



La transition énergétique

RODOLPHE GREGGIO,
BENOÎT MAFFÉI

La transition énergétique consiste à transformer le « mix » énergétique mondial, et éventuellement à diminuer la consommation d'énergie, non pas principalement du fait de l'épuisement des ressources mais afin de limiter le réchauffement climatique. D'une part, cela implique d'organiser l'abandon progressif des énergies fossiles carbonées, en s'appuyant soit sur le signal prix donné par le marché (taxe, marché de droits d'émission), solution se heurtant à des difficultés micro et macroéconomiques, soit sur la norme. D'autre part, il s'agit de favoriser le développement d'énergies – essentiellement – renouvelables, peu génératrices de gaz à effet de serre, ce qui nécessite la coordination d'acteurs publics et privés multiples, du niveau local au niveau international.

La transition énergétique actuelle vise d'une part à limiter la consommation d'énergie, d'autre part et surtout à transformer le « mix » mondial par l'abandon progressif des combustibles fossiles au profit de sources renouvelables, supposées fournir une énergie propre, abondante (voire illimitée) et peu coûteuse : un processus inverse de celui de la précédente transition énergétique, puisque la révo-

lution industrielle avait vu les énergies renouvelables (force musculaire, moulins) remplacées par les « carbonées ».

Les experts et les politiques divergent aujourd'hui sur la voie à suivre : si le rôle de l'activité humaine sur les déséquilibres naturels n'est plus remis en question, notamment en termes de réchauffement climatique, le consensus sur les énergies à privilégier est – en dépit de l'urgence –

loin d'être trouvé, en particulier en ce qui concerne la place du nucléaire ou du gaz de schiste (voir [document 1 en ligne](#)), de même qu'il fait défaut sur les méthodes à suivre pour piloter le processus.

AUX ORIGINES DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

La pénurie d'énergies fossiles

Dès le XIX^e siècle, la science économique évoque la perspective d'une crise des quantités d'énergies disponibles. Se démarquant de l'optimisme scientifique et de la théorie néoclassique (inépuisabilité, donc gratuité des ressources naturelles, à l'image du progrès technique « tombant du ciel » du modèle de croissance de Solow [1956], devenu le modèle néoclassique de référence), le Britannique Jevons [4] émet l'hypothèse d'un « pic charbonnier » : l'augmentation de l'efficacité énergétique – ratio production nationale/consommation d'énergie – des utilisations du « pain de l'industrie » ne débouche pas sur une réduction de sa consommation, bien au contraire. Selon le « paradoxe de Jevons », le charbon risque de s'épuiser rapidement, et le Royaume-Uni de connaître une pénurie énergétique fatale à son développement. En 1956, le géologue américain Hubbert prophétise un autre pic productif, pétrolier cette fois-ci, un « *peak oil* », supposé intervenir dès 1970. Une perspective

☰ Téléchargez librement les graphiques, schémas et tableaux
▼ des numéros à partir de la page [Écoflash sur reseau-canope.fr](http://reseau-canope.fr)

élargie à l'ensemble des ressources naturelles par le Club de Rome, au début des années 1970, et reprise aujourd'hui par plusieurs experts confrontés à la forte croissance des pays émergents.

La pénurie énergétique peut se traduire aussi par une hausse des prix, synonyme d'une rente (lorsque le prix constaté est supérieur au prix de concurrence) que l'économie a très tôt tenté de modéliser. La théorie de la rente différentielle de Ricardo est extrapolable de l'agriculture aux ressources énergétiques : l'augmentation de la demande pour ces dernières conduit à se tourner vers des gisements de plus en plus « périphériques » et coûteux, le prix d'équilibre (égal au coût de production du gisement le plus difficile à exploiter) progressant d'autant (et gonflant la rente). Les chocs pétroliers des années 1970 illustrent ce phénomène. Si l'on écarte les éléments conjoncturels de nature géopolitique (embargo consécutif à la guerre du Kippour, révolution iranienne), une double dynamique est à l'œuvre : d'un côté le déplacement vers des gisements plus périphériques et complexes, donc plus coûteux (stratégie des multinationales occidentales, ainsi dans le offshore), de l'autre la volonté de préserver la ressource en privilégiant les marges aux volumes (approche des grands pays producteurs du Golfe). Antinomiques en termes de quantités, ces deux processus ont pour conséquence commune de favoriser la hausse des cours. Aujourd'hui, si l'on estime toujours disposer de 30 à 40 années de consommation de pétrole, il s'agit en grande partie d'une ressource aux coûts de plus en plus prohibitifs. Les néoclassiques approfondiront l'analyse de la rente au xx^e siècle, notamment avec la réflexion de Hotelling sur l'optimisation de sa gestion (document 2).

La baisse des prix des énergies fossiles depuis 2014 ne doit donc pas faire illusion : à moyen terme, l'épuisement des gisements les plus accessibles ne peut que faire remonter les cours. C'est pourquoi le refus de la France d'exploiter ses réserves de gaz de schiste, probablement considérables, pourrait ne pas relever simplement de la volonté de préserver l'environnement, mais aussi d'une stratégie de conservation de la ressource pour des temps d'une hypothétique reconstitution de la rente.

DOCUMENT 2. HOTELLING ET L'OPTIMISATION DE LA GESTION DE LA RENTE

Le prix de l'énergie correspond à la somme du coût de production et d'une rente de rareté. Dans la mesure où les matières premières sont épuisables, il est nécessaire de gérer au mieux la rente dans le temps, autrement dit de déterminer un sentier optimal d'épuisement de la ressource naturelle qui maximise la somme des profits. Pour cela, la rente énergétique doit être comparée à d'autres placements, notamment financiers. Hotelling [3] détermine que le profit tiré de l'énergie doit croître au rythme du taux d'actualisation (ou d'intérêt) ; dans le cas contraire, mieux vaut garder la ressource dans le sous-sol, et l'extraire lorsque son prix sera plus élevé. Le bon moment de l'exploitation devient un paramètre déterminant. D'autres auteurs vont poursuivre la réflexion initiée par Hotelling, en particulier dans le contexte des premiers chocs pétroliers, afin d'expliquer la hausse, à leurs yeux inéluctable, des prix de l'énergie (Pindyck [7]).

La nécessité de se départir des énergies fossiles

La principale motivation pour quitter les énergies fossiles ne tient cependant plus à leur éventuelle pénurie, comme on le craignait dans les années 1970, mais à leur impact en termes d'émission de gaz à effet de serre (GES) (voir [document 3 en ligne](#)), autrement dit à leur contribution au déséquilibre climatique global (réchauffement de un degré depuis la période préindustrielle). S'il paraît nécessaire aujourd'hui de renoncer en grande partie aux énergies fossiles carbonées, ce n'est pas à cause de leur rareté mais de leur trop grande abondance : conserver quelque espoir de stabilité climatique suppose de laisser sous terre l'essentiel de leurs réserves. La transition énergétique est donc indissociable de la transition écologique qui embrasse la problématique, beaucoup plus vaste, des moyens de protection des équilibres naturels et de la biodiversité : modèles agricoles et alimentaires, politiques démographiques, stratégies de recyclage.

La remise en cause de la prépondérance des énergies fossiles est d'autant plus liée à la question environnementale que les perspectives de hausse tendancielle des cours des hydrocarbures (et donc leur abandon) ont été démenties, du moins à court-moyen terme (contre-choc de 2014). D'une part, les monopoles producteurs confirment leur faiblesse face aux *free riders* : au déclin du cartel des Sept Sœurs est venue s'ajouter l'indiscipline des membres d'une OPEP à qui une part prédominante de la production mondiale échappe, de toute façon (voir *Écoflash* n° 264). D'autre part, on n'observe pas de crise des quantités, et l'on sait désormais, à rebours des perspectives du Club de Rome, que les réserves d'énergies fossiles sont très abondantes. Dès lors, le signal-prix des cours du pétrole est un indicateur à éviter si l'on veut mener une

transition énergétique respectueuse des équilibres naturels.

Mais une augmentation des cours des énergies fossiles ne serait pas pour autant automatiquement préférable pour impulser la transition énergétique : si un prix élevé décourage la demande, il incite l'offre, en stimulant l'investissement. En réalité, le lien entre prix et volumes demeure très incertain (les cours des matières premières sont plutôt cycliques), et il est aléatoire d'en déduire des conséquences de long terme sur le rythme d'exploitation et la préservation des ressources.

LES GRANDS AXES DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Deux voies principales de transition énergétique, complémentaires, permettent de réduire le CO₂, le principal GES (75% du total).

La limitation de la consommation d'énergie

La première solution consiste à réduire ou à rationaliser la consommation énergétique. Plusieurs axes peuvent être distingués :

- la décroissance économique, voire démographique, autrement dit la réduction des besoins globaux. En particulier, limiter le dynamisme des naissances constituerait un puissant levier pour maîtriser la demande énergétique mondiale. Frappée d'anathème intellectuel, assez peu abordée par les chercheurs en sciences sociales, réfutée le plus souvent par le politique, du fait de sa supposée radicalité, cette solution inspire pourtant certains courants écologistes et semble refaire surface dans le domaine de la recherche [8]. Selon Wynes et Kimberly [10], réduire les naissances d'une unité par ménage aurait des conséquences sans commune mesure

- (-58t d'équivalent CO₂ par an et par personne dans les pays développés) avec toutes les autres solutions : se passer de l'automobile (-2,4t), renoncer à une traversée transatlantique en avion (-1,6t), devenir végétarien (-1,8t), sans compter le recyclage, encore moins efficace ;
- la sobriété énergétique, qui consiste à réduire la production et donc l'émission de GES par individu (dans la mobilité, le logement – cf. une meilleure isolation –, l'alimentation, etc.). Moins drastique que la décroissance, les modes de vie pourraient néanmoins en être profondément transformés (transition comportementale) ;
 - la réduction de l'intensité énergétique de l'économie : un processus déjà entamé – l'efficacité énergétique mondiale ayant fortement progressé depuis les années 1980 – grâce, d'une part, à l'introduction de dispositifs électroniques optimisant la consommation en énergie des systèmes mécaniques, et d'autre part, à la tertiarisation croissante (document 4).

Le recours aux énergies bas carbone

Le deuxième grand axe de la transition énergétique, sans doute le plus important, emprunte la voie de l'efficacité écologique, autrement dit le passage direct à des énergies moins génératrices de GES, donc la modification du « mix ». Cela signifie développer en premier lieu les nouvelles énergies renouvelables (EnR), surtout l'éolien et le solaire, mais aussi la géothermie, et continuer d'explorer certaines énergies encore expérimentales (hydrolienne/courants marins, houlomotrice/vagues). Les filières bois et biomasse peuvent se révéler soutenables, autrement dit compatibles avec les équilibres naturels de long terme (le CO₂ relâché dans l'atmosphère lors de la combustion est compensé par celui capturé lors de la croissance des végétaux), si la ressource est renouvelée – sachant que des ressources a priori renouvelables sont susceptibles de s'épuiser en cas de surexploitation. Le nucléaire (fission mais aussi et surtout, un jour peut-être, fusion) fait aussi partie des filières « bas carbone », en dépit de risques spécifiques qui conduisent parfois à l'exclure des solutions d'avenir (d'autant que les ressources d'uranium sont limitées). Enfin, l'invention d'un système compétitif reposant sur l'hydrogène

DOCUMENT 4. ÉVOLUTION DE L'INTENSITÉ ÉNERGÉTIQUE DE L'ÉCONOMIE MONDIALE (indice 100 en 1980)

	1980	1990	2000	2010	2016
PIB (1)	100,0	137,2	186,5	272,5	343,8
Consommation d'énergie (2)	100,0	120,5	137,1	173,5	195,9
Indice d'intensité énergétique (2/1)	1	0,88	0,73	0,64	0,57
Émissions de CO ₂	100,0	114,6	125,0	160,6	177,4

Lecture : sur la période 1980–2016, le PIB mondial a été multiplié par 3,43, pour une consommation d'énergie qui n'a même pas doublé (1,95), entraînant presque une division par deux de l'intensité énergétique (0,57). De surcroît, l'énergie consommée dégage en moyenne moins de CO₂.

Sources : ONU (www.un.org), British Petroleum (www.bp.com), GIEC ; calculs des auteurs.

permettrait d'accéder à un âge d'abondance énergétique.

L'essor des EnR (mais aussi du nucléaire) signifie étendre l'usage de l'électricité. Deux défis sont associés à cette extension : premièrement, veiller à ce que la génération du courant devienne de moins en moins dépendante de la combustion de ressources fossiles carbonées, et donc développer l'« électricité primaire » (voire nucléaire), faute de quoi, le bilan en termes de GES ne serait pas modifié ; deuxièmement, progresser considérablement dans les technologies de stockage et de distribution-utilisation de cette électricité.

LES MODES DE RÉGULATION DE L'ÉMISSION DES GES

L'objectif primordial de la transition énergétique consiste donc à fournir une énergie certes abondante, sûre et peu coûteuse, mais surtout peu émettrice de GES. Deux visions au moins s'opposent quant à la meilleure manière de piloter un tel basculement.

Le recours aux incitations

Simple taxe de type « pollueur-payeur » (initialement conçue par Pigou) ou bien marché de droits ou de quotas d'émission (voir, par exemple, les analyses de Tirole [9]), l'objectif est d'internaliser une externalité (négative) majeure. Le marché permet d'obtenir un optimum de premier rang, puisque le choix entre les différentes sources d'énergie est a priori déterminé par leurs prix relatifs, et non en fonction de l'application de normes ignorant leurs implications économiques (optimum de second rang).

La plupart des économistes soutiennent une solution accordant une place centrale au marché, vu comme le meilleur arbitre pour trancher les conflits d'appropriation de la rente. Le courant de l'« économie environnementale » en est issu, qui pose comme condition le respect d'un certain nombre d'hypothèses néoclassiques, par opposition à l'« économie écologique », d'inspiration plutôt keynésienne et plus soucieuse de l'impact social de la transition énergétique. Défendant la « soutenabilité faible », autrement dit la vision d'une nature constituée de différents capitaux aisément remplaçables les uns par les autres (par opposition à la « soutenabilité forte »), l'école de l'économie environnementale soutient que la « substituabilité forte » entre facteurs de production (l'échange de facteurs naturels par d'autres, élaborés par l'homme) et la dynamique du progrès technique permettraient, dans un cadre de libre concurrence, de remédier aux déséquilibres environnementaux induits par l'activité humaine [5].

Le marché rencontre pourtant de sérieuses difficultés dans la détermination du « juste prix » de la rente et, donc, dans la régulation de la transition énergétique.

Tout d'abord des limites micro-économiques de l'action par les prix sur les volumes, l'impact sur la demande se révélant incertain (ainsi la progression du prix de l'essence ne conduit pas nécessairement les automobilistes à se rabattre sur les transports collectifs), car l'augmentation du prix relatif peut être insuffisante et les possibilités de recours à d'autres sources d'énergie limitées.

L'action des prix sur les volumes se heurte ensuite à des problèmes de nature plus macro-économique. Le positionnement productif des nations diffère, car

il dépend de leur dotation en ressources énergétiques et de leur spécialisation économique : les pays industriels, fortement consommateurs d'énergie (Asie), ainsi que les fournisseurs d'hydrocarbures en seraient particulièrement pénalisés. Le poids de la contrainte extérieure n'est pas non plus le même : seules les nations disposant de degrés de liberté financière (l'Allemagne, mais pas la Pologne ; la Chine, mais pas l'Inde) pourraient supporter un tel renchérissement du carbone. Enfin, le degré de développement importe : si l'énergie est taxée dans les pays d'industrialisation ancienne, elle est plutôt subventionnée (comme la plupart des biens de base) au Sud.

Un grand nombre d'économistes considèrent cependant qu'il est possible de prendre en compte la différenciation nationale des marchés et d'introduire une certaine variabilité dans le prix du carbone (cf. le rapport Stern-Stiglitz et l'idée de « corridor » de prix [1]). La question du critère de sa fixation (niveau de vie par habitant ? ensemble de variables plus large ?) resterait néanmoins en suspens, et il n'est pas certain que les marges de manœuvre des pays seraient respectées. Plus largement, l'hypothèse d'un marché mondial du carbone se heurte aux mêmes faiblesses qui caractérisent les modèles néoclassiques d'optimum de premier rang. La déconvenue du marché européen du CO₂ en témoigne : instauré en 2005, ce marché a échoué dans sa fonction de limitation des émissions, le prix de la tonne de carbone languissant à des niveaux très bas du fait d'une allocation initiale de quotas gratuits trop généreuse, ainsi que d'un contexte de crise économique (sans compter la poursuite de la délocalisation d'unités industrielles parmi les plus émettrices).

De façon plus globale, l'échec de la mise en place du marché du carbone renvoie aux difficultés de modélisation des prix de l'énergie. Le signal-prix dans ce domaine se révèle très insuffisant, du fait d'un niveau de prix d'attribution artificiel (incitant à la spéculation), ainsi que de la variabilité structurelle du prix des matières premières (cf. les échecs de la stabilisation des cours dans le cadre d'accords internationaux ou au sein de cartels). Les prix de l'énergie dépendent d'une combinaison complexe et aléatoire de paramètres

techniques, économiques et politiques : il y est certes question de rentabilité du producteur ou du consommateur, mais aussi d'impératifs macro-économiques difficilement intégrés par le marché, et qui obligent le politique à intervenir.

Le choix de la norme

Si, d'un point de vue micro-économique, la réglementation publique constitue une solution de second rang, elle n'en possède pas moins un certain nombre d'avantages : d'abord, une plus grande directivité, qui permettrait de se concentrer sur ce qui devrait être le véritable objectif dans l'immédiat, le recul drastique du charbon ; ensuite, la norme protège les acteurs des variations erratiques des prix de l'énergie et, offrant une certaine stabilité tarifaire à moyen-long terme, elle évite toute désincitation à l'investissement, un paramètre très important dans une branche si capitalistique (le développement des EnR n'a pu se faire qu'en accordant aux investisseurs des prix garantis sur une longue durée).

Le principe de la norme publique compte un nombre suffisant de réussites à son actif dans l'énergie pour que l'on puisse le considérer comme une alternative sérieuse à la logique de marché, notamment dans la lutte contre les polluants locaux (ainsi ceux émis par les véhicules automobiles), mais aussi pour la préservation de l'ozone stratosphérique, l'interdiction pure et simple des CFC par le protocole de Montréal ayant eu des effets rapides et s'étant révélée bien plus adaptée qu'une éventuelle taxe (qui n'aurait fait que renchérir les systèmes réfrigérants).

Le rôle du progrès technique

Que ce soit par le marché, par la règle ou par un mélange des deux, la transition énergétique suppose de toute façon la diffusion de technologies beaucoup plus performantes et économiquement supportables qu'aujourd'hui. En dépit des progrès considérables déjà réalisés (rendement des cellules photovoltaïques, économies d'échelle dans la fabrication des infrastructures pour les EnR), la transition énergétique dépend de futures innovations de rupture, notamment dans le stockage (filrière hydrogène, batteries) et la distribution-utilisation (*smart grids*) de l'électricité.

Cela signifie qu'il faut croiser des logiques publiques et concurrentielles. Comme toujours dans l'énergie, l'intervention de l'État s'impose. D'abord pour des raisons techniques : lourdeur des investissements, garantie d'utilisation maximale d'équipements fort coûteux afin de les amortir, surtout en cas de monopole naturel (réseaux d'oléoducs ou de gazoducs, grands barrages, centrales électriques de forte puissance). Ensuite, parce que les mutations énergétiques supposent parfois de remettre en cause une rente pourtant solide (fermeture en cours des centrales nucléaires allemandes). L'État doit s'impliquer s'il veut renchérir les énergies dont il veut provoquer le déclin et, inversement, rendre plus attractives celles qu'il juge d'avenir, à l'instar du développement des EnR en Allemagne ou du nucléaire au Royaume-Uni. Mais la voie du marché garde toute sa place, plus en aval dans le cycle de vie de la branche : après que la recherche publique a impulsé les nouvelles technologies nécessaires aux EnR, le développement et l'exploitation ont pu être confiés à des acteurs privés, aussi bien des grandes entreprises (éolien offshore) que des entités de tailles plus modestes ou réunissant des intervenants locaux.

UNE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE AUX ACTEURS MULTIPLES

La transition énergétique ne se situe pas seulement au croisement de différents principes de régulation, elle se caractérise aussi par une grande diversité d'intervenants, aux statuts publics, privés et semi-publics, eux-mêmes engagés dans des dynamiques locales, nationales et inter (voire supra) nationales. L'action des États, mise en évidence par la signature en 2015 de l'accord de Paris sur le climat, est épaulée par l'engagement des (grandes) villes et parfois des (grandes) entreprises. La transition énergétique est un terrain d'application des analyses institutionnalistes d'Elinor Ostrom sur le rôle des pouvoirs intermédiaires [6]. Elle est même conçue par certains comme un vecteur de démocratisation : à l'ère des énergies centralisées et hiérarchisées (hydrocarbures, nucléaire surtout) succéderait celle des ressources décentralisées (les nouvelles EnR, considérées plus

proches du terrain et moins dépendantes de l'expertise de la technocratie ou des directives technologico-sécuritaires).

La politisation des débats autour de la transition énergétique débouche parfois sur la volonté de pénaliser les pratiques considérées comme déviantes. Les sanctions sont pour le moment plutôt limitées, à l'image de l'accord de Paris qui a préféré miser sur la prise de conscience collective, le pragmatisme et le volontarisme, les traités sectoriels étant en général plus contraignants (cf. l'accord de 2016 sur la création d'un marché du CO₂ émis lors des vols internationaux). Cela n'empêche pas la multiplication des recours devant les tribunaux, voire des juridictions ad hoc, contre les producteurs d'externalités environnementales négatives. L'extension du domaine du juridique débouche sur les tentatives de créer un droit environnemental international et stimule la réflexion autour de la notion de justice climatique [2], dans la mesure où les externalités négatives produites varient fortement selon les pays (voir [document 5 en ligne](#)).

La transition énergétique imbrique étroitement le juridique et le financier. Deux voies s'affrontent, complémentaires sans doute, mais en partie concurrentes : la mitigation (limiter le réchauffement climatique) et, plus en aval, l'adaptation (face aux difficultés de la mitigation, agir d'abord sur ses conséquences). Le débat est loin d'être neutre, ne serait-ce que sur un plan géopolitique : les pays avancés mettent globalement l'accent sur la première stratégie (la mise au point des énergies du futur), tandis que les pays en développement sont plutôt partisans de la seconde, y saisissant de surcroît l'occa-

sion de recevoir des financements « écologiques » en sus de l'aide au développement classique. Au vu des montants d'investissements et de subventions internationaux qu'elle est susceptible de mobiliser, la transition énergétique se situe donc au cœur des problématiques de redistribution des richesses mondiales. De fait, elle déborde le domaine de l'énergie (économie, certes, mais aussi démographie, social, politique), renvoyant à la notion plus vaste de transition écologique.

LES OBSTACLES À LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Le premier des obstacles auxquels la transition énergétique se heurte est financier, car elle doit tenir compte de la contrainte extérieure des nations (document 6) : de nombreux pays rencontrent de grandes difficultés à réaliser les investissements nécessaires (ainsi le Sud de l'Europe). Confrontée aux inévitables spécificités politico-économiques, la théorie économique apparaît dès lors secondaire, tandis que le progrès technique mais aussi le pouvoir des lobbys semblent plus déterminants, même si les promesses en termes d'emploi peuvent se révéler aléatoires. Il est cependant à noter que « transition énergétique » ne signifie pas nécessairement « indépendance énergétique ». Certes, les EnR sont le plus souvent produites localement, le transport sur longues distances du courant électrique pouvant se révéler très coûteux et pâtir de fortes pertes en lignes. Mais une telle transition pourrait être l'occasion de renforcer, voire de créer, des interdé-

pendances entre les nations génératrices d'apaisement (sur le modèle des relations entre Chine et Russie, ou bien entre Allemagne et Russie, consolidées par les approvisionnements en gaz sibérien).

En deuxième lieu, la modification du « mix » ne garantit pas ipso facto la transition écologique. Le déplacement vers des énergies bas carbone ne préjuge en rien, à lui seul, des niveaux de demande futurs, qui dépendent de surcroît de la démographie mondiale. De plus, le développement d'une filière électrique alimentée par des EnR est loin de signifier un bilan écologique irréprochable : les centrales assurant le relais (*back-up*) de sources structurellement intermittentes comme l'éolien ou le solaire doivent fournir un courant « bas carbone » (ce qui est le cas de l'hydro-électrique norvégien ou du nucléaire en France, mais non de l'électricité-charbon d'outre-Rhin) ; le renouvelable exige aussi de fortes quantités de métaux rares (tels que le lithium, indispensable pour les générations de batteries les plus récentes), ce qui pourrait entraîner un déplacement de la contrainte de rareté et un « pic minéralier », sans compter que ces filières sont de surcroît très énergivores et polluantes, comme l'ensemble des industries d'extraction et de transformation des métaux ; enfin, les EnR dépendent elles aussi d'infrastructures à durée de vie limitée (pour la génération mais aussi le transport du courant), et le recyclage n'y est pas moins coûteux.

Troisièmement, les défis technologiques demeurent immenses. Les énergies du futur sont très complexes : les EnR développent des systèmes si élaborés (ainsi les éoliennes et les centrales solaires) qu'ils

BULLETIN D'ABONNEMENT

Oui, je m'abonne à Écoflash (10 n°/an) au prix de 32 € • Bulletin à retourner accompagné de votre règlement à Réseau Canopé - Agence comptable-abonnements
Téléport 1 - 1, av. du Futuroscope CS 80158 - 86961 Futuroscope Cedex - Relations abonnés : 03 44 62 43 98 • Télécopie : 03 44 58 44 12 • Email : abonnement@reseau-canope.fr

ÉCOFLASH	PRIX		QUANTITÉ	TOTAL
	FRANCE	ÉTRANGER		
1 an	32 €	39 €		
2 ans	58 €	75 €		

Nom, prénom (écrire en majuscules)

Établissement

N° rue, voie, boîte postale

Localité

Code postal

RÈGLEMENT À LA COMMANDE

- Par chèque bancaire à l'ordre de l'Agent comptable de Réseau Canopé,
- Par mandat administratif à l'ordre de l'Agent comptable de Réseau Canopé, DRFI Poitou-Charentes
Code établissement 10071, code guichet 86000
n° de compte 00 001 003 010, clé 68
Nom de l'organisme payeur :

Signature et cachet de l'organisme payeur

Prix valables jusqu'au 31 décembre 2018

VENTE À L'UNITÉ 4 €

- En ligne : reseau-canope.fr
- Dans les Ateliers Canopé (adresses sur reseau-canope.fr/nous-trouver)
- À la librairie Canopé | 13, rue du Four | 75006 Paris (M° Mabillon) | N° vert : 0800 008 212

DOCUMENT 6. SITUATION MACRO-ÉCONOMIQUE ET POLITIQUE ÉNERGÉTIQUE

Si l'Allemagne a décrété en 2011, au lendemain de Fukushima, sa sortie du nucléaire, compensée par une accélération dans les EnR (et un recours accru au lignite), c'est que sa situation financière lui permet de supporter les énormes investissements de l'*Energiewende* (transition énergétique). De surcroît, ses excédents commerciaux l'autorisent à importer davantage de gaz russe, qui remplacera un jour le charbon national, désormais lui aussi sur le déclin. Le considérable déficit commercial des États-Unis justifiait en revanche à lui seul le développement des EnR (mais aussi des hydrocarbures non conventionnels, et notamment du gaz de schiste, lui aussi destiné à remplacer le charbon, beaucoup plus émetteur de CO₂). Quant à la France, l'état de ses finances publiques ne lui permet pas, contrairement à l'Allemagne, de supporter un programme aussi ambitieux dans les nouvelles EnR (en dépit d'un potentiel naturel bien plus considérable dans le solaire comme dans l'éolien) : la centralité du nucléaire est destinée à durer, ce qui explique aussi, en partie du moins, le refus des hydrocarbures de schiste (dont le pays semble aussi très bien doté).

mettent à mal les attentes de bien des militants associatifs (de même que la compréhension du fonctionnement des centrales nucléaires reste réservée à une élite scientifique et technologique). Surtout, l'électrification du monde continue, pour le moment, de se heurter à l'impossibilité de stocker de grandes quantités de courant à un prix acceptable, une contrainte vouée à s'accroître au fur et à mesure de la progression des EnR, intermittentes par nature, dans le « mix » global. Plus que jamais, l'électricité n'a rien d'un marché, au sens propre du terme.

Enfin, se pose un problème plus vaste, lié à la difficulté d'anticiper le *timing* des trajectoires futures de la demande et de l'offre, d'autant que l'innovation est par nature incertaine. Si l'urgence écologique incite à des décisions rapides, surtout que dans un domaine aussi capitalistique les délais de développement et d'amortissement sont très longs, il est indispensable, pour ces mêmes raisons, de ne pas verser dans la précipitation. Des choix hâtifs en faveur de technologies insuffisamment matures risqueraient de se révéler préjudiciables à long terme, le « mix » énergétique idéal du futur étant encore indéterminé, et les indispensables innovations de rupture n'ayant sans doute pas encore eu lieu.

À cet égard, il n'est pas du tout impossible que le progrès technique ne finisse par remettre en selle des énergies a priori condamnées : des avancées décisives dans la captation et le stockage du carbone pourraient transformer l'avenir des énergies fossiles, y compris les plus émettrices de GES. On note par ailleurs

déjà des perspectives favorables pour certains hydrocarbures (gaz naturel), et des effets de translation inter-fossiles (révolution des gaz de schiste au détriment du charbon américain, substitution du gaz russe aux charbons chinois et allemand). De fait, c'est « une transition dans la transition énergétique » qui se dessine, qui s'accommode, en un premier temps du moins, du recours à des énergies carbonées fossiles moins émettrices de CO₂ (gaz) – ainsi qu'au nucléaire, dans une certaine mesure –, au détriment du charbon notamment, beaucoup plus polluant et de surcroît de moins en moins rentable. Une telle évolution aurait en sa faveur non seulement l'abondance relative de la ressource, mais aussi la réduction des risques géopolitiques, les exportateurs d'hydrocarbures conser-

vants alors leur place dans le concert des nations. Mais cette première étape de la transition énergétique ne durerait en tout état de cause que quelques décennies, une éventuelle contre-révolution fossile ne faisant que différer la survenue de la véritable transition énergétique.

CONCLUSION

La théorie économique se révèle impuissante à modéliser la transition énergétique, dont la trajectoire demeure très incertaine. Certes, les réserves en pétrole devant se trouver bien amenuisées dans un demi-siècle, la hausse des prix des hydrocarbures est à terme inéluctable, et la transition énergétique devrait prendre la forme d'une véritable révolution énergétique. Mais, à rebours d'une « *one best way* », universalisante et impérative, pragmatisme et relativisme semblent tout aussi nécessaires pour harmoniser les intérêts et stratégies des nations, à plus court terme.

RODOLPHE GREGGIO

PROFESSEUR EN CLASSES PRÉPARATOIRES,
LYCÉE CARNOT, PARIS,

BENOÎT MAFFÉI

ANCIEN DIRECTEUR DE RECHERCHES À L'ÉDHEC

BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE

Les articles cités ci-dessous sont librement accessibles, à partir de leur titre, sur Internet.

- [1] Rapport de la Commission de haut niveau sur les prix du carbone (coprésidée par Nicholas Stern et Joseph Stiglitz), 2017.
- [2] Godard O. (2015), *La Justice climatique mondiale*, Paris, La Découverte.
- [3] Hotelling H. (1931), « The Economics of Exhaustible Resources », *Journal of Political Economy*, vol. 39, p. 137-175.
- [4] Jevons W. (1865), *The Coal Question*, Londres, MacMillan & Co.
- [5] Nordhaus W. (1993), « Rolling the DICE: an optimal transition path for controlling greenhouse gases », *Resource and Energy Economics*, Elsevier, vol. 15, issue 1, p. 27-50.
- [6] Ostrom E. (1990), *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*, Cambridge, Cambridge University Press (publié en français sous le titre *Gouvernance des biens communs. Pour une nouvelle approche des ressources naturelles*, Louvain-la Neuve, Belgique, De Boeck, 2010).
- [7] Pindyck R. (1978), « The Optimal Exploration and Production of Nonrenewable Resources », *Journal of Political Economy*, vol. 86, issue 5, p. 841-861.
- [8] Ripple W. et al. (2017), « World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice », *Bioscience*.
- [9] Tirole J. (2009), *Politique climatique: une nouvelle architecture internationale*, rapport du Conseil d'analyse économique (n° 87), Paris, La Documentation française.
- [10] Wynes S., Kimberly A.N. (2017), « The climate mitigation gap: education and government recommendations miss the most effective individual actions », *Environmental Research Letters*, n° 12.



9 782240 044860

W0007509
4 €