

Les molécules de la transition énergétique

Quel que soit le chemin emprunté vers un monde zéro carbone, l'offre énergétique ne pourra pas compter que sur l'électricité : des molécules comme l'hydrogène, le méthane, l'éthanol... resteront longtemps indispensables.

LES AUTEURS

RONNIE BELMANS, PROFESSEUR À L'UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN, EN BELGIQUE, DIRECTEUR GÉNÉRAL D'ENERGYVILLE, ET JAN MERTENS, PROFESSEUR À L'UNIVERSITÉ DE GAND, EN BELGIQUE, DIRECTEUR SCIENTIFIQUE D'ENGIE

LES AUTEURS REMERCIENT LE CONSEIL SCIENTIFIQUE D'ENGIE POUR LES DISCUSSIONS RICHES ET PERTINENTES SUR LE SUJET.

Pendant longtemps, la décarbonation de l'électricité a été perçue comme un élément clé de la transition énergétique, notamment *via* l'essor massif des énergies renouvelables produisant de l'électricité. Malgré leur intermittence, le développement des technologies de l'information et celles de la gestion des données devraient assurer un fonctionnement stable et fiable de l'ensemble. La demande variant, l'offre devra également s'adapter notamment grâce à des batteries stockant le surplus ponctuel d'énergie. Mais au final, le client pourra compter sur l'électricité pour bénéficier des meilleurs services énergétiques. Ce modèle « électrique », même s'il sera à coup sûr au cœur du futur système énergétique, n'en suscite pas moins des questions et des préoccupations.

LA PART DE L'ÉLECTRICITÉ

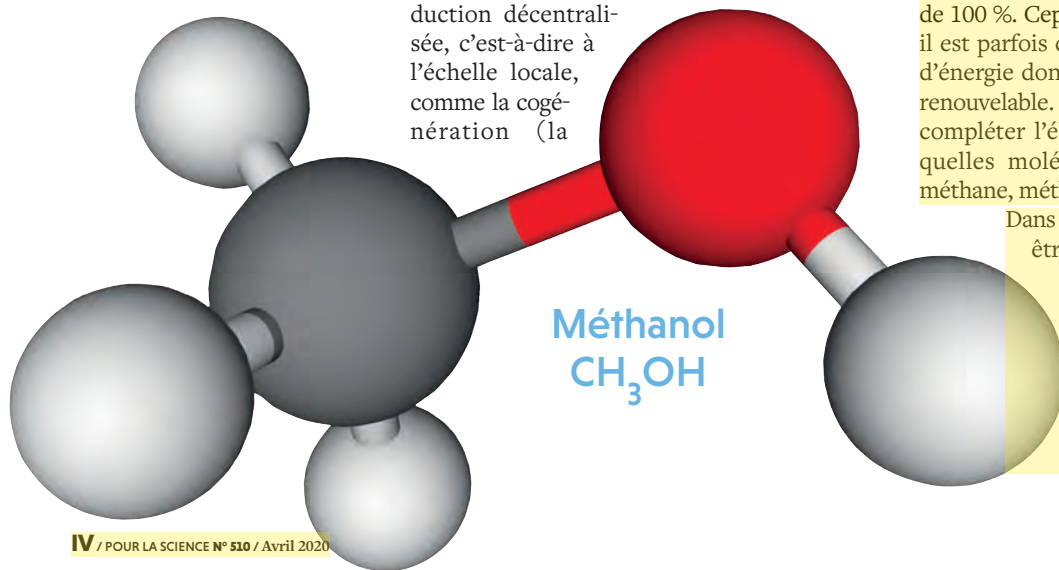
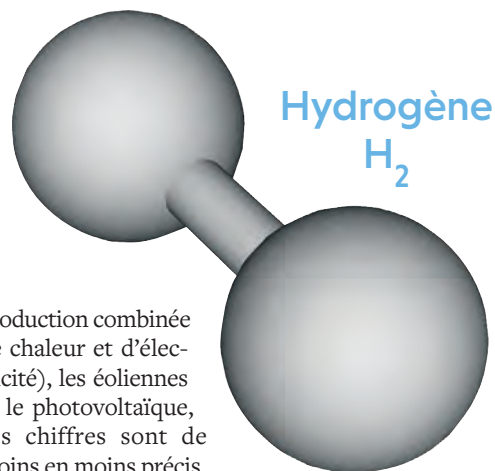
D'abord, il convient de bien distinguer le système énergétique dans son ensemble de la seule production électrique, qui n'en représente qu'une petite part. En Belgique, par exemple, en 2016, 81,4 térawattheures d'électricité ont été fournis (pour une production de 85,4). Notons qu'avec l'augmentation de la production décentralisée, c'est-à-dire à l'échelle locale, comme la cogénération (la

production combinée de chaleur et d'électricité), les éoliennes et le photovoltaïque, ces chiffres sont de moins en moins précis.

Quant à la consommation finale d'énergie globale (électricité, gaz, pétrole, charbon, biomasse, déchets), elle fut de 489 térawattheures. Plus encore, la consommation d'énergie primaire, qui mesure la demande totale en énergie d'un pays, était de 657 térawattheures. L'écart s'explique par l'énergie consommée par l'industrie chimique, la sidérurgie, la filière nucléaire... En revanche, le transport maritime et l'aviation internationale ne sont pas pris en compte. En fin de compte, on estime que l'électricité représente 16,6 % de la consommation finale d'énergie en Belgique. À l'échelle du continent européen, ce chiffre atteint 17,9 % (3 255 térawattheures d'électricité contre 18 154 d'énergie primaire).

Les lois de la thermodynamique indiquent que l'utilisation directe de l'énergie électrique est toujours à privilégier, car la transformer, par exemple en énergie chimique ou calorifique, diminue sa capacité à fournir du travail : en termes physiques, on dit que son indice exergétique est de 100 %. Cependant, selon les services requis, il est parfois difficile de remplacer une source d'énergie donnée par une électricité d'origine renouvelable. C'est là que les molécules peuvent compléter l'électron, voire s'y substituer. De quelles molécules parle-t-on ? Hydrogène, méthane, méthanol, éthane, éthanol...

Dans tous les cas, ces molécules devront être produites à partir d'électricité décarbonée, ou de biogaz neutre en carbone, faute de quoi la transition vers un monde sans carbone échouera. Une alternative, ou plutôt une solution intermédiaire, serait la capture et le stockage du CO₂, voire sa



réutilisation. Autrement, seules deux sources de molécules sont neutres en carbone : celles produites à partir d'eau et de CO_2 à l'aide d'une énergie verte et celles, que nous n'aborderons pas ici, issues de la biomasse.

Dans les industries intensives, hautement énergivores, ce besoin en molécules est particulièrement évident, comme vecteur énergétique, mais surtout comme matière première. La synthèse d'une molécule de méthane (CH_4) ou de méthanol (CH_3OH) à partir de CO_2 et de H_2O requiert beaucoup plus d'énergie que celle, réutilisable ensuite, contenue dans la molécule elle-même. Par conséquent, ce besoin en molécules augmentera fortement la demande en énergie totale. Certains secteurs de l'industrie réclamant des molécules pour des applications spécifiques, par exemple pour la chimie spécialisée, seront à étudier au cas par cas.

Un bon exemple de l'utilité des molécules dans la réussite de la transition énergétique est la « Dunkelflaute », un terme allemand signifiant une longue période sans soleil et sans vent pendant laquelle la production d'énergie est impossible. Avec l'hydrogène, des molécules « propres » à un (méthane et méthanol) ou deux atomes de carbone (éthane C_2H_6 et éthanol $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) aideront à suppléer au manque d'énergie solaire et éolienne. Il s'agira alors de choisir la mieux adaptée.

TRANSPORT ET MOLÉCULES

Les vertus de ces molécules sont souvent évidentes lorsqu'on se penche sur le secteur des transports, même si l'on doit se garder de généraliser à tous les modes. De fait, les deux roues, des vélos électriques de plus en plus plébiscités jusqu'aux motos électriques dont le marché progresse, n'ont pas besoin de molécules. Et il en va de même pour les voitures électriques des particuliers. Pour ces véhicules, la batterie est en termes de coût plus avantageuse qu'une solution à base d'hydrogène. De fait, ils profitent de l'infrastructure existante (on peut recharger facilement) et ils jouissent d'une bien meilleure efficacité énergétique, comparé par exemple aux piles à combustible qui pourraient équiper certains véhicules électriques. La prochaine décennie sera déterminante pour le développement des voitures particulières fonctionnant à l'hydrogène.

Le futur du transport de marchandises sur route est encore flou. Certes, des camions électriques équipés de batteries roulent déjà. Et Siemens expérimente de son côté une autre approche : équiper une voie d'autoroute de caténaires pour que les camions hybrides puissent rouler grâce à l'énergie électrique tout en chargeant leurs batteries, indispensables pour les premiers et les derniers kilomètres. Le besoin en molécules sera là encore faible, voire nul.

“ Les vertus des molécules sont souvent évidentes lorsqu'on se penche sur le secteur des transports ”

Les trains, les bus et les transports locaux seront de plus en plus électrifiés. Le transport fluvial devrait lui aussi adopter la propulsion électrique au moins pour une partie de son activité. Mais on ignore encore si les batteries auront une densité énergétique assez élevée pour parcourir de longues distances, sans prendre trop de place à bord ni augmenter le poids de façon significative. Les molécules auront certainement un rôle à jouer dans ce domaine, d'autant plus pour la navigation maritime, où les besoins en énergie sont nettement plus importants. Le constat est le même pour l'aviation, bien que les premiers avions électriques aient déjà effectué de courtes distances. Quant aux drones, qui occuperont une place importante dans la mobilité du futur (services de livraison, taxi dans les grandes villes...), ils sont déjà électriques.

Sans exprimer de préférence, constatons à ce stade que différentes molécules sont disponibles. Chacune ayant des avantages et des inconvénients, il importe de prendre en compte l'énergie requise pour leur production, celle-ci devant provenir d'un surplus d'électricité renouvelable.

L'hydrogène est très prometteur, mais pas nécessairement en tant que vecteur d'énergie. Deux sortes d'hydrogène sont bas carbone, celui produit par l'électrolyse de l'eau grâce à de l'électricité d'origine renouvelable (on parle d'hydrogène vert)

