

## La transition énergétique entre injonctions politiques et déficit prospectif

Olivier Appert

N°5 | février 2021

La transition énergétique est devenue une thématique politique majeure. Les mesures mises en œuvre doivent être abordées de façon systémique dans une vision de long terme intégrant les trois dimensions du développement durable : économique, sociale et environnementale. Il faut éviter de se lancer dans des solutions dispendieuses dont l'efficacité est douteuse. La prospective énergétique est indispensable pour déterminer les évolutions souhaitables et celles qui sont aléatoires tant au plan technique, économique ou sociale.

Working Papers Series

# La transition énergétique entre injonctions politiques et déficit prospectif

Olivier Appert

Février 2021

## L'auteur

Olivier Appert, ingénieur général des mines membre de l'Académie des technologies, conseiller du centre énergie de l'IFRI, a été président d'IFP Energies Nouvelles et du Conseil Français de l'Énergie. Sa carrière a été consacrée à l'énergie et la technologie tant au niveau national qu'international.

## Le Centre de prospective générale

Le Centre de prospective générale, créé le 6 janvier 2016, a pour objet, en séparant l'exercice prospectif de toute préoccupation opérationnelle, d'établir une vision de préférence globale de tout ou partie d'un domaine, vision de laquelle des réflexions et des exigences opérationnelles peuvent ensuite venir puiser.

## Citer ce document

Olivier Appert, *La transition énergétique entre injonctions politiques et déficit prospectif*, FMSH-Pro prospective-2021-5.

© Fondation Maison des sciences de l'homme - 2021

Fondation Maison des sciences de l'homme  
54, boulevard Raspail  
75006 Paris - France

[www.fmsch.fr](http://www.fmsch.fr)

Les opinions exprimées dans cet article n'engagent que leur auteur et ne reflètent pas nécessairement les positions institutionnelles de la Fondation MSH.

The views expressed in this paper are the author's own and do not necessarily reflect institutional positions from the Foundation MSH.

## Résumé

La transition énergétique est devenue une thématique politique majeure. Les mesures mises en œuvre doivent être abordées de façon systémique dans une vision de long terme intégrant les trois dimensions du développement durable : économique, sociale et environnementale. Il faut éviter de se lancer dans des solutions dispendieuses dont l'efficacité est douteuse. La prospective énergétique est indispensable pour déterminer les évolutions souhaitables et celles qui sont aléatoires tant au plan technique, économique ou sociale.

## Sommaire

Les déterminants de la transition énergétique	5
Les fausses solutions	7
Les pistes à privilégier	8
Références	12

*L'ignorant affirme, le savant doute, le sage réfléchit - Aristote*

La transition énergétique est devenue au fil des années une thématique politique majeure. La dimension environnementale du changement climatique est prépondérante dans les débats. Elle se résume trop souvent à deux slogans simples : « Sauvons la planète » et « Neutralité carbone en 2050 ». On parle d'urgence climatique. C'est dans l'air du temps comme aimait à le rappeler le prospectiviste Jacques Lesourne. Ce sentiment d'urgence partagé notamment par les jeunes générations dans les pays industrialisés conduit à se lancer à corps perdu dans des solutions dispendieuses et inefficaces, sans prendre le temps d'analyser rigoureusement les contraintes techniques, économiques, sociales et géopolitiques qui ralentissent les transitions. Telle solution est présentée comme une panacée qui règlera tous les problèmes. Il suffit d'augmenter le coût des gaz à effet de serre dont le CO<sub>2</sub> : mais on se heurte à l'opposition des consommateurs qui souhaitent sauver leur fin de mois (phénomène gilets jaunes) et aux difficultés de construire un consensus mondial au fil des COP. On investit massivement dans le solaire ou l'éolien : mais c'est coûteux, ne concerne que l'électricité et se heurte à une opposition croissante des riverains. Aujourd'hui l'hydrogène est dans l'air du temps.

Les États, les collectivités locales, les entreprises se fixent des objectifs ambitieux. Mais ces objectifs n'ont de sens que si on les accompagne d'un plan d'action pertinent à la fois aux niveaux techniques, économiques et sociétaux : on se donne des objectifs en recherchant a posteriori les moyens d'y parvenir. On constate que les objectifs ont peu de chances d'être atteints : aussi on renforce les objectifs. Ainsi l'Union Européenne constatant qu'on n'atteindrait pas les objectifs de neutralité carbone en 2050 décide de porter l'objectif de réduction en 2030 des émissions de gaz à effet de serre (GES) à 55%, par rapport à 1990 (fixé antérieurement à 40%) sans préciser les moyens pour atteindre ces objectifs ni les coûts afférents. On rentre dans un cercle vicieux : quand on

met la barre trop haute, on est sûr de passer en dessous !

Pour fixer ces objectifs on s'appuie sur des prévisions à très long terme. Mais trop souvent le modèle utilisé est une boîte noire confidentielle et les hypothèses de base ne sont pas précisées (1). On ne donne que les résultats des simulations (2). Quiconque a utilisé des modèles sait qu'un changement minime des conditions de départ conduit à des résultats très divergents surtout dans le cas d'horizons lointains, 2050 ou 2100. Le GIEC fait un grand nombre de simulations à partir d'hypothèses de base différentes mais in fine les politiques ne retiennent qu'un seul scénario.

Il est important de se livrer à un exercice de prospective mettant en lumière les variables clé et les tendances lourdes afin de déterminer les évolutions souhaitables et celles qui sont aléatoires ou dangereuses.

## Les déterminants de la transition énergétique

La notion de transition énergétique recouvre suivant les régions des objectifs différents : si en Europe il s'agit de réduire drastiquement les émissions de CO<sub>2</sub>, aux États Unis, la transition se limite pour beaucoup à remplacer le charbon par le gaz dans la production d'électricité, alors que dans les pays en développement la priorité est donnée à l'accès à une énergie moderne rapidement disponible et à bas coûts pour satisfaire les besoins de base d'une population croissante.

La transition énergétique doit être abordée dans le contexte global du développement durable qui a été défini dans le rapport préparé pour l'ONU en 1987 par Mme Brundtland, à l'époque première ministre de Norvège. Le développement durable comporte trois dimensions indissociables : l'économie, le social et l'environnement. Pour sa part le World Energy Council développe le concept du Trilemme qui souligne les trois objectifs principaux d'une politique énergétique : sécurité énergétique, équité énergétique et durabilité environnementale. Trop souvent les deux premières dimensions sont sous-estimées au profit de la seule dimension environnementale. Ce concept du

développement durable a été précisé par les Objectifs du Développement Durable (ODD) adoptés récemment par l'ONU.

Dans une approche de développement durable on ne doit pas sous-estimer les enjeux économiques. Le déploiement de nouvelles technologies implique des investissements lourds et des coûts élevés qui pèsent sur les particuliers, les entreprises et l'État. Ainsi les subventions accordées au solaire et à l'éolien se montent en France environ à 5 milliards d'€/an et à 25 milliards d'€/an en Allemagne. Il est indispensable aussi de veiller à la compétitivité de notre industrie.

La crise des gilets jaunes nous a rappelé douloureusement la dimension sociale de la transition énergétique. Cette crise a été déclenchée par une augmentation limitée de la taxe CO2 sur les carburants : sauver la fin du mois est apparu plus urgent que sauver la planète à la fin du siècle. De même le déploiement de nouvelles technologies se heurte à une opposition croissante des populations comme on le constate pour l'éolien à terre. C'est ce que nos collègues anglo-saxons appellent le complexe du NIMBY (*Not In My Back Yard*) ou du BANANA (*Build Absolutely Nothing Anywhere Near Anybody*). Ces déterminants de la transition énergétique introduisent des contraintes qui doivent toutes être prises en compte. Malheureusement ces contraintes sont difficilement compatibles dès lors qu'on recherche des scénarii cohérents avec les trois dimensions du développement durable.

Le système énergétique est en évolution continue dès l'origine sur un rythme séculaire. Au XVIII<sup>e</sup> siècle, la biomasse représentait l'essentiel du mix énergétique. Le charbon a émergé au XIX<sup>e</sup> siècle, puis le pétrole, le gaz, le nucléaire et plus récemment les énergies renouvelables. Cette transition s'est faite dans le temps long car le système énergétique présente une grande inertie. Ainsi le taux de renouvellement dans le secteur résidentiel est de l'ordre de 100 ans, les centrales électriques sont construites pour durer 50 ans. Cette inertie est illustrée par les projections faites par l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) (3) : dans son scénario qui prend en compte l'ensemble des politiques déjà décidées (*Stated Policies Scenario*

- SPS), la part des combustibles fossiles serait encore de 72% en 2040, à comparer à 80% en 2019. Dans un scénario plus ambitieux (*Sustainable Development Scenario*), la part serait encore de 56% en 2040.

Il faut aussi prendre en compte le lien étroit entre croissance économique et consommation d'énergie. La croissance de la population et du niveau de vie de nombreux pays pèse sur la consommation d'énergie : ainsi d'après l'AIE (scénario SPS) d'ici 2040 la consommation d'énergie de l'Amérique du Nord et de l'Europe devrait baisser de 22% alors qu'elle devrait croître de 38% dans le reste du monde.

Les défis de la transition énergétique sont mondiaux et à long terme comme le montrent les rapports du GIEC. Mais elle présente aussi des défis locaux et à court terme comme le montrent les interrogations actuelles sur la sécurité d'approvisionnement électrique.

Il ne faut pas oublier aussi la dimension géopolitique de l'énergie. Comme le disait André Giraud, ministre de l'Industrie puis de la Défense, « le pétrole a un contenu diplomatique et militaire important, une valeur fiscale indéniable et accessoirement un pouvoir calorifique ». C'est vrai pour le gaz mais aussi pour les énergies renouvelables. Les technologies de la transition énergétique dépendent de ressources localisées dans un nombre limité de pays, par exemple la Chine pour les terres rares et le raffinage de métaux critiques ou la République démocratique du Congo pour le cobalt. La Chine dispose d'un quasi-monopole pour les cellules photovoltaïques ou pour les batteries (4).

Enfin il faut rappeler que la France ne représente que 2% de la consommation énergie mondiale et 1% des émissions. En ce sens nous sommes parmi les pays les plus vertueux du monde, en partie grâce au nucléaire. L'EU ne pèse que 9% des émissions mondiales et sa part baisse régulièrement. La Chine, les États Unis, l'Inde, la Russie et le Brésil représentent 55% des émissions mondiales de GES. Le monde entier va-t-il suivre notre exemple ? Les progrès constatés COP après COP vers une mobilisation mondiale ne sont clairement pas à la hauteur des défis. Cependant l'élection de Joseph Biden et les

récentes annonces du président chinois sont des événements qui peuvent relancer les négociations.

La pandémie qui frappe le monde entier est à l'évidence un « *game changer* » majeur. Elle a eu un impact considérable sur le secteur de l'énergie. C'est le choc le plus important depuis la seconde guerre mondiale. La consommation d'énergie a baissé en 2020 de 5% soit 7 fois plus que lors de la crise financière et économique de 2008-2009. Les investissements ont diminué de 20%. Il est difficile aujourd'hui d'évaluer ses conséquences à long terme, notamment en ce qui concerne les modes de consommation. L'Agence internationale de l'énergie (AIE) estime que la demande d'énergie mondiale d'ici 2030 croîtrait de 4 à 9% en fonction des scénarios de sortie rapide ou non de la crise à comparer à des prévisions l'an dernier à hauteur de 12% (3). La baisse de la demande pèsera sur les prix des énergies fossiles et donc pénalisera la rentabilité des investissements en faveur de la décarbonation des économies. On peut aussi anticiper une plus grande volatilité des prix due à la baisse des investissements en 2020 qui crée des incertitudes sur la rentabilité des investissements à long terme. La consommation de charbon va diminuer, sa part dans la production d'électricité passant de 37% à 28% en 2030 dans le scénario le plus optimiste. Le pic de la consommation mondiale de pétrole pourrait être atteint d'ici une dizaine d'années. La place du gaz dans le mix énergétique est questionnée. Les divers plans de relance prévoient un effort significatif en faveur de la transition énergétique, mais cela renforce les interrogations sur la sécurité du système électrique compte tenu de la part croissante des énergies intermittentes. Les enjeux des réseaux électriques, et du stockage d'électricité, deviennent centraux. Et il ne suffit pas de se contenter de décarboner le mix électrique. Il convient aussi de porter les efforts sur les secteurs du transport, de l'industrie, et du bâtiment.

D'ores et déjà nombre d'entreprises énergétiques ont adapté leur stratégie à ce nouveau contexte : c'est notamment le cas de majors du secteur pétrolier tels que Total, Shell, BP ou Equinor.

## Les fausses solutions

Dans les débats sur la transition énergétique fleurissent des solutions miracles qui vont régler tous les problèmes. La technologie peut tout ou presque : encore faut-il qu'il y ait un business qui permette aux acteurs d'investir. Par ailleurs le progrès technique ne se décrète pas : comme le disait Michel Rocard, « on ne fait pas pousser l'herbe en tirant dessus ». Il faut éviter de confondre une technologie qui est au niveau initial de recherche en laboratoire et les technologies qui peuvent se déployer et dans lesquelles les acteurs peuvent investir. Quelques exemples sont illustratifs.

Depuis l'émergence de l'énergie nucléaire dans les années 60, la fusion a été présentée comme une énergie d'avenir inépuisable et non polluante. Hélas peu de progrès ont été faits depuis. Certes le pilote ITER à Cadarache est en construction depuis 2007, mais la faisabilité technique n'est pas assurée à ce jour et la rentabilité économique de la filière n'est pas acquise : ce n'est pas avant des dizaines d'années qu'on peut imaginer un déploiement de cette filière dans des conditions techniques et économiques acceptables.

La captation directe du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère est aussi souvent avancée (DAC - *Direct Air Capture*). C'est techniquement possible, mais la très faible concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère (environ 400 ppm à comparer à environ 20% à la cheminée des centrales thermiques) conduit à une consommation d'énergie considérable et à des coûts astronomiques. Et pourtant en Californie des aides financières sont accordées à ce type de projets.

On peut citer aussi le projet de Route solaire lancé par Ségolène Royal quand elle était ministre de l'Environnement. Il s'agissait d'installer des panneaux solaires sur les routes pour produire de l'électricité livrée au réseau. Elle voulait lancer un appel d'offre de milliers de kilomètres. Après un premier test sur un km, il est apparu qu'un tiers de la route devait être remplacé au bout d'un an.

Les remèdes miracles font l'objet de modes relayées fortement par les réseaux sociaux. Le véhicule électrique a fait l'objet d'un

emballage médiatique à plusieurs occasions ces dernières décennies. Il est vraisemblable que cette solution va se déployer aujourd'hui parce qu'elle offre un business model profitable, du moins pour certains usages grâce notamment aux mesures fiscales et financières en place. Il en est de même des biocarburants qui au début du siècle ont été présentés comme la panacée universelle. On s'est rendu compte que le déploiement à large échelle de cette technologie se heurtait à des obstacles économiques, sociaux et environnementaux divers et on est revenu maintenant à une approche plus raisonnable. L'hydrogène fait l'objet à nouveau d'un enthousiasme de par le monde. Ce n'est pas la première fois que cela se passe. Jules Verne y fait déjà allusion en 1874 dans *L'île mystérieuse*. De nombreux projets se sont développés après le premier choc pétrolier de 1973. L'évolution du contexte énergétique et climatique permettra-t-elle à cette filière de se développer (5) ? Telle est la question que pose l'AIE dans un récent rapport. On ne doit pas sous-estimer les défis en matière de coût mais aussi de sécurité. Sur ce dernier défi on doit rappeler que l'hydrogène est un produit chimique dangereux qui fait l'objet de précautions importantes dans les installations industrielles qui le manipulent.

D'autres avancent aussi le mythe de la décroissance. On peut s'interroger sur le réalisme de ce genre de slogan qui est lancé sans propositions de solutions et de programmes de mise en œuvre et sans évaluation de l'impact sur les populations.

### Les pistes à privilégier

Il est hors de propos de suggérer un scénario global. En revanche, il est nécessaire de mettre en évidence les diverses pistes qui sont à privilégier en tirant les enseignements des politiques passées.

Trop souvent la transition énergétique se réduit à un développement massif du solaire et de l'éolien. Il ne faut pas oublier les autres énergies renouvelables. Celles-ci représentaient en 2018 15% de la consommation d'énergie primaire de l'Union européenne des 27 (6). L'éolien contribue pour seulement 12,4% de la consommation totale d'énergies renouvelables et le solaire photovoltaïque,

4,3% à comparer à la biomasse (59,8%) et l'hydroélectricité (13,3%). Si le potentiel de croissance de l'hydroélectricité est limité en Europe, en revanche le potentiel de la biomasse est important, en particulier pour le chauffage, mais aussi pour les biocarburants et le biométhane.

Une des certitudes pour l'avenir est que la contrainte climatique devrait entraîner une augmentation massive de la part de l'électricité dans la consommation finale d'énergie (qui se situe actuellement aux alentours de 25% en Europe) et une décarbonation des usages non "électrifiables". Il n'en est que plus désolant de constater l'indifférence, l'ambiguïté, voire l'opposition de l'opinion et des dirigeants pour deux outils essentiels de ce double mouvement : le nucléaire et le captage et stockage du CO<sub>2</sub> (*Carbon Capture and Storage-CCS*). Comme l'a souligné à nouveau l'AIE dans son dernier *World Economic Outlook 2020* ces deux technologies décarbonnées sont indispensables pour relever les défis de la transition énergétique au niveau mondial. Il convient de méditer un sondage récent effectué par l'IFOP qui indique que 80 % de nos jeunes de moins de 24 ans pensent que le nucléaire est davantage émetteur de CO<sub>2</sub> que le charbon : ceci montre l'ampleur des efforts de communication à engager et de cohérence de la part des responsables politiques et gouvernementaux.

Les politiques de décarbonation des économies portent trop souvent sur les seules émissions de CO<sub>2</sub>. En fait, il faut réduire l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre (GES). Or le CO<sub>2</sub> représente 75% des émissions de gaz à effet de serre. Il faut aussi se préoccuper des 25% restants. C'est en particulier le cas du méthane qui a un effet de serre par unité de volume 30 fois supérieur au CO<sub>2</sub>.

L'efficacité énergétique est à l'évidence une « *no regret strategy* » (stratégie « sans regret ») : la meilleure énergie est à l'évidence celle qu'on ne consomme pas. Mais cela suppose une prise de conscience et une mobilisation de chacun. Cela implique aussi des changements de comportement pour avoir des modes de consommation plus sobres.



Les enjeux sont particulièrement importants dans les secteurs de la chaleur et du froid et du transport qui représentent respectivement 46,5 % et 30,5 % de la consommation d'énergie finale de l'UE 27 (6). Dans ces secteurs, l'amélioration de l'intensité énergétique provient en partie du renouvellement des équipements (nouvelles constructions de bâtiments ou remplacement de véhicules anciens par des véhicules plus performants). Le rôle des normes est déterminant. Mais leur impact sur la consommation d'énergie et les émissions de CO<sub>2</sub> prend du temps compte tenu des délais de renouvellement du parc : environ 100 ans pour les bâtiments et 15 ans pour les véhicules individuels.

La rénovation des « passoires thermiques » a fait l'objet depuis plusieurs années de plans ambitieux. Malheureusement les objectifs de rénovation n'ont jamais été atteints. La rénovation des bâtiments est en effet coûteuse et le temps de retour est long (10 à 20 ans, même plus). Une étude récente sur le bilan des efforts de rénovation en Allemagne tire le signal d'alarme (7). Ce pays a investi depuis 2000 plus de 340 milliards d'€ dans la rénovation énergétique des bâtiments. Après une hausse significative de la consommation d'énergie avant 2000, celle-ci a baissé légèrement, mais semble stagner depuis 2010. Les critiques invoquent régulièrement « l'effet rebond » : les gains générés par une meilleure performance du parc sont réduits voire annulés par une augmentation des usages (hausse du chauffage par exemple). Pour accompagner cette politique de rénovation, le gouvernement français a mis en place en 2005 le dispositif des certificats d'économie d'énergie qui incite les fournisseurs d'énergie à promouvoir les économies d'énergie auprès de leurs clients. Le montant de ces certificats se monte aujourd'hui à environ 4 milliards d'€ par an. Ce dispositif vient de faire l'objet d'une évaluation par l'ADEME (8). Elle souligne le manque de stabilité du système, l'importance des fraudes et malversations. Les économies réelles et imputables au dispositif ne représentent que 47% des économies comptabilisées par le système. Il faut aussi souligner l'insuffisance de la structuration de l'offre qui provient essentiellement d'entreprises artisanales. Face à ces difficultés certains s'interrogent si la méthode la plus

efficace ne serait pas de détruire purement et simplement ces bâtiments !

Les transports sont le secteur qui doit faire l'objet d'une attention particulière compte tenu de leur importance dans la consommation d'énergie. Le véhicule électrique représente une option mise en avant dans de nombreux pays. Il en est de même ces derniers temps des véhicules à hydrogène. Si l'électricité ou l'hydrogène sont produits à partir d'électricité décarbonnée, cette option répond à l'objectif de décarbonation du transport : c'est le cas en France, mais pas en Chine ou en Pologne. Il faut rappeler que les normes européennes sont calculées du réservoir à la roue (*Tank to wheel*) et non du puits à la roue (*Well to wheel*) : elles ne prennent donc pas en compte le mix énergétique des pays. Ainsi en Pologne un véhicule électrique émet plus de CO<sub>2</sub> qu'un véhicule thermique qui respecte les normes les plus récentes même si la pollution urbaine est réduite. Réduire l'approche du secteur transport aux seuls types de motorisation est insuffisant. Il faut avoir une approche globale de la mobilité quel que soit le mode de transport. Les solutions à mettre en œuvre pour les agglomérations denses et pour les campagnes isolées ne sont pas les mêmes. À noter que les aires urbaines représentent 80% des émissions du secteur transport et 2% seulement pour les centres urbains (9). La lutte contre le changement climatique est mise en avant dans les politiques mises en œuvre. Mais il ne faut pas oublier que dans les aires urbaines la lutte contre les pollutions et les nuisances liées au transport est un enjeu beaucoup plus important pour les citoyens. Il est nécessaire aussi de différencier les transports de personne et ceux de marchandises, sans oublier l'enjeu du « dernier kilomètre ». 75% des actifs utilisent leur voiture pour se rendre au travail. De plus, on a constaté depuis 50 ans une déconnexion croissante entre le lieu d'habitation et le lieu de travail. Il est impératif de traiter les composantes de la mobilité dans une approche système : système de transport, système de localisation et système d'activité. Il convient de traiter chaque sous système. Il est ainsi indispensable d'articuler les politiques de transport et d'urbanisme en reliant la construction de logements et commerces à l'extension et la construction de lignes de

transport publics comme cela se fait à Singapour. On peut agir sur le système d'activité en envoyant un signal prix en faveur de la mobilité électrique. On peut aussi favoriser le télétravail. Lors des confinements le télétravail a en effet conduit à une baisse importante des déplacements domicile/travail. Cependant des études récentes montrent un effet rebond avec un accroissement des autres déplacements. Le bilan global reste à établir.

Les énergies renouvelables intermittentes (solaire, éolien) se sont développées rapidement en Europe grâce notamment à des incitations financières coûteuses (25 milliards d'€/an en Allemagne). Il faut rappeler qu'elles ne concernent que la décarbonation du système électrique qui ne représente que 20% à 25% du mix énergétique. Cette croissance a été favorisée par une baisse importante des coûts liée à des progrès technologiques mais aussi par un effet de volume. Le développement des énergies intermittentes doublée d'une baisse des capacités de production d'électricité pilotable (centrales thermiques) soulève une interrogation sur la stabilité du système électrique afin d'éviter des *black-out*. Compte tenu du caractère variable de la demande tant au niveau journalier que saisonnier, il est indispensable de réaliser en temps réel l'adéquation entre l'offre et la demande. C'est un message important des divers rapports de l'AIE depuis trois ans. Or l'électricité se stocke difficilement. L'hydroélectricité représente aujourd'hui l'essentiel des moyens de flexibilité avec l'effacement de la demande des industriels. Diverses technologies sont envisagées (batteries, air comprimé, hydrogène, *vehicule to grid...*) mais leur rentabilité doit être examinée avec attention. La croissance de la part de l'électricité dans le mix énergétique rappelée plus haut renforce l'importance de l'enjeu de la flexibilité du secteur électrique. Enfin, il y a deux autres défis majeurs : l'acceptabilité sociale, et le renforcement des réseaux électriques.

Les économistes promeuvent un signal prix afin de guider les investissements. Mais là aussi on est loin du compte. Il est nécessaire de donner un signal prix sur le long terme qui permette aux acteurs d'investir sur des projets dont les durées d'amortissement sont longues. En Europe, l'introduction

d'un système d'échange des quotas d'émission (*European Trading System ETS*) est une bonne initiative. Mais les prix sur ce marché sont restés pendant longtemps très bas (ils sont cependant montés à plus de trente euros la tonne récemment suite à l'accord sur le nouvel objectif européen de réduction des émissions de 55% en 2030) : ils sont aussi très volatils et ne constituent pas un signal long terme propice aux investissements de long terme du secteur énergétique. Il convient d'aménager à nouveau le dispositif et de l'élargir éventuellement à d'autres secteurs. On pense aussi à une taxation du CO<sub>2</sub>. Mais il faut s'assurer que cette augmentation du prix du CO<sub>2</sub> sera acceptée par les acteurs économiques et ne conduira pas à une distorsion de concurrence au détriment de nos entreprises. L'instauration d'une taxe aux frontières de l'UE reste une perspective intéressante qui soulève cependant de nombreuses interrogations : sa compatibilité avec les règles de l'OMC doit être assurée, elle se heurte à de nombreuses oppositions au sein de l'Union Européenne et peut conduire à la mise en place de mesures de représailles de la part de nos partenaires commerciaux. L'instauration d'un prix du CO<sub>2</sub> au niveau mondial reste une perspective encore plus lointaine. Cependant ce sont des pistes qu'il faut poursuivre.

La transition énergétique coûtera cher. Il est impératif d'évaluer de façon précise les coûts des politiques mises en œuvre. Que penser de la réponse du responsable de l'élaboration de la Stratégie Nationale Bas Carbone à qui il était demandé si des analyses économiques avaient été faites : « le coût de ne rien faire est infiniment supérieur à tout ce qu'on peut envisager ». Toutes les technologies n'ont pas le même coût et ne génèrent pas les mêmes bénéfices. Il conviendrait de disposer d'une matrice des coûts de chaque technologie et de leur impact au sein d'un système et d'une trajectoire donnée. Ce type d'approche est courant dans les entreprises et est adopté par certains pays : la matrice permet alors de mettre en œuvre d'abord les mesures les plus efficaces et donc de réduire les coûts pour un objectif fixé ou d'avoir des objectifs plus ambitieux pour un coût donné.

Le protocole de Kyoto adopté en 1997 recommandait la mise en œuvre en parallèle

de mesures pour réduire les émissions de gaz à effet de serre mais aussi pour s'adapter au changement climatique. Au fil des années l'impératif d'adaptation a été négligé. Fort heureusement le sujet a été abordé à nouveau depuis la COP 21 en 2015: ainsi les mesures d'adaptation prises par les États doivent être incluses dans les contributions qu'ils ont à soumettre (INDC *Intended Nationally Determined Contribution*). En effet, on constate certains phénomènes météorologiques que plusieurs scientifiques attribuent au changement climatique : tempêtes, inondations... D'ores et déjà des entreprises se préoccupent de la résilience de leurs installations vis-à-vis de phénomènes extrêmes. L'adaptation doit être pleinement partie prenante des politiques de transition énergétique mises en œuvre. Le protocole de Kyoto proposait aussi divers mécanismes flexibles auxquels les pays développés peuvent recourir pour réduire leurs émissions comptabilisées : le commerce des droits d'émission, la mise en œuvre conjointe et le mécanisme de développement propre. Ces mécanismes permettent aux pays développés d'investir dans les pays où la rentabilité des investissements est la meilleure en €/t CO<sub>2</sub>, et de bénéficier en contrepartie de crédits d'émissions. Un Fonds Vert pour le Climat a été créé en 2009 lors de la COP de Copenhague et formalisé à Cancun l'année suivante. C'est un des vecteurs de la mobilisation des 100 milliards de \$/an d'ici 2020. Le récent rapport de l'OCDE sur le financement climatique dresse un bilan complet (10). Ces financements ont atteint en 2018 78,9 milliards de \$ dont 62,2 milliards de \$ d'aide publique essentiellement sous forme de prêts (74%). Les financements en faveur de l'adaptation ne représentent que 20 à 25% des investissements alors que l'urgence climatique est là pour nombre de pays en développement. À noter qu'un rapport du Programme des Nations Unis pour l'Environnement (PNUE) en 2016 estimait les besoins d'adaptation à 140 à 300 milliards de \$/an d'ici 2030. On peut s'interroger sur l'impact qu'aura la pandémie sur la mobilisation de ces fonds dans les années à venir.

Il ne faut pas oublier la dimension macro-économique de la transition énergétique. En effet les taxes sur les produits énergétiques contribuent en France à l'équilibre

des comptes de l'État et des collectivités territoriales. La TICPE représentait en 2017 30,5 milliards d'G€ hors TVA, soit 5% des impôts et 3% des prélèvements obligatoires. La baisse de la consommation d'énergies fossiles se traduira par une baisse des recettes fiscales. Cela affectera en particulier les régions et départements qui ont recueilli 12,1 milliards d'G€ en 2017 à ce titre.

La technologie n'apportera pas à elle seule la solution à tous les problèmes, mais elle peut indéniablement y contribuer. Il est donc nécessaire de maintenir des efforts en matière de recherche/développement, tant en ce qui concerne la réduction des émissions que l'adaptation au changement climatique. Face à l'urgence climatique, il faut miser sur les technologies matures qui peuvent porter leurs fruits rapidement. Les efforts doivent porter en priorité sur la réduction des coûts et l'acceptabilité par les populations des nouvelles technologies. Une vision système doit être développée afin d'éviter des approches en silo. Il faut favoriser les synergies entre les différents vecteurs énergétiques. Ainsi le gaz ou la chaleur peuvent participer à la flexibilité du système électrique. De même l'électricité peut contribuer à l'approvisionnement énergétique d'autres secteurs (gaz de synthèse, e-fuels)... L'objectif de ces développements technologiques doit être à la fois de favoriser les usages mais aussi de renforcer la compétitivité de nos entreprises industrielles pour éviter de renouveler l'exemple de l'énergie photovoltaïque et au contraire créer des emplois en France.

Enfin il est indispensable d'engager un effort de transparence et de formation afin d'assurer l'adhésion des populations vis-à-vis des mesures prises. Cette action est d'autant plus nécessaire dans le contexte actuel des fake news qui circulent à longueur de journée.

## Références

- (1) Association Nationale Recherche Technologie - *Modélisation prospective des réseaux électriques*, 2019
- (2) Académie des technologies - *Trajectoires d'évolution du mix électrique 2020-2060*, 2019
- (3) Agence internationale de l'énergie - *World Energy Outlook 2020*
- (4) G Pitron - *La guerre des métaux rares : la face cachée de la transition énergétique et numérique*, 2018
- (5) Académie des technologies - *Rôle de l'hydrogène dans une économie décarbonée*, 2020
- (6) Eurostat
- (7) Gesamtverband der Wohnungswirtschaft (GdW : la plus grande fédération allemande de sociétés immobilières), juillet 2020
- (8) ADEME - *Évaluation du dispositif des CEE*, mai 2020
- (9) Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA), 2019
- (10) OCDE - *Rapport sur le financement climatique* 6/11/2020

## Série Prospective

Dominique David, *Conflits internationaux : Tendances actuelles et capacités de prévisions*, FMSH-Prospective-2018-1, septembre 2018.

Patrice Debré, *L'homme et les microbes. L'émergence des épidémies : réflexion prospective*, FMSH-Prospective-2018-2, octobre 2018.

Collectif, *L'État-Nation*, FMSH-Prospective-2018-3, décembre 2018.

Gérard-François Dumont et Alain Bravo, *Prospective des migrations internationales à l'horizon 2050*, FMSH-Prospective-2020-4.