

les bienfaits de l'énergie sans les inconvénients associés de la pollution, de la volatilité des prix et des risques pour la sécurité nationale ?

La réponse est de reconnaître que chaque carburant ou technologie a ses avantages et ses inconvénients. La consommation d'énergie dans le monde est un système complexe qui comporte un grand nombre d'éléments. Le secteur de l'énergie est étroitement connecté à la société par de nombreux liens, évidents ou non.

S'il est une leçon que nous devons garder à l'esprit pour relever les défis associés à l'énergie, c'est qu'il n'existe pas de solutions universelles et immédiates. Nous avons besoin d'un ensemble de solutions adaptées à chaque territoire, car aucune option unique ne peut nous conduire vers un avenir décarboné sans un inconvénient majeur : un coût très élevé, un déploiement à une échelle insuffisante ou une faible fiabilité.

Cela signifie que nous avons besoin d'architectes énergétiques innovants pour développer davantage d'options, réduire le coût de celles existantes et optimiser la façon dont elles s'articulent. L'un des enjeux d'avenir pour les pouvoirs publics sera de soutenir financièrement le monde de la recherche, dans le domaine de l'énergie, pratiquée en laboratoires industriels, nationaux et universitaires à travers le monde afin d'accélérer le rythme de l'innovation. Et parce que le défi est complexe et trop important pour qu'une entreprise ou un gouvernement puisse le relever seul, nous devons collaborer par-delà les secteurs, les disciplines universitaires et les frontières.

La solution passe par l'abandon des vieux clichés qui opposent les combustibles fossiles aux énergies renouvelables, l'électricité au gaz et bien d'autres conflits stériles. Nous avons besoin d'une vision plus précise. Les anciennes stratégies qui nous ont conduits là où nous en sommes – forer plus, construire plus de routes, consommer plus – ne nous seront d'aucun secours. Une ferveur technologique dépassée en des gadgets plus « intelligents » ne sera pas d'une plus grande utilité. L'efficacité énergétique est une manière de réduire notre empreinte carbone sans réduire notre qualité de vie mais ce n'est pas assez.

Le moyen le plus rapide, le moins cher et le plus fiable d'atteindre la neutralité carbone des énergies repose sur un mix d'électricité et de combustibles à faible teneur en carbone. Nous avons besoin, d'une part, de nouvelles formes d'énergie plus propres et, d'autre part, d'une réduction des émissions des formes d'énergie conventionnelles avec, par exemple, la capture et le stockage du carbone, afin de maintenir et même d'élargir l'accès à l'énergie sans « brûler notre maison ».

Les domaines sur lesquels nous pouvons agir rapidement sont nombreux. Citons la production d'électricité à faible teneur en carbone issue de l'éolien, du solaire et de la géothermie, les gaz à faible teneur en carbone comme le biométhane, le méthane synthétique, l'hydrogène et les

vecteurs d'hydrogène (l'ammoniac, l'acide formique et le méthanol). D'autres leviers importants résident dans les technologies diminuant les quantités de CO₂ dans l'atmosphère par le biais du piégeage du carbone, le captage direct de l'air et la séquestration du carbone dans le sol, ainsi que dans les outils transversaux, notamment les drones, les robots, les capteurs et l'intelligence artificielle. On peut enfin compter sur les utilisations intelligentes et efficaces de l'énergie s'appuyant sur le stockage de l'énergie, les appareils intelligents et l'éducation des utilisateurs pour modifier les comportements et les habitudes.

Chez ENGIE, les programmes de recherche portés par nos équipes de chercheurs sont organisés autour de ces thèmes, et notre analyse des travaux des principaux laboratoires nationaux et des plus grandes entreprises internationales du secteur révèle que nous ne sommes pas les seuls à envisager l'avenir de cette façon. De fait, nous sommes tous confrontés aux mêmes problématiques. Peut-être pourrions-nous agir collectivement et donc plus rapidement ?

L'adoption d'un ensemble de solutions plus propres tout en améliorant l'accès à l'énergie et en fermant nos actifs les plus polluants est le chemin que nous devons emprunter vers l'avenir. Le changement est une chose souhaitable, et nous devons nous y atteler, mais sa mise en place est lente. Il est largement temps de nous y mettre. C'est ici que le besoin de recherche est le plus prégnant : accélérer la transition.

LE TEMPS PRESSE

Des décennies, voire des siècles, sont le plus souvent nécessaires pour passer d'un combustible ou d'une technologie dominante à un autre. Aux États-Unis, le charbon est devenu la source d'énergie la plus populaire en 1885 et n'a été dépassé par le pétrole que soixante-cinq ans plus tard, en 1950. Le pétrole est toujours en tête aujourd'hui, mais pourrait bien être dépassé par le gaz naturel dans la prochaine décennie, ce qui mettrait fin à quatre-vingts ans de règne.

Si le gaz naturel présente des avantages notables en termes d'environnement et de performance, nous n'aurons pas quatre-vingts ans pour le remplacer par des options plus propres, comme l'électricité sans carbone ou d'autres gaz à faible empreinte environnementale. La course est lancée, à vive allure, et notre tâche, dans le monde de la recherche, est d'atteindre la dimension industrielle de ces alternatives et d'en diminuer les coûts afin qu'elles puissent être adoptées à grande échelle le plus rapidement possible.

Maintenant la mission de nos équipes est d'accélérer le rythme afin de relever les défis énergétiques aux côtés de nos partenaires scientifiques et académiques et de contribuer à développer les solutions énergétiques d'avenir qui permettront de préserver la biodiversité, le climat et l'inclusion sociale. ■

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

