

# Le vecteur électricité, un moteur essentiel au service de la transition énergétique

par *Françoise THAIS*

De plus en plus présents dans notre mode de vie, les usages électriques accordent une place de choix au vecteur électrique dans notre consommation finale. Selon les scénarios de long terme, celui-ci deviendra un véritable atout au cours des prochaines décennies dès lors qu'il s'agira de décarboner notre économie mondiale pour limiter le réchauffement climatique... objectif parmi les plus importants de la transition énergétique annoncée

## En un siècle, une progression fulgurante de la consommation électrique

Depuis la découverte d'Edison à la fin du 18<sup>ème</sup> siècle, les progrès technologiques en matière de moyens de production mais aussi d'usages électriques ont été tels que l'électricité fait désormais partie intégrante de notre quotidien. En effet, ce sont plus de 20 000 TWh de production électrique qui sont nécessaires aujourd'hui pour satisfaire nos besoins mondiaux de consommation, soit 15% de notre consommation énergétique finale. Rappelons cependant que cette évolution concerne pour l'essentiel les pays développés, car si un habitant d'un pays de l'OCDE consomme aujourd'hui en moyenne autour de 8000 kWh par an, une personne sur cinq dans le monde (au total plus d'1,3 milliards d'habitants) ne dispose pas encore d'accès à l'électricité. Nous sommes donc témoins d'une progression mondiale très forte, bien qu'inégalement répartie, de la consommation électrique, marquée par une accélération ces dernières décennies, un triplement en 40 ans, dont 40% d'après l'AIE ont été réalisés ces dix dernières années malgré un contexte de crise économique.

## Le vecteur électrique, fil conducteur de notre économie

Cette véritable «explosion» de la demande électrique tient bien sûr dans un premier temps à notre croissance démographique comme économique, principaux drivers, mais se justifie plus récemment aussi par une évolution structurelle progressive de notre économie au profit du commerce et des services publics ainsi que du secteur résidentiel. Nos secteurs traditionnellement intensifs en produits pétroliers ont ainsi régressé. De plus, au sein même de chaque secteur, des transformations profondes se sont produites. Citons par exemple l'avènement de nouvelles technologies ou applications électrogènes dans les domaines des technologies de l'information et de la communication (TIC), qui ont permis de faciliter notre vie moderne et même de la modifier en profondeur. D'autres

innovations pour les applications de demain sont sans cesse sur le point d'émerger, liées comme par exemple aux progrès récents en matière de véhicules électriques dans le marché des transports, dont l'enjeu est primordial, de solaire à concentration, d'électrolyse à haute température etc... Ainsi, nous pouvons nous demander si cette révolution de nos besoins électriques, dont le contexte nous indique qu'ils ne pourront que continuer à croître, induira une production d'électricité durable dans le futur.

## Aujourd'hui, une électricité mondiale carbonée

Avec une production aux 2/3 d'origine fossile depuis plusieurs décennies maintenant (plus de 40% avec du charbon, puis du gaz et enfin du pétrole), notre secteur de l'électricité, au même titre que celui de l'énergie en général, pose le double problème de :

- la sécurité d'approvisionnement des matières premières, dont la contrainte la plus forte est liée à la limitation des réserves fossiles même si de nouvelles découvertes de gisement peuvent changer la donne, comme l'a récemment indiqué l'AIE pour les gaz de schiste américains dans sa nouvelle édition 2012 du WEO<sup>(1)</sup>,
- la contrainte climatique, car il se retrouve, avec les transports, l'un des secteurs grands émetteurs de gaz à effet de serre (cogénération comprise). A titre d'ordre de grandeur, il contribue à hauteur de 40% des 31Gt d'émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'énergie en 2010 (soit 25% des émissions totales de gaz à effet de serre). Autrement dit, un kWh que nous produisons en moyenne mondiale est générateur aujourd'hui de 500 g de CO<sub>2</sub>, ordre de grandeur du contenu CO<sub>2</sub> d'un kWh fourni par une centrale à gaz.

Notons que cette situation n'est pas pour autant représentative des mix électriques de nombreux pays dont le contenu carboné, qui dépend des choix politiques

adoptés, peut être très contrasté.

Toutefois, dans un contexte de recherche d'un développement énergétique durable, ce constat global nous appelle à relever un certain nombre de défis, pour limiter notre dépendance aux énergies fossiles et orienter notre mix vers une production électrique moins carbonée. Sur ce point, que nous disent alors les scénarios du futur ?

## L'électricité au premier plan dans les scénarios tendanciels

Quelle que soit leur origine, tous les scénarios tendanciels s'accordent à conclure que la demande électrique progressera fortement pendant les 20 ans à venir, en même temps que nos besoins en énergie primaire, et généralement à un rythme supérieur à celui de la croissance économique de nos pays développés. Son évolution devrait même être plus rapide que toute autre forme d'énergie. A cette échéance, c'est le secteur industriel qui utilisera le plus d'électricité. D'après le WEO 2012, la demande électrique devrait ainsi augmenter à un rythme moyen annuel de 2,2% par an lorsque l'on se limite aux politiques en cours aujourd'hui.

En prenant en compte les politiques planifiées à ce jour pour intégrer la contrainte climatique, elle devrait croître plus vite, jusqu'à 2,6% par an, imputable en 2035 pour 80% aux pays en développement, majoritairement à la Chine (38%) et l'Inde (13%). Ce sont 42% de l'offre en énergie primaire qui devront alors être mobilisés pour assurer la production associée, comparativement aux 38% d'aujourd'hui. Si les combustibles fossiles domineront encore dans le mix électrique, la structure de celui-ci devrait être notablement modifiée avec un déclin du charbon combiné au développement des énergies renouvelables (hors hydraulique).

Cette transformation se traduira par un bond dans les capacités de production liées au nécessaire renouvellement des centrales en fin de vie mais surtout à nos nouveaux besoins, qui généreront des investissements colossaux couvrant la production mais également la transmission, la distribution et l'infrastructure (au total, 17 trillions de \$ d'ici 2035).

Cependant en se projetant à plus long terme, ces deux types de scénario aboutissent à la conclusion d'une augmentation des émissions de CO<sub>2</sub>, incompatible avec un réchauffement climatique encore acceptable à la fin du siècle. L'ETP<sup>(2)</sup> 2012 édité par l'AIE indique en effet qu'une prolongation jusqu'en 2050 de la tendance haussière de notre demande électrique, en phase avec celle de l'énergie primaire, ne permettra pas d'atteindre les objectifs nécessaires en matière de réduction de CO<sub>2</sub>, même si elle est orientée vers l'utilisation d'énergies bas carbone.

## La transition énergétique ou le renforcement du vecteur électrique

Car le scénario visant à limiter le réchauffement planétaire autour de 2°C d'ici 2100 (probabilité de 50%) implique une diminution par 2 de nos émissions mondiales de gaz à effet de serre d'ici 2050. Les efforts pour le domaine énergétique nous demanderont pour atteindre cette trajectoire une véritable transition énergétique, signifiant que nos émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'énergie devront passer en 2050 en dessous de leur niveau de 1990, soit au niveau d'environ 15 Gt, comparativement aux 31 Gt aujourd'hui.

Cette diminution, qui devra être réalisée majoritairement par les pays en dehors de l'OCDE, ne sera naturellement possible qu'avec une diminution en premier lieu de notre intensité énergétique et donc de notre consommation en énergie primaire par rapport à maintenant (35% en 40 ans, par rapport à 65 et 85% pour les deux scénarios tendanciels).

De fait, notre consommation électrique sera également impactée et devra suivre un chemin comparable (passage à un taux de croissance mondial de 1,7% par an d'ici 2035), mais en intégrant également les besoins liés à notre population croissante (particulièrement dans les pays en développement) ainsi qu'à nos nouveaux modes de vie, qui pourraient s'avérer beaucoup plus gourmands en électricité. En conséquence, le scénario alternatif «2°C» (cf supra) fait valoir un vecteur électrique dont le poids relatif sera plus important dans la consommation finale par rapport aux autres scénarios. Cette évolution se fera au détriment des énergies primaires traditionnelles (pétrole et charbon), quelle que soit la zone géographique. Et donc la part de l'électricité dans cette consommation devrait passer de 18 % aujourd'hui à 23% en 2035 pour tous les scénarios, mais passer à 26% en 2050 pour le seul scénario « 2°C », toujours selon l'AIE.

Ce résultat ne sera possible qu'au prix d'une combinaison de gains conséquents en efficacité énergétique de nos moyens de production comme de nos usages et d'une transformation en profondeur de la structure de notre mix électrique pour disposer d'une électricité quasiment décarbonée. Car c'est une réduction de 80% des émissions par rapport à 2009 qui est attendue d'ici 2050, portant le contenu moyen CO<sub>2</sub> d'un kWh à 60 g pour cette échéance, c'est-à-dire à un niveau très proche... du niveau français actuel.

## Des défis à relever dès aujourd'hui

Pour assurer cette transition énergétique, un certain nombre de leviers devront être activés, agissant sur l'offre comme sur la demande électrique : ce sont la diminution de notre intensité énergétique, la maîtrise de notre demande, la substitution des énergies carbonées vers

d'autres qui le sont moins, le développement de la capture et séquestration si cette technologie s'avère disponible.

Donner au CO<sub>2</sub> un prix suffisamment robuste et (pré)visible dans la durée au travers d'instruments économiques élaborés par des politiques adaptées permettra de remplacer progressivement le charbon par le gaz ou de développer des technologies de charbon propre avec capture et séquestration du CO<sub>2</sub>.

Faiblement émettrices de CO<sub>2</sub>, les énergies nucléaire et hydraulique continueront à progresser et occuper leur place à part entière dans le mix électrique.

Les énergies renouvelables auront par ailleurs un rôle crucial à jouer, leur déploiement massif au-delà de 2035, devant être favorisé par des politiques incitatives d'offre et de demande (renforcement de la R&D, en particulier sur les problèmes d'intermittence, de stockage, de stimulation du marché pour une diminution de leurs coûts). Ce sont 57% de la production électrique qui au final devraient être assurées en 2050 par ce type d'énergie. Cette part très importante des énergies renouvelables sous entend que nous aurons également progressé dans les domaines de leur transport et distribution, plus généralement au sein des réseaux et des systèmes électriques (gestion, stockage massif et réparti), dont la transformation (smart grids) aura été facilitée par un prix plus élevé de l'électricité.

Au-delà des énergies matures ou émergentes d'aujourd'hui, il nous faudra également rivaliser d'ingéniosité grâce à notre R&D pour aboutir à des ruptures technologiques ou développer des synergies entre différents vecteurs.

Côté usages, ce sera pratiquement toute notre économie qui sera dépendante de l'électricité, avec 26% de la demande électrique pour les seuls véhicules électriques, mais encore pour utiliser notre pompe à chaleur, notre système de refroidissement ou notre chauffage électrique dans un logement à très haute performance.

Enfin, cette transition énergétique nécessitera pour atteindre son but ultime de dépenser 36 trillions de \$ en quarante ans, dont 25,4 pour la seule production d'électricité. D'après cette estimation, notons que les montants investis chaque année seront, au-delà de 2035, supérieurs à ceux des deux décennies précédentes.

### La prolongation de l'électrification, un des moteurs de la transition énergétique

Alors qu'elle s'annonçait porteuse d'innovations à l'époque incroyables comme l'éclairage public tout

d'abord, porteuse aussi de promesses d'une vie aux conditions améliorées, la « fée électricité » a suscité en un siècle une réelle « dépendance » de notre société moderne à ses vertus, comme l'atteste le constat de notre vie d'aujourd'hui...

Cette situation est due aux mérites intrinsèques de cette forme d'énergie : facile à utiliser, disponible (dès lors que le réseau est là), peu chère, souvent très efficace et facilement gérable.

Dans le futur, ses mérites ne devraient pas être démentis, même s'il faudra bien nous résoudre à augmenter son prix, tant pour faire face à de nouvelles charges, que pour intégrer des externalités comme, en priorité, nos émissions de CO<sub>2</sub>.

Une conséquence majeure, illustrée ici par les scénarios issus des recherches de l'AIE (cf supra), est que la transition énergétique se fera d'autant plus facilement que notre recours à l'électricité gagnera en poids relatif par rapport aux autres formes d'énergies finales.

C'est la raison pour laquelle, en contrepoint des actions de maîtrise de notre consommation, nous devons organiser nos efforts selon deux directions :

- décarboner le parc électrique,
- substituer l'électricité à des énergies fortement carbonées au stade de la demande finale.

Parallèlement, il nous restera à inventer et rendre possibles les mutations futures de la production et de la consommation en tant que système. Une des clés résidera dans notre capacité à organiser des réseaux électriques à des échelles très différentes (locales, régionales, nationales et internationales) en interaction avec d'autres réseaux (chaleur, hydrogène, méthane) pour que nos efforts puissent in fine porter leurs fruits et contribuer à la transition énergétique de demain.

<sup>(1)</sup> World Energy Outlook

<sup>(2)</sup> Energy Technology Perspectives