

La transition énergétique entre injonctions politiques et déficit prospectif

Olivier Appert

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. Ce sentiment d'urgence 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.

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 constate que les objectifs ont peu de chances d'être atteints : aussi on renforce les objectifs. On rentre dans un cercle vicieux : quand on met la barre trop haut, 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 clés 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 CO₂, 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 Gro Harlem 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. Le déploiement de nouvelles technologies implique des investissements lourds et des coûts élevés qui pèsent sur les particuliers, les entreprises et l'État. 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.

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. 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.

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.

Il ne faut pas oublier aussi la dimension géopolitique de l'énergie. C'est vrai pour le pétrole, 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, les cellules photovoltaïques ou les batteries [4].

Enfin, il faut rappeler que la France ne représente que 2 % de la consommation d'énergie mondiale et 1 % des émissions. En ce sens, nous sommes parmi les pays les plus vertueux du monde, en partie grâce au nucléaire. La Chine, les États-Unis, l'Inde, la Russie et le Brésil représentent 55 % des émissions mondiales de GES. 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. Il est difficile aujourd'hui d'évaluer ses conséquences à long terme, notamment en ce qui concerne les modes de consommation. L'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. La consommation de charbon va diminuer. 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. Et il ne suffit pas de se contenter de décarboner le mix électrique. Il convient aussi de porter les efforts sur les secteurs de l'industrie, du bâtiment et du transport.

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. 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 illustrent ce point.

Depuis l'émergence de l'énergie nucléaire dans les années 1960, 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, mais la faisabilité technique n'est pas assurée à ce jour et la rentabilité économique de la filière est loin d'être acquise.

La captation directe du CO₂ dans l'atmosphère est aussi souvent avancée (DAC – *Direct Air Capture*). C'est techniquement possible, mais la très faible concentration du CO₂ 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.

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'offres de milliers de kilomètres. Après un premier test sur un kilomètre, 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 relayés fortement par les réseaux sociaux. Le véhicule électrique a fait l'objet d'un emballement 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. 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.

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 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'UE 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.

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 CO₂ (*Carbon Capture and Storage* – CCS). Comme l'a souligné à nouveau l'AIE dans son dernier *World Energy Outlook 2020*, ces deux technologies décarbonées sont indispensables pour relever les défis de la transition énergétique au niveau mondial.

Les politiques de décarbonation des économies portent trop souvent sur les seules émissions de CO₂. Il faut aussi se préoccuper des autres émissions de GES (25 % du total). C'est en particulier le cas du méthane qui a un effet de serre par unité de volume 30 fois supérieur au CO₂.

L'efficacité énergétique est à l'évidence une «*no regret strategy*» : 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 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. Le rôle des normes est déterminant. Mais leur impact sur la consommation d'énergie et les émissions de

CO₂ prend du temps compte tenu des délais de renouvellement du parc.

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. 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 gigaeuros (G€) 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». 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 G€ par an. Dans une évaluation récente du dispositif, l'ADEME [8] 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.

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 décarbonée, 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. 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 centres urbains ne représentent que 2 % des émissions du secteur transport [9]. 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. Or 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 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 public.

Les énergies renouvelables intermittentes (solaire, éolien) se sont développées rapidement en Europe grâce notamment à des incitations financières coûteuses (25 G€/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. Le développement des énergies intermittentes doublé 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 3 ans. Or, l'électricité se stocke difficilement. À côté de l'hydroélectricité et de l'effacement de la demande des industriels, diverses technologies sont envisagées (batteries, air comprimé, dihydrogène, *vehicule to grid*...), mais leur rentabilité doit être examinée avec attention. La croissance de la part de l'électricité dans le mix électrique rappelée plus haut renforce l'importance de l'enjeu de la flexibilité du secteur électrique.

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 aussi très volatils et ne constituent pas un signal propice aux investissements de long terme du secteur énergétique. Il convient d'aménager à nouveau le dispositif. On pense aussi à une taxation du CO₂. Mais il faut s'assurer que cette augmentation du prix du CO₂ 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, mais sa faisabilité soulève de nombreuses interrogations. L'instauration d'un prix du CO₂ 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. Toutes les technologies n'ont pas le même coût et 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. Cette 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 COP21 en 2015. En effet, on constate certains phénomènes météorologiques que plusieurs scientifiques attribuent au changement

climatique : tempêtes, inondations... 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 CO₂, 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. C'est un des vecteurs de la mobilisation des 100 milliards de dollars par an (Md\$/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 Md\$, dont 62,2 Md\$ d'aide publique essentiellement sous forme de prêts (74 %). 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 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 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 R&D tant en ce qui concerne la réduction des émissions que l'adaptation au changement 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. 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.

Une version longue de cette tribune est disponible sur le site de la Fondation de la Maison des Sciences de l'Homme.

RÉFÉRENCES

- [1] ANRT, Modélisation prospective des réseaux électriques, 2019.
- [2] Académie des technologies, Trajectoires d'évolution du mix électrique 2020-2060, 2019.
- [3] AIE, 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] GdW, juillet 2020.
- [8] ADEME, Évaluation du dispositif des CEE, mai 2020.
- [9] CEREMA, 2019.
- [10] OCDE, Rapport sur le financement climatique, 6/11/2020.