

Quel équilibre futur pour l'offre et la demande d'énergie dans la transition vers un monde neutre en carbone ?

Par Dominique AUVERLOT

Ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES)

et Richard LAVERGNE

Conseil général de l'Économie (CGE)

Le présent numéro des *Annales des mines* a été conçu comme un complément à celui paru en janvier 2019, également dans la série « *Responsabilité & Environnement* », sur le thème « L'économie du nouveau mix électrique ». En élargissant l'analyse à l'ensemble des formes d'énergies et en partant des besoins, il s'agit d'examiner quel est l'approvisionnement disponible et envisageable dans un monde bas carbone, puis de comprendre comment offre et demande peuvent coïncider dans un contexte mondial.

La transition énergétique est supposée contribuer à la neutralité carbone de la France d'ici à 2050, prélude à celle de la planète, dans la seconde moitié de ce siècle. L'adoption à l'horizon de quelques décennies d'un tel objectif de neutralité carbone, en remplacement du facteur 4, a une conséquence importante dans le domaine de l'énergie. Elle nous oblige, comme le souligne Laurent Michel, à annuler quasiment toutes les émissions de ce secteur et à réduire ainsi très fortement notre usage des énergies fossiles. Elle nous conduit dès lors à nous réinterroger sur la place du charbon, du pétrole et du gaz dans notre société. De plus, nous ne pouvons plus nous contenter des actions d'efficacité énergétique classiques qui consistaient, par exemple, à remplacer une chaudière au fuel par une autre plus performante : nous devons aller vers des énergies décarbonées, qu'il s'agisse d'électricité décarbonée, de chaleur renouvelable ou de biomasse issue d'une gestion durable. Outre l'attention qu'il convient de prêter au coût de la transition énergétique et à la nécessité d'accorder la primauté aux solutions les moins coûteuses, Claude Mandil, dans son article, nous rappelle cependant que nous n'avons pas suffisamment exploré la solution de la capture et du stockage du carbone qui permettrait de relâcher (légèrement) la contrainte.

Cette transformation ne peut être spontanée en raison de l'inertie des consommations d'énergie : la modification des comportements et l'adaptation des bâtiments, usines ou infrastructures, en vue de moins consommer d'énergies fossiles, en ligne avec l'objectif de la neutralité carbone, nécessitent des politiques et des mesures ambitieuses, comme l'indique le rapport sur la Stratégie nationale bas carbone.

La Commission « Quinet 2 », réunie par France Stratégie et présidée par Alain Quinet, a publié, en février 2019, un rapport sur la « valeur de l'action pour le climat » – ou « valeur tutélaire du carbone » : il s'agit d'une référence que se donne la collectivité pour évaluer et sélectionner les actions utiles à la lutte contre le changement climatique, qui reflète, d'une part, le chemin à parcourir pour atteindre la neutralité carbone inscrite dans l'Accord de Paris de 2015 et le « Plan Climat » publié par le ministère de la Transition écologique et solidaire en juillet 2017 et, d'autre part, la valeur monétaire que la société française doit accorder aux actions sectorielles et aux investissements publics permettant de converger vers cet objectif, au moindre coût. La valeur tutélaire du carbone ainsi calculée s'élèverait à 250 €/tCO₂ en 2030 et devrait se situer dans une fourchette comprise entre 600 et 900 €/tCO₂ (valeur moyenne de 775 €) à l'horizon 2050.

La valeur de la « composante carbone » incluse dans la fiscalité des carburants est, en 2019, comme en 2018, de 44,60 €/tCO₂. La valeur tutélaire de 250 €/tCO₂ en 2030 ne signifie pas forcément qu'il faille instaurer une taxe carbone de 250 €/tonne à cet horizon, mais que toute action permettant de réduire les émissions et ayant un coût inférieur à 250 €/tCO₂ fait sens pour la collectivité et doit donc être entreprise. Cela peut être le cas, par exemple, d'investissements publics dans des transports collectifs ou d'actions de rénovation thermique des bâtiments.

Comme des centaines de milliards d'euros sont en jeu, la transformation de la société française doit être entreprise avec beaucoup de précaution et de finesse dans l'analyse, afin d'éviter de pénaliser la compétitivité économique et le pouvoir d'achat des ménages, ou de mettre en péril la sécurité d'approvisionnement en énergie qui est un bien essentiel à la

santé, au bien-être, à la culture, à la sécurité, etc., des Français. Ce numéro des *Annales des mines* vise à identifier les meilleures pistes actuelles, tant en matière de demande que d'offre d'énergie, et à mettre en évidence les écueils possibles.

La première partie de ce numéro traite de l'évolution des principaux facteurs de notre consommation énergétique (transport, chauffage, industrie...) au regard de cette transition vers un monde neutre en carbone : elle permet d'illustrer ce basculement des énergies fossiles vers des énergies décarbonées qui devrait constituer un marqueur du secteur énergétique des trente prochaines années. Compte tenu de l'électrification supplémentaire de certains de ces usages mais aussi des efforts renforcés d'efficacité énergétique, cette transition conduit naturellement à se poser la question du devenir de la consommation électrique en France. Les perspectives diffèrent selon les modélisateurs : certains mettent l'accent sur les économies potentielles d'énergie (à l'instar de celles déjà obtenues pour l'éclairage, en passant des lampes à incandescence aux LED), alors que d'autres soulignent l'importance que prendront les nouveaux usages : technologies nouvelles et services nouveaux de l'information et de la communication, mobilité électrique, etc.

Dans tous les cas, le système électrique sera profondément transformé : la limitation nécessaire de la pointe de la demande (notamment pour la recharge des véhicules électriques) nous obligera à transmettre au consommateur un signal prix suffisamment différencié suivant les heures de la journée pour qu'il ajuste de lui-même, ou grâce à des logiciels efficaces, sa consommation durant la journée. Plus fondamentalement, nous devons probablement abandonner l'idée d'un marché de gros de l'électricité suffisamment rémunérateur pour que les acteurs privés développent de nouvelles installations. Dans cette hypothèse, ce serait logiquement à la puissance publique de déterminer, en s'appuyant sur une vision globale du système énergétique, les installations de production d'électricité dont le pays aura besoin à l'avenir – et de mettre en place les dispositifs permettant d'assurer leur rentabilité (en cherchant à diminuer le risque financier pour en abaisser les coûts). La vision européenne des années 1990 d'une économie de marché régissant le système électrique pourrait donc s'effacer en partie devant le retour des États.

Les opportunités et les menaces se conjuguent pour l'industrie française, comme pour les autres pays industrialisés : des dynamiques vers l'électricité et son stockage ou vers l'usage de la biomasse, voire le développement de l'hydrogène, se manifestent partout dans le monde, mais l'Europe paraît à la traîne par rapport aux industries des États-Unis ou de la Chine. Les émissions de gaz à effet de serre « territoriales » par habitant en Europe sont sensiblement inférieures à la valeur de « l'empreinte carbone » qui intègre le contenu carbone des importations. Les transports et le chauffage, ainsi que la climatisation, devraient représenter les domaines prioritaires de l'action des pouvoirs publics, surtout dans les pays où la production d'électricité est d'ores et déjà quasi décarbonée, comme c'est le cas en France. Malheureusement, hormis le soutien apporté à la création d'une filière européenne des batteries, qui reste à confirmer, la réalité montre souvent un « saupoudrage » des mesures au détriment de leur efficacité.

La deuxième partie de ce numéro est consacrée à l'évolution du mix énergétique, à partir de l'offre, en s'attachant notamment au nécessaire déclin des énergies fossiles qui doivent autant que possible « rester sous terre », selon l'expression consacrée. Un monde neutre en carbone est un défi pour les grandes compagnies internationales du charbon, du pétrole ou du gaz, mais aussi pour certains pays plus attachés que d'autres à la production de ces énergies, comme la Russie, l'Allemagne ou la Pologne. Comment ne pas souligner le contraste qui existe entre les projections faites par les secteurs pétrolier et gazier qui envisagent une consommation mondiale d'hydrocarbures, en 2040, proche de celle d'aujourd'hui, et la volonté de ne pas dépasser une augmentation de la température de la planète de 2°C, voire de 1,5°C, qui implique au contraire une diminution notable de cette consommation ? Les « émissions négatives » pourront-elles un jour atténuer cet écart ? Peut-on reprocher aux compagnies pétrolières et à l'Agence internationale de l'énergie (AIE) – dont le directeur exécutif, Dr. Fatih Birol, nous a fait l'honneur de préfacier le présent numéro – de chercher les moyens de répondre, à un horizon de 15-20 ans, à divers scénarios de demande d'énergie, afin d'éviter des crises d'approvisionnement ?

Ces compagnies établissent en effet certaines de leurs projections sur la base des engagements actuels – notablement insuffisants – des États, au risque d'aboutir à des *stranded assets* (coûts échoués) si la consommation d'hydrocarbures baissait comme le demandent la plupart des scientifiques : cette attitude peut être jugée comme « prudente » du point de vue d'entreprises visant à satisfaire leurs clients, mais « imprudente » en termes de climat. Dans un contexte mondial incertain, assisterons-nous en France à la baisse notable – et souhaitable – de la consommation de pétrole et de gaz, nécessaire à la réalisation de la neutralité carbone ? Le nucléaire, l'électricité d'origine renouvelable, le biogaz ou le CCUS (captage, stockage et utilisation du carbone) figurent parmi les solutions les plus souvent citées. Alliées à l'efficacité énergétique, à la gestion intelligente des réseaux et au stockage de l'électricité, elles permettraient d'envisager de façon positive l'avenir énergétique de la planète.

Enfin, dans une troisième partie, sont examinés les enjeux géopolitiques, les défis et les solutions développées hors de l'Europe, là où la demande d'énergie croît le plus vite. Les transformations en cours du mix énergétique modifient la donne géopolitique mondiale, mais ne rendent pas l'équation moins simple pour les futurs décideurs politiques, car la diversité des situations et des dépendances restera tout aussi forte. L'histoire moderne de l'énergie, depuis le début du XX^e siècle, a été riche en innovations et en crises, et il est probable que l'avenir ne sera pas en reste. Olivier Appert souligne ainsi que les conflits géopolitiques entre États liés à l'accès à l'énergie devraient perdurer, mais que le rôle croissant

des acteurs non étatiques et l'accès aux technologies indispensables pour permettre cette transition devraient introduire de nouvelles dimensions dans la géopolitique de l'énergie.

La lutte contre le changement climatique et la prise en compte des autres préoccupations environnementales (qualité de l'air, biodiversité...) constituent indéniablement une priorité mondiale, mais les autres piliers du « trilemme énergétique », que sont l'accès à l'énergie et la précarité énergétique, la compétitivité industrielle, la sécurité d'approvisionnement, l'impact sur le pouvoir d'achat des ménages et leur bien-être, en constituent d'autres à ne pas négliger. Joël Ruet évoque une lecture technologique et démographique de l'énergie en soulevant la question du rôle de la Chine et de l'Inde comme ateliers du monde d'une planète en lutte contre le changement climatique. Enfin, Tatiana Mitrova et Yuriy Melnikov nous interpellent sur le fait que la politique énergétique actuelle de la Russie se concentre d'abord et avant tout sur les questions technologiques, plutôt que sur la décarbonisation, et appelle à l'élaboration d'une vision stratégique de long terme.

Le choix éditorial qui a présidé à la mise au point de ce numéro, distingue donc trois parties :

- la consommation finale d'énergie qui va voir se développer de nouveaux usages et de nouveaux comportements, en France et dans le monde ;
- l'offre d'énergie qui illustre l'affrontement entre les « énergies du passé » et les énergies décarbonées du présent et du futur ;
- l'équilibre offre-demande sur le long terme ou la géopolitique de l'énergie sur le chemin vers la neutralité carbone.

Devant ce défi que représente la neutralité carbone, les coordonnateurs de ce numéro n'ont pas voulu privilégier une solution unique qui s'imposerait à tous. Ils ont préféré, dans toute la mesure du possible, présenter la diversité des points de vue. Ils remercient les nombreux auteurs pour la qualité de leur contribution et ils souhaitent avoir facilité la compréhension des débats en cours, souvent passionnés, ainsi que celle des défis à relever sur des questions essentielles, mais controversées.