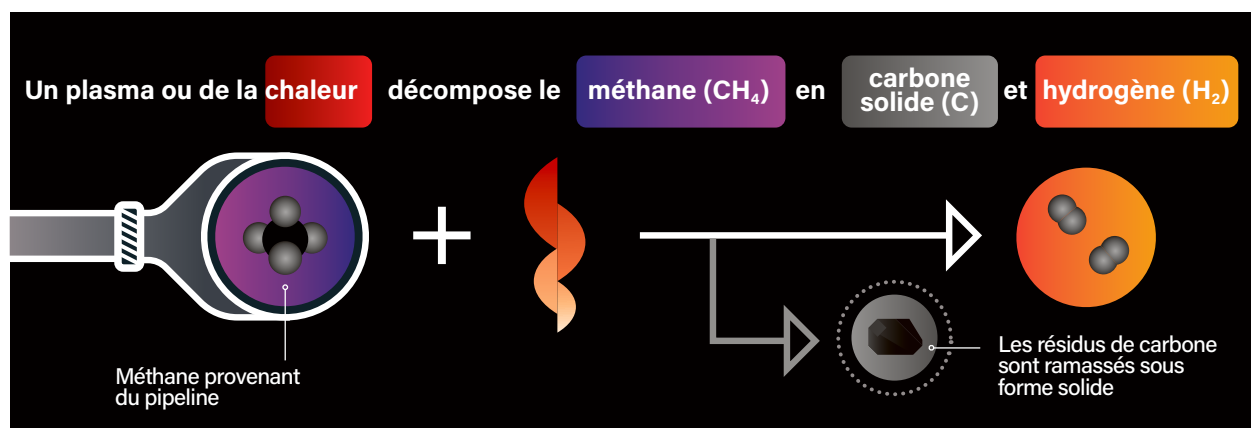


STRATÉGIE 4: EXTRAIRE LE CARBONE CHEZ LE CONSOMMATEUR

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 reconvertir 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.

Nous disposons d'une infrastructure gazière massive, et il faut lui trouver une utilité

produit sur place par électrolyse, avec de l'électricité d'origine éolienne et solaire, et sera stocké dans plus de 100 cavités souterraines existantes, comparables en taille à l'Empire State Building, qui avaient été creusées lors de l'exploitation du sel.

PRODUIRE L'HYDROGÈNE À PARTIR DU MÉTHANE CHEZ L'USAGER ?

Autre possibilité : au lieu de décarboner le gaz naturel avant qu'il n'entre dans le pipeline, on pourrait retirer le carbone au bout du tuyau, au niveau du consommateur. Le méthane, par exemple, peut être décomposé chez l'utilisateur en hydrogène et en carbone solide, qui ressemble à une fine poussière noire. Le procédé – la pyrolyse du méthane – est efficace et élimine les émissions de CO₂. Chaque kilogramme d'hydrogène produit selon cette technique engendre trois kilogrammes de carbone solide au lieu des neuf kilogrammes de CO₂ qui seraient émis si le méthane était brûlé.

On évacuerait une fois par mois environ les tas de poussière de carbone qui s'accumulent à l'intérieur d'un collecteur dans une chaudière ou une cuisinière. Nous payons déjà des sociétés et les municipalités pour transporter et nettoyer nos déchets solides et liquides ; nous paierions également pour nettoyer les déchets provenant de notre consommation de gaz. Les résidus de carbone ont une valeur réelle, néanmoins, car on peut les vendre comme matière première pour la fabrication du graphite, du caoutchouc, de revêtements, de batteries et de produits chimiques, ainsi que comme fertilisant pour l'agriculture.

Bien que les ingénieurs étudient la pyrolyse du méthane depuis des décennies, la technique n'a été mise en œuvre que dans le cadre de petits projets de démonstration. Il sera nécessaire de modifier certains équipements en bout de canalisation pour séparer le carbone, mais aucun pipeline coûteux ne devra être construit, ce qui simplifie grandement les choses. La pyrolyse du gaz naturel usuel peut

amener l'ensemble du réseau gazier à un taux d'émissions de carbone quasi nul. Avec l'ajout de méthane provenant de biodigesteurs ou produit à partir du CO₂ présent dans l'atmosphère à l'aide d'électricité d'origine renouvelable, le bilan des émissions en carbone pourrait même devenir négatif.

Imaginer l'un ou l'autre de ces futurs décarbonés peut faire peur et laisser penser que de grands complexes industriels ou des millions de petits équipements individuels chez les consommateurs seront nécessaires. Mais il en va de même pour d'autres propositions visant à réduire les émissions de CO₂. L'électrification de chaque chauffage, cuisinière et véhicule nécessiterait un remplacement généralisé de technologie. Les projets visant à extraire directement le CO₂ de l'air réclameraient des millions de grosses machines pour capter ce gaz et le séquestrer, ce dont s'occuperaient des entreprises qui devront mobiliser de grandes surfaces et beaucoup d'électricité.

Le gaz décarboné nous permettrait de tirer parti des infrastructures et appareils existants, ce qui nous épargnerait d'énormes dépenses supplémentaires et nous laisserait davantage de temps pour créer un système énergétique sans émissions de carbone. Nous aurons, bien sûr, à réparer les fuites des infrastructures. Il est possible de réduire ces pertes en adoptant plusieurs mesures : remplacer des équipements pneumatiques par des dispositifs électriques sur les sites de forage, améliorer l'automatisation de l'inspection des conduites et des réservoirs grâce à des capteurs installés sur des drones et des robots, et rédiger des règlements qui ne ferment plus les yeux sur les fuites, ainsi que sur le largage et la combustion volontaires des surplus gaziers. Cet effort créerait des emplois pour les travailleurs des industries pétrolière et gazière et nettoierait l'infrastructure énergétique, ce qui, en retour, réduirait la pollution dans les agglomérations proches des installations énergétiques.

La maîtrise du changement climatique appelle à mettre en œuvre de nombreuses et diverses solutions. Déclarer quels acteurs ne peuvent y contribuer, comme les compagnies de gaz naturel, ne fait qu'augmenter la résistance au progrès. Le gaz décarboné étant susceptible de compléter l'électricité renouvelable et de représenter un chemin plus rapide, moins cher et plus efficace, pour les secteurs difficiles à électrifier, nous ne devrions pas écarter le gaz comme solution. Nous disposons d'une infrastructure gazière massive, et nous devons lui trouver une utilité. La démanteler serait un chemin lent, coûteux et incroyablement difficile, alors que cette infrastructure pourrait au contraire constituer un atout pour bâtir un avenir à bas carbone. ■

BIBLIOGRAPHIE

C. Gürsan et V. de Gooyert, **The systemic impact of a transition fuel : Does natural gas help or hinder the energy transition ?**, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 138, article 110552, 2021.

J. Mertens et al., **Why the carbon-neutral energy transition will imply the use of lots of carbon**, *Journal of Carbon Research*, vol. 6, article 39, 2020.