

# L'ÉNERGIE : EN TRANSITION VERS L'« UBÉRISATION » ?

PATRICE GEOFFRON\*

**L**e monde énergétique est le premier grand secteur en révolution sous contrainte environnementale. Contrairement aux craintes nées des chocs pétroliers des années 1970, ce n'est pas la raréfaction des énergies fossiles qui oblige à inventer et déployer de nouvelles technologies énergétiques (dites « bas carbone »), mais essentiellement leurs effets environnementaux globaux (émissions de gaz à effet de serre largement à l'origine des dérèglements climatiques) et locaux (pollution de l'air par des particules fines). Usuellement, les grandes transformations sectorielles sont poussées par le progrès technique et/ou par des évolutions de la demande. Les entreprises en place ou de nouveaux acteurs proposent alors des services à valeur ajoutée, généralement autour de modèles économiques rénovés. Dans les télécommunications, le progrès technique a ainsi totalement éclipsé les anciennes références (tarification de services vocaux à la minute) au profit de nouvelles références (flux de données forfaitisés et illimités ouvrant sur une myriade de services innovants).

Dans le domaine énergétique, le cahier des charges de la transition en cours s'annonce bien plus complexe car, foncièrement, il s'agit de délivrer des services énergétiques non pas présentant une valeur « intrinsèque » à l'évidence bénéfique pour le consommateur final (comme lorsque la « Fée électricité » est progressivement entrée dans les foyers au XX<sup>e</sup> siècle), mais présentant une valeur « extrinsèque » spécifique (car débarrassée de ses effets externes négatifs). Des chocs s'annoncent pour les entreprises du monde de l'énergie dont le modèle économique est aujourd'hui directement indexé sur le volume d'énergie extraite, transformée, transportée, distribuée.

À l'avenir, il s'agira de vendre des services améliorant l'efficacité énergétique (directement à l'encontre de l'ancien modèle de vente d'énergie rémunérée au volume), des services d'effacement (incitant à déporter les consommations dans

---

\* Professeur d'économie, université Paris-Dauphine ; directeur, LEDa (Laboratoire d'économie de Dauphine).

le temps en fonction des tensions du système) ou bien encore des services de stockage (pour compenser la disponibilité variable des énergies renouvelables). Et les consommateurs, les ménages aussi bien que les entreprises, seront des agents plus actifs *via* une capacité à installer dans leur périmètre des moyens de production d'énergie ou de stockage (par l'intermédiaire de véhicules électriques, par exemple) et leur contribution (rémunérée) à la flexibilité de systèmes énergétiques plus complexes.

Nous sommes à l'amorce d'une transition qui, d'ici à 2030, aura sans doute très profondément transformé les relations technico-économiques dans le monde énergétique (au moins dans l'OCDE – Organisation de coopération et de développement économiques). L'objectif ici n'est pas de proposer une quelconque classification des nouveaux modèles économiques de l'énergie (souvent au stade expérimental). Nous tenterons plutôt (1) d'identifier les forces du changement, (2) de montrer que la définition de nouveaux modèles économiques n'est pas une option, mais une obligation, et (3) d'indiquer que la convergence entre technologies électriques et technologies de l'information (au sein de *smart grids*) est une force puissante d'émergence de modèles innovants, voire disruptifs.

## L'ÉNERGIE : QUAND LE MONDE DU « TEMPS LONG » SE TROUVE PLACÉ SOUS LE STRESS D'UNE TRANSFORMATION RAPIDE

Pour comprendre les spécificités des transformations du secteur (et anticiper les difficultés d'émergence de nouveaux modèles économiques), il importe de rappeler que l'énergie est un domaine d'activité qui combine des investissements à cycle de vie généralement très long. Du côté de l'offre, les centrales de production d'énergie (hydraulique, nucléaire, gaz, charbon, etc.) ainsi que les infrastructures permettant son transport (gazoducs, lignes électriques à haute tension, etc.) sont exploitées pendant des dizaines d'années (de l'ordre d'une cinquantaine pour une centrale nucléaire, jusqu'à un siècle pour un grand barrage hydroélectrique). Du côté de la demande, les sites industriels, les bâtiments tertiaires, les habitations ont également des durées de vie très longues et leurs performances énergétiques, sans être totalement figées, ne peuvent être améliorées qu'au prix d'investissements coûteux. L'énergie est ainsi un champ économique dominé par le « temps long » et donc intrinsèquement peu propice, à la différence des télécommunications déjà mentionnées, à l'émergence rapide de nouveaux modèles économiques à l'occasion de nouveaux cycles d'investissements susceptibles de rebattre les cartes.

Trois forces conjuguées sont aujourd'hui à l'œuvre qui placent sous stress cet univers du « temps long ».

La première de ces forces relève des efforts de libéralisation de secteurs électriques et gaziers longtemps régis par des logiques de monopoles intégrés. Les décisions de désintégration verticale (séparation des activités de production, de transport, de distribution, de fourniture), la disparition progressive des tarifs réglementés remplacés par des prix reflétant plus directement l'offre et la demande, la dévolution de pouvoirs réels à des autorités de régulation indépendantes sont autant d'évolutions propices à l'apparition de nouveaux entrants animant la concurrence. En Europe, les premières directives amorçant ce mouvement remontent aux années 1990. Si elles n'ont pas toujours produit de bouleversements des marchés nationaux, elles érodent peu à peu la puissance des opérateurs historiques.

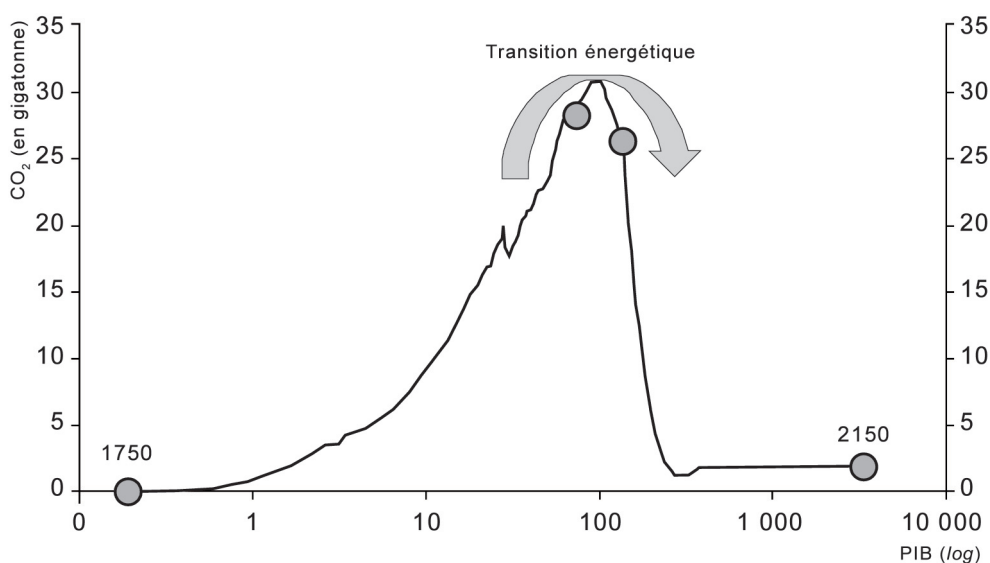
La deuxième de ces forces procède des politiques de transition énergétique dite « bas carbone » en réponse aux menaces de dérèglement climatique. Ces efforts donnent lieu au déploiement de nouveaux moyens de production renouvelables selon une équation économique dans laquelle un soutien public (souvent *via* des tarifs de rachat garantis) est légitimé par différents effets positifs pour la collectivité : réduction des émissions de CO<sub>2</sub> et de polluants locaux, création d'emplois et de valeur ajoutée, diminution de la dépendance en importations d'hydrocarbures, etc. Surtout, ces politiques de transition promeuvent l'efficacité énergétique, avec la nécessité d'investir pour réduire les consommations et non plus seulement pour en accompagner la progression. Ainsi, la loi française sur la transition votée en 2015 prévoit-elle une division par deux des consommations d'énergie en 2050 (comparativement au niveau de 2012). De tels objectifs supposent, bien au-delà des limites des services énergétiques, de repenser en profondeur les systèmes de transport, le logement et l'urbanisme, l'organisation spatiale et même la logistique des secteurs les plus intensifs en énergie.

Enfin, comme tout domaine d'activité, l'énergie n'est pas étanche par rapport aux évolutions des technologies de l'information. Les nouveaux moyens de production (éolien, photovoltaïque et leur équilibrage avec des capacités de stockage), les équipements efficaces énergétiquement (bâtiments à « énergie positive », par exemple), les moyens ou l'organisation de transports économes en carbone (voitures électriques, partage de flottes de véhicules, covoiturage, etc.) requièrent un système d'information et des outils de pilotage profondément renouvelés. Cette évolution est symbolisée par les *smart grids* (cf. *infra*) qui entrelacent réseaux électriques et réseaux de télécommunications et ouvrent vers un univers de *big data*. Cette convergence suggère que l'énergie n'est pas étrangère au débat sur les disruptions portées par les technologies de l'information et n'est pas nécessairement immune face au syndrome de l'« ubérisation ».

## LA TRANSITION « BAS CARBONE » COMME REDÉFINITION DU MODÈLE MACROÉCONOMIQUE

Pour saisir la portée et la complexité du mouvement en cours, il importe d'adopter la vision panoramique révélant que la transition « bas carbone » n'est pas uniquement un arbitrage entre filières énergétiques, mais plus fondamentalement une redéfinition du régime de croissance économique en vigueur depuis le début de l'ère industrielle. Comme indiqué dans le graphique ci-dessous, avant la première révolution industrielle, le niveau des émissions nettes de gaz à effet de serre était négligeable : dans la mesure où le stock de la biomasse utilisée restait stable, les émissions liées à la combustion du bois (principale filière énergétique) étaient « capturées » en retour par la croissance des forêts, sans que ce modèle énergétique ait une portée globale susceptible de modifier le climat. Depuis l'entrée dans l'ère industrielle, cet équilibre est rompu, le niveau de ces émissions dans l'atmosphère avoisinant désormais les 35 milliards de tonnes (en équivalent CO<sub>2</sub>) du fait de l'utilisation intensive des énergies fossiles (charbon, gaz et pétrole occupant les trois quarts du mix énergétique mondial). Comme, au cours des deux derniers siècles, le PIB mondial a été multiplié environ par 100 (alors que la population mondiale n'a « que » décuplé durant la même période), la formidable richesse constituée au cours de ces deux siècles est donc très directement indexée sur le carbone.

**Graphique**  
**Relation de long terme entre les émissions de CO<sub>2</sub>**  
**et le PIB au niveau mondial**



Source : Agence internationale de l'énergie.

Pour limiter l'évolution de la température à 2 °C à la fin du siècle (comparativement au niveau de l'ère préindustrielle) selon l'objectif défini en 2009 lors de la conférence de Copenhague sur le climat, il est indispensable d'inverser la courbe des émissions au cours des prochaines décennies. Une telle inversion reviendra donc à modifier les fondements historiques de la croissance économique, c'est-à-dire, en quelque sorte, à inventer un nouveau « modèle économique mondial ». Mais, au long de cette transition, les obstacles sont nombreux et divers.

Premièrement, si un tel processus est d'ores et déjà amorcé en Europe (les émissions de CO<sub>2</sub> auront diminué de 20 % en 2020, comparativement à 1990), cette évolution intervient dans un contexte de stabilité (voire de décroissance) de la demande d'énergie (et de faibles dynamiques économiques). Mais ce n'est pas le cas des pays les plus dynamiques économiquement, en particulier les économies émergentes (qui sont dans une phase de rattrapage) ou les économies les moins avancées (où plus de 1 milliard d'êtres humains n'ont pas encore accès à l'électricité). Et les énergies fossiles (charbon en tête) restent, au XXI<sup>e</sup> siècle à Shanghai comme au XIX<sup>e</sup> siècle à Londres, le modèle le plus efficace pour répondre à une demande d'énergie finale en forte croissance et pour nourrir une croissance économique rapide.

Deuxièmement, les filières « bas carbone » sont généralement moins efficaces que les filières carbonées qu'elles ont vocation à remplacer. Ainsi, s'il s'agit de produire de l'électricité à moindre coût, le charbon constitue une solution technico-économique dramatiquement efficace, et plus à ce stade que l'éolien ou le photovoltaïque (qui sont de filières « intermittentes » au gré du vent et du soleil). S'il s'agit, en revanche, de prendre en compte les émissions de CO<sub>2</sub> (et par ailleurs de particules fines), le charbon est au contraire la pire des solutions. De même, si l'objectif est de se déplacer librement, un véhicule à moteur thermique est supérieur en praticité à un véhicule électrique. Il y a donc une contradiction frontale entre les solutions souhaitables pour lutter contre le changement climatique et celles qui sont les plus efficaces sans tenir compte de cet objectif (phénomène classique d'« externalités négatives »). Un tel *hiatus* résulte très directement de la contrainte de temps sous laquelle doit être opérée la transition énergétique. Schématiquement, engager la transition revient à insérer aujourd'hui dans les systèmes énergétiques des technologies qui n'auraient vocation à émerger que bien plus tard, sans doute dans la deuxième partie du XXI<sup>e</sup> siècle (voire au XXII<sup>e</sup> siècle), et donc à extraordinairement concentrer le temps de leur sélection et leur maturation.

Troisièmement, parce que les signaux de prix qui doivent conduire les investisseurs à préférer les filières « bas carbone » aux filières carbonées sont instables, voire incohérents. Ainsi, au niveau mondial, le soutien aux énergies fossiles est bien plus important que le soutien aux énergies renouvelables. L'Agence internationale de l'énergie évalue les subventions aux consommations d'énergies fossiles de 400 Md\$ à 500 Md\$ par an (soit nettement plus que pour les énergies renouvelables) dans des

pays comme l'Arabie Saoudite, l'Iran, la Russie, le Venezuela, la Chine, etc. Par ailleurs, le baril de pétrole pourrait valoir deux fois moins durant la deuxième partie des années 2010, comparativement à la première. Or il sera plus aisé de promouvoir des technologies « bas carbone » pour éviter, schématiquement, de consommer du pétrole valant 120 dollars plutôt que 50 dollars... Cet effondrement de prix du brut, qui constitue certes une bonne nouvelle au plan macroéconomique pour les pays importateurs, vient brouiller les orientations des politiques publiques à l'encontre du dérèglement climatique. Ainsi, la loi française sur la transition cible une baisse très volontariste des consommations d'énergies fossiles de 30 % en 2030 (par rapport à 2012), mouvement plus aisé à impulser si le prix à la pompe est élevé. Certes, il est possible de mettre un prix aux émissions de CO<sub>2</sub> et il est ainsi prévu de porter progressivement la taxe carbone française à 100 euros la tonne en 2030. Mais l'expérience prouve que l'acceptabilité de ces dispositifs par les populations (et autres écotaxes par les professionnels du transport) est variable. Comme, par ailleurs, la capacité à définir un prix du CO<sub>2</sub> cohérent par un mécanisme de marché n'est pas encore établie (le marché européen d'échanges de quotas permet d'échanger des tonnes aux environs de 5 dollars), il faut bien convenir qu'à ce stade, ce type de signal pèse peu pour orienter les investissements à long terme. Et il y a là un danger car de nombreux investissements énergétiques réalisés durant la décennie 2010 seront encore potentiellement en activité au milieu du siècle (une centrale à charbon, par exemple), mais pourraient être déclassés plus tôt car frappés en quelque sorte d'obsolescence carbonée. Cette problématique est celle des futurs « coûts échoués » (*stranded assets*) induits par la transition énergétique et qui, pour être minimisés, supposent de pouvoir disposer rapidement d'un signal-prix du carbone qui permette d'orienter les investissements avec discernement dès à présent. L'Agence internationale de l'énergie considère que pour tenir l'objectif du 2 °C, deux tiers des réserves prouvées énergies fossiles devront rester sous terre, ce qui laisse anticiper un choc pour les entreprises dont la valeur est indexée sur le stock de ces ressources.

Enfin, nul besoin de souligner que par temps de grande crise économique, l'argent public se fait plus rare pour soutenir avec constance les filières « bas carbone », tandis que l'acceptabilité par les consommateurs de taxes dédiées fait débat dans un contexte de montée de la précarité énergétique (phénomène endémique en Europe).

## UN DÉPLACEMENT PROGRESSIF VERS L'UNIVERS DU *BIG DATA* VIA LES *SMART GRIDS*

Par-delà les contradictions et les tensions qui viennent d'être énoncées, l'essentiel des futurs changements dans l'organisation des systèmes, la nature des

services offerts et les modèles économiques associés se jouent probablement dans la convergence en cours entre technologies électriques et technologies de l'information, au sein de *smart grids*.

Les *smart grids* sont des réseaux dits « intelligents » qui véhiculent en temps réel des informations sur les conditions de production et de consommation entre les différents acteurs d'un système électrique (et gazier, secondairement). Cette évolution technologique crée une rupture car, jusqu'alors, l'information circulait sur un mode unidirectionnel (des consommateurs vers les gestionnaires de réseaux et les producteurs) et de façon généralement discontinue (le relevé manuel des compteurs chez les ménages reste la pratique la plus courante). Cette évolution est requise du fait des évolutions à la fois de l'offre (déploiement massif de sources renouvelables à caractère intermittent et décentralisé, comme l'éolien ou le solaire) et de la demande (développement de nouveaux usages comme le véhicule électrique).

Cette transition technologique ouvre sur de nouvelles organisations des systèmes électriques. En effet, les acteurs traditionnels (producteurs, gestionnaires de réseaux, fournisseurs et équipementiers) verront leurs fonctions modifiées par les évolutions technologiques (comptage évolué, stockage, etc.), tandis que des industriels issus d'autres champs apporteront également leurs compétences spécifiques (télécommunications, logiciels, services informatiques, etc.) et que de nouveaux acteurs, remplissant de nouvelles fonctions, verront également le jour (gestionnaires d'effacement, fournisseurs de services en aval du compteur, gestionnaires de charge du véhicule électrique, etc.). En outre, les réseaux intelligents impliqueront de nouvelles formes de coordination économique entre les « maillons » des chaînes de valeurs plus interdépendants qu'auparavant. Par exemple, le développement des énergies renouvelables par des producteurs décentralisés provoquera des fluctuations de puissance qui complexifieront le travail des gestionnaires de réseaux et mettront à l'épreuve leur capacité d'adaptation.

Surtout, la place de l'utilisateur final sera recentrée, puisque l'équilibre du système électrique dépendra de l'adaptabilité de la consommation, et non plus seulement de celle de la production, selon le schéma prédominant jusqu'alors. Ce recentrage passera par une plus grande variabilité des prix, consistant à les rendre dynamiques en fonction des conditions de production (afin de réduire le recours à des centrales thermiques pour couvrir la pointe et d'éviter l'usage d'une ressource émettrice de CO<sub>2</sub>). Dans les projets-pilotes, les gains monétaires (mais également l'intérêt de concourir à un effort collectif) produisent un effet de réduction des consommations généralement compris entre 5 % et 15 %.

Les *smart grids* laissent entrevoir de nombreux bénéfices, à commencer par la capacité des réseaux à être « autocicatrisants » et « résilients », avec une réduction des coupures et des pertes en ligne, ainsi qu'une amélioration de la qualité desservie (caractéristique importante pour la demande industrielle). Combinées

aux progrès de la domotique, les infrastructures de *smart grids* permettront le pilotage à distance d'équipements domestiques et l'adaptation des consommations en fonction d'offres valorisant l'effacement (*smart home*). Au-delà du logement, les *smart grids* sont des outils propices à l'émergence de systèmes énergétiques locaux (de l'écoquartiers à la *smart city*). En termes concurrentiels, l'information transportée par les réseaux intelligents autorisera un meilleur partage de l'information sur le fonctionnement des marchés de l'énergie.

La portée du changement amorcé apportera sans doute de la richesse en données des *smart cities* et *smart homes*, évolution laissant entrevoir, schématiquement, une confrontation des acteurs du monde de l'énergie et d'Internet. Pour mémoire, Google a racheté en 2014, pour plus de 3 Md\$, Nest, entreprise pionnière dans le domaine des thermostats connectés. Et il serait possible de décliner cet intérêt des géants d'Internet dans d'autres domaines à forte composante énergétique, comme les véhicules intelligents.

Fondamentalement, les *smart grids* correspondent à un changement du système d'information de l'énergie, créant de la logique de « plate-forme » dont on sait par ailleurs le caractère disruptif (en abaissant les barrières à l'entrée, en réallouant la valeur entre les parties prenantes, en laissant même émerger parfois des logiques de gratuité, etc.). Il ne s'agit pas de prédire une « ubérisation » de l'énergie, mais de souligner que les *smart grids* créent des écosystèmes riches et complexes où des entreprises issues d'univers jusqu'alors étanches se trouveront en collaboration et/ou en confrontation autour de services pour lesquels la capacité d'analyse de données de masse sera un atout concurrentiel aussi important que la capacité à produire, acheminer et fournir de l'énergie.

La transition énergétique s'annonce comme une série de défis technologiques et sociétaux. La capacité, au cœur de cette révolution copernicienne, à faire naître des modèles économiques innovants (en rupture avec le modèle traditionnel indexant la création de valeur sur le volume d'énergie vendu) ne sera pas le moindre de ces défis épineux.

#### BIBLIOGRAPHIE

CALDERON F. et STERN N. (2014), *Better Growth, Better Climate, The New Climate Economy Report 2014*, Global Commission on Economy and Climate, septembre.

CARBON TRACKER INITIATIVE (2013), *Unburnable Carbon 2013: Wasted Capital and Stranded Assets*, rapport.

OUVRARD J.-F. (2015), « L'analyse macroéconomique de la transition énergétique : difficile, mais indispensable », *Revue d'économie financière*, n° 117.