

# Climat et transition énergétique

Par Richard LAVERGNE

Ingénieur général des Mines, Conseil général de l'économie (CGE)

Les liens entre transition énergétique et lutte contre le changement climatique sont moins évidents que l'on pourrait le penser de prime abord. Le concept, pas toujours bien compris par les citoyens, varie selon les parties prenantes et les pays dans lesquels il est mis en œuvre. Il apparaît que le climat n'est pas nécessairement la préoccupation primordiale d'un programme de transition énergétique et que, de façon générale, l'analyse des impacts socio-économiques d'un tel programme mériterait d'être renforcée.

## Qu'appelle-t-on « transition énergétique » ?

Il n'est pas facile de trouver une définition de la « transition énergétique » qui fasse autorité. Celle figurant dans Wikipédia est plutôt vague : « La transition énergétique désigne une modification structurelle profonde des modes de production et de consommation de l'énergie ». Plus disert, le Commissariat général au Développement durable (CGDD) du ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES) a publié une fiche Théma intitulée « La transition, analyse d'un concept », qui énonce : « Le [MTES] institutionnalise la notion de transition, qui prend depuis quelques années une place croissante dans la réflexion et l'action pour une société plus durable. Qu'elle soit écologique, énergétique, sociale, solidaire, économique, démocratique, numérique ou encore managériale, la transition se caractérise par une transformation profonde des systèmes. Une pluralité d'acteurs se revendique du concept de transition : la recherche s'attelle à en identifier les ressorts, les institutions souhaitent en dessiner les orientations et la société civile s'engage et l'aiguillonne à travers des expérimentations innovantes ».

Dans le dossier du Débat national sur la transition énergétique (DNTE, juillet 2013), sous la signature de la ministre Delphine Batho alors en charge de l'environnement et de l'énergie, la définition reste ample : « La France doit aujourd'hui s'engager pleinement dans une modernisation de ses modes de consommation et de production d'énergie : elle doit s'engager dans la transition énergétique. Cette transition doit lui permettre d'infléchir sa trajectoire pour répondre à plusieurs phénomènes qui se rencontrent ».

La loi sur la transition énergétique pour la croissance verte (loi TECV) du 17 août 2015 définit indirectement la transition énergétique dans son article 1<sup>er</sup>, qui prévoit que la politique énergétique, entre autres, « favorise l'émergence d'une économie compétitive et riche en emplois grâce à la mobilisation de toutes les filières industrielles, notamment celles de la croissance verte, qui se définit comme

un mode de développement économique respectueux de l'environnement, à la fois sobre et efficace en énergie et en consommation de ressources et de carbone, socialement inclusif, soutenant le potentiel d'innovation et garant de la compétitivité des entreprises ».

La définition la plus précise se trouve finalement dans la présentation qui a été faite du projet de loi TECV en Conseil des ministres du 30 juillet 2014, dans laquelle la ministre Ségolène Royal, alors en charge de l'environnement et de l'énergie, indiquait que « la transition énergétique vise à préparer l'après-pétrole et à instaurer un nouveau modèle énergétique français plus robuste et plus durable face aux enjeux d'approvisionnement en énergie, à l'évolution des prix, à l'épuisement des ressources et aux impératifs de la protection de l'environnement ». Elle ajoutait qu'à ce titre, la loi LTECV devait permettre « de consommer mieux, de produire autrement, de faire progresser la société et de créer des emplois ».

L'expression « transition énergétique » a été popularisée en France essentiellement à partir de la campagne pour l'élection présidentielle de 2007 et surtout de celle de 2012, mais elle était utilisée dans certains pays d'Europe, plutôt par les chercheurs et les associations environnementales, au moins depuis le début des années 1990. Ainsi, les Pays-Bas ont mis en avant la « *Energietransitie* » dans la recherche d'un nouveau modèle économique pour la période suivant l'épuisement de leur énorme gisement de gaz de Groningue. Dans les pays anglo-saxons, on préfère parler d'« *energy transformation* » et, dans les pays asiatiques (notamment au Japon), de « *low-carbon society* », mais, dans les deux cas, les problématiques sont voisines.

## L'effet de la transition énergétique sur le climat : accords, désaccords et incertitudes

On peut comprendre *a priori* que l'expression « transition énergétique » vise en priorité la décarbonation de l'économie d'un pays, c'est-à-dire la fin de l'usage des énergies fossiles (pétrole, gaz et charbon, dont lignite), qui sont



Photo © SUNGROW China

La société Sungrow exploite la plus grande centrale solaire flottante au monde (d'une puissance de 40 MW). La centrale solaire de Huainan (Chine) d'une superficie de 800 000 m<sup>2</sup> est posée sur un lac artificiel recouvrant une ancienne mine de charbon.

« L'attrait pour les énergies renouvelables "variables" (qualifiées aussi d'énergies "intermittentes") est assez généralisé au niveau mondial, malgré l'opposition de citoyens qui peut apparaître dans certaines circonstances au niveau local. Il peut s'expliquer par la forte baisse (récente) du coût des équipements (éolien, photovoltaïque) obtenue principalement grâce à leur industrialisation de masse en Asie. »

fortement émettrices de gaz à effet de serre, bien qu'en Allemagne, certains écologistes l'aient mise en deuxième priorité, après la sortie du nucléaire. Celle-ci a d'ailleurs été engagée par l'Allemagne en 2011, suite à l'accident de Fukushima-Daiichi au Japon, dans le cadre de l'« *Energiewende* » qui se traduirait plutôt par « tournant énergétique », l'intention étant de changer, rapidement et pratiquement « à 180° », la politique énergétique allemande, voire européenne.

Néanmoins, pour certaines parties prenantes de la politique énergétique française, la transition énergétique va bien au-delà de la décarbonation : c'est ce que signifiaient les propos précités de la ministre Ségolène Royal. Il s'agit, avec plus ou moins d'intensité selon l'interlocuteur, mais avec, en général, l'idée d'une évolution graduelle, de réduire les prélèvements de ressources naturelles, de décentraliser la politique énergétique, de définir de nouveaux modèles de production et de consommation d'énergie, de relocaliser l'activité économique liée à l'énergie et de réduire la dépendance aux importations, voire de sortir du nucléaire ou de s'engager sur la voie d'une décroissance économique.

Une des questions posées sur le lien entre climat et tran-

sition énergétique est celle de savoir si les diverses composantes qui se surajoutent à la préoccupation principale de la lutte contre le changement climatique ne risquent pas d'affaiblir cette dernière. Les avis sont partagés sur ce point : certains prônant une focalisation sur la lutte contre le changement climatique au motif qu'il s'agit d'une urgence environnementale et qu'il est plus « coût-efficace » de se limiter à un seul objectif. D'autres considèrent, au contraire, que des objectifs complémentaires, principalement en matière d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables, sont incontournables – politiquement et/ou diplomatiquement – afin d'obtenir l'assentiment des principales parties prenantes. La Commission européenne, avec ses objectifs « 3 x 20 % » en 2020 ou « 40 % - 30 % - 27 % » en 2030, consacre cette approche multicritères dans son paquet « Une énergie propre pour tous les Européens », bien que, pour 2030, la Commission ait admis une certaine flexibilité entre États membres.

Des études d'impact sont obligatoirement réalisées en accompagnement des projets de textes tant européens que français, mais elles sont trop souvent partielles et complexes à interpréter, d'autant plus que la discipline de modélisation macro-économique de l'impact d'un scénario

énergétique fait encore l'objet de débats non conclusifs entre chercheurs (un exemple en étant l'opposition entre partisans du « *wage setting* » et ceux des « courbes de Phillips »).

Un indicateur éclairant serait le coût public (au sens de la Cour des comptes) d'abattement du CO<sub>2</sub>, c'est-à-dire le rapport entre, d'une part, la dépense publique totale consacrée au financement d'un équipement ou d'un dispositif permettant de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> et, d'autre part, la somme de ces gains d'émissions sur toute la durée de vie des équipements ou des dispositifs considérés. Malheureusement, il est rarement mis en évidence, peut-être parce qu'il peut paraître dissuasif à court terme, mais aussi parce qu'il serait réducteur à lui seul puisqu'une mesure publique de politique énergétique peut aussi se justifier par des considérations, plus difficiles à quantifier, d'indépendance énergétique, de diversification des approvisionnements, de structuration d'une filière industrielle nationale compétitive sur le marché international, de cohésion sociale et territoriale, etc.

La prise en compte d'un tel coût conduirait naturellement à orienter les efforts vers les secteurs dans lesquels les émissions de gaz à effet de serre (GES) sont les plus abondantes et les plus faciles à réduire (les transports : 29 %, l'industrie manufacturière : 23 %, l'agriculture/sylviculture : 20 %, le résidentiel/tertiaire : 19 %), plutôt que vers la branche énergie, qui, en France, n'est responsable que de 9 % des émissions « territoriales » (à cet égard, si les accords internationaux le permettaient, il serait intéressant de regarder également l'empreinte carbone de produits utilisés en France dont la fabrication est responsable de fortes émissions de GES en dehors du territoire national).

L'attrait pour les énergies renouvelables « variables » (qualifiées aussi d'énergies « intermittentes ») est assez généralisé au niveau mondial, malgré l'opposition de citoyens qui peut apparaître dans certaines circonstances au niveau local. Il peut s'expliquer par la forte baisse (récente) du coût des équipements (éolien, photovoltaïque) obtenue principalement grâce à leur industrialisation de masse en Asie. Celle-ci a été tirée par d'importantes subventions octroyées, tant en France que dans le reste de l'Europe, pour soutenir la consommation d'électricité issue de ces équipements (tarifs d'achat, appels d'offres, priorité d'accès au réseau...), qui ont jusqu'ici relativement peu profité aux industriels français.

À partir d'un certain niveau, cet engouement peut entraîner des difficultés de pilotage du système électrique national, dont les conséquences, en termes de coût global et de sécurité d'approvisionnement, sont encore mal cernées. En effet, l'intégration de ces énergies variables dans un réseau, tout comme l'assurance du maintien en parallèle d'une fourniture de qualité et de la bonne gestion de l'ensemble du système (pics d'offre ou de demande, insuffisance de l'offre, équilibrage en tension et en phase, etc.) peuvent créer des perturbations dont la solution et le coût demeurent des sujets d'étude. De nouvelles techniques en développement apparaissent prometteuses,

comme les *smart grids*, le stockage d'électricité par batteries, l'autoconsommation/autoproduction, le pilotage de la demande, etc., mais elles n'ont pas encore été suffisamment éprouvées à grande échelle pour pouvoir en déduire l'effet sur les coûts.

Il serait illusoire de chercher à définir un modèle unique de transition énergétique, même au sein de l'OCDE, car, du fait de sa géographie, de sa densité de population, de son climat et même de sa culture, chaque pays a une situation énergétique spécifique, y compris pour l'électricité qui nécessite pourtant un processus de production : ainsi, par exemple, la Norvège bénéficie d'une électricité d'origine hydraulique qui lui permet d'éviter d'utiliser le gaz qu'elle exporte en abondance (et le CO<sub>2</sub> qui en découle...) ; plus vertueuse, l'Islande recourt à la géothermie, une ressource produite et consommée localement ; en Californie, le pic de demande d'électricité (pour la climatisation) correspond exactement au moment de la journée où les panneaux photovoltaïques sont le plus productif, ce qui évite de recourir au charbon ou au gaz ; pour des raisons de sécurité d'approvisionnement, à la suite des chocs pétroliers de 1973 et 1979, le parc français de production d'électricité est devenu à 90 % non émetteur de CO<sub>2</sub> grâce au développement soutenu du nucléaire qui s'est ajouté à l'hydraulique ; etc.

Dans le cas de la France, où la consommation d'électricité est actuellement stagnante, le développement de l'éolien et du photovoltaïque ne peut plus guère réduire les émissions, voire il pourrait même les augmenter s'il fallait, comme cela est probable à partir d'un certain niveau, recourir à des centrales au gaz afin de compenser (« *backup* ») les intermittences de ces sources de production. Le coût à la tonne de CO<sub>2</sub> évitée par l'introduction de l'éolien et du photovoltaïque en France est donc élevé : la Cour des comptes<sup>(1)</sup> l'avait chiffré, en 2013, entre 40 et 1 000 €/tCO<sub>2</sub> pour l'éolien terrestre et entre 100 et 5 000 €/tCO<sub>2</sub> pour le photovoltaïque, des chiffres à comparer au prix du quota de CO<sub>2</sub> sur le marché européen EU-ETS qui est d'environ 7 €/tCO<sub>2</sub> ou à la composante carbone dans la TICPE qui est d'un montant de 30,5 €/tCO<sub>2</sub>, en 2017. Le raisonnement par lequel la France, qui est déjà bien plus « vertueuse » que la quasi-totalité des autres États membres de l'Union européenne en ce qui concerne ses émissions liées à la production d'électricité, devrait quand même faire des efforts considérables pour accélérer ses investissements afin d'installer des équipements éoliens et photovoltaïques, au risque de dégrader notamment ses performances environnementales et sa balance commerciale avec l'étranger, n'est pas un raisonnement évident. Il repose, en fait, sur l'hypothèse – optimiste – d'une possible renaissance de l'industrie française dans le secteur de ces équipements et, surtout, sur le besoin de compenser la perte de production que susciterait l'éviction de tout ou partie du nucléaire, mais à un coût qui mériterait d'être mieux analysé et d'être rendu public.

(1) « La politique de développement des énergies renouvelables – Rapport public thématique », Cour des comptes, 2013.

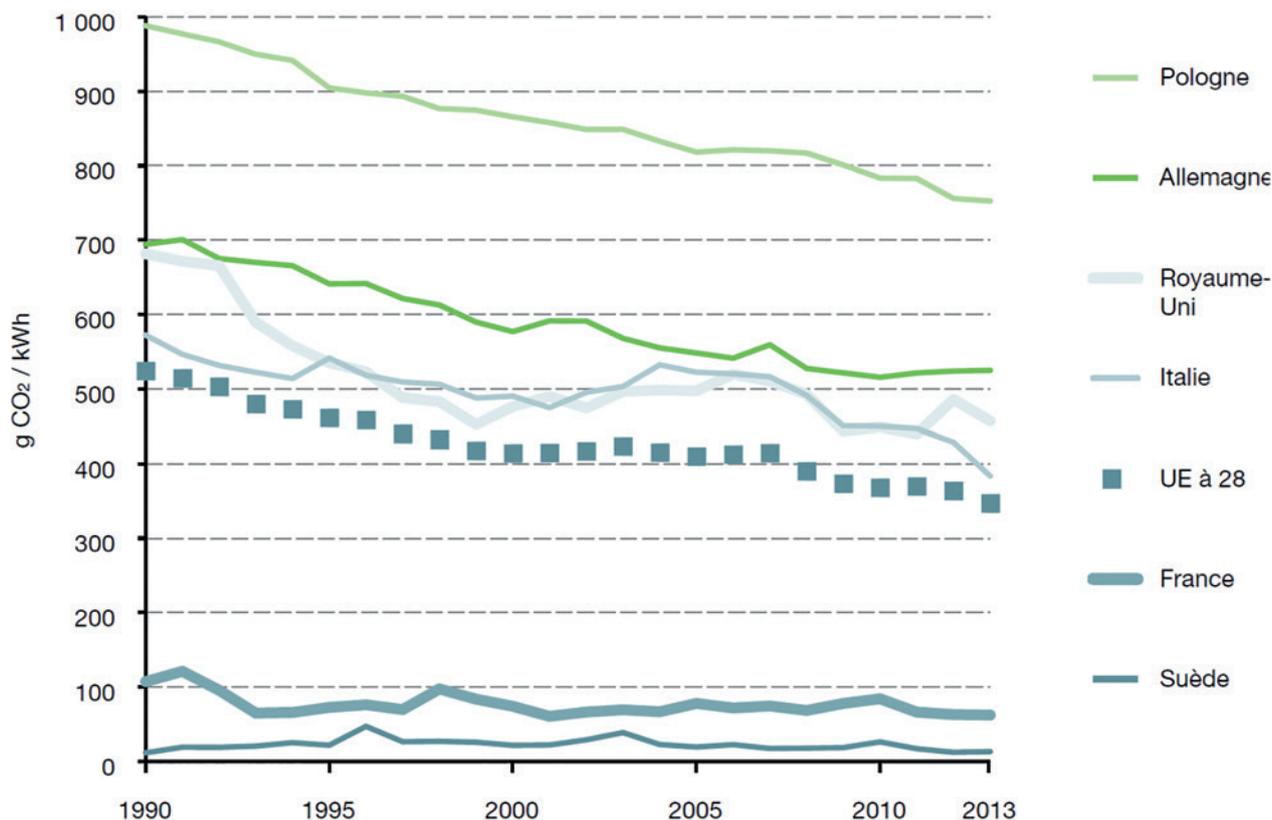


Figure 1 : Évolution des émissions de CO<sub>2</sub> pour produire 1 kWh d'électricité dans l'Union européenne (source : « Chiffres clés du climat – France et Monde », Datalab, édition 2017, CGDD-SDES/I4CE, d'après AIE, cogénération et autoproduction incluses).

Malgré l'imprécision du concept et quel que soit le pays, il y a consensus sur le fait qu'à terme (après 2050), l'électricité est vouée à jouer un rôle central dans la transition énergétique, aux côtés des énergies renouvelables thermiques (biomasse, biocarburants, biogaz, géothermie, méthanisation...), dans la limite, pour ces dernières, où elles respecteront les ressources alimentaires et l'environnement, dont la qualité de l'air et la biodiversité. L'électricité peut en effet être utilisée en substitution à toutes les autres formes d'énergie, notamment dans les transports lorsque les batteries auront été améliorées, ainsi que pour le chauffage et la climatisation, où elle devient vite compétitive dès l'instant où les bâtiments ont été bien isolés.

L'origine de l'électricité est sujette à débats, à la fois clivants et passionnés, entre parties prenantes et entre pays, y compris les États membres de l'Union européenne. Ainsi, certains intègrent le nucléaire parmi les « énergies propres » non carbonées (France, États-Unis, Royaume-Uni, Finlande, Japon...), alors que d'autres se l'interdisent (Autriche, Irlande...) et que des associations environnementales prônent le 100 % d'énergies renouvelables.

Pour atteindre la « neutralité carbone » à l'horizon 2050 conformément au Plan Climat qui a été rendu public par le MTES en juillet 2017, les formes d'énergie envisageables se limitent aux énergies renouvelables électriques (éolien, photovoltaïque, hydraulique...), aux énergies renouvelables thermiques, au nucléaire (lorsque la sûreté est assurée par une autorité indépendante, telle que l'ASN en

France), ainsi qu'éventuellement, à des énergies fossiles, à la condition expresse, pour ces dernières, qu'elles soient associées à une technique de CSUC (captage, stockage et utilisation du carbone), dont l'acceptation reste sujette à caution. L'hydrogène ne fait pas consensus, mais il pourrait également être une alternative en tant que vecteur d'énergie.

Le clivage entre pro- et antinucléaires se révèle, *a priori* de façon étonnante, dans l'accent, plus ou moins fort, mis en matière d'efficacité énergétique. Plus précisément, la baisse nécessaire de la consommation d'énergies fossiles émettrices de CO<sub>2</sub> peut être compensée de deux façons complémentaires : soit par des économies d'énergie (grâce à plus d'efficacité ou de sobriété, cette dernière impliquant des changements de comportements), soit par une production accrue d'électricité et d'énergies renouvelables thermiques qui se substitueraient aux énergies fossiles. Les antinucléaires militent contre le développement de la production d'électricité d'origine nucléaire par crainte que celui-ci ne soit utilisé comme argument pour justifier la technologie qu'ils honnissent.

Compte tenu de l'inertie des investissements en équipements et en infrastructures pour l'énergie, il est nécessaire d'avoir une vision à long terme, aux horizons 2030 ou 2050. C'est pourquoi le législateur a fixé dans la loi TECV des éléments de « dosage » entre les deux solutions : d'un côté, une baisse de la consommation énergétique finale de 20 % en 2030 et de 50 % en 2050 (par rapport à 2012, toutes

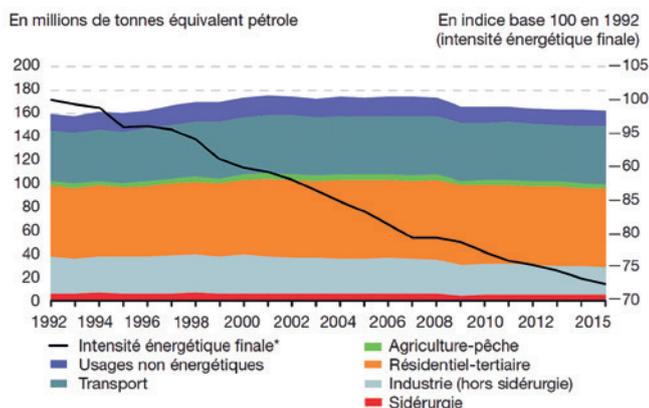


Figure 2 : Évolution de la consommation finale d'énergie par secteur et de l'intensité énergétique en France (sources : CGDD-SDES, INSEE in « Chiffres clés de l'environnement », édition 2016).

énergies confondues), qui s'ajoute à un objectif de baisse de 30 % de la consommation d'énergies fossiles d'ici à 2030 (par rapport à 2012) ; et, de l'autre, un mix de production d'électricité à l'horizon 2025 formé de 50 % de nucléaire et de 40 % d'énergies renouvelables (cet horizon de 2025 devant être décalé à 2030, voire à 2035, selon les déclarations du ministre de La Transition écologique et solidaire, M. Nicolas Hulot, le 7 novembre 2017). La « PPE 2016 » (programmation pluriannuelle de l'énergie) fixe, en outre, aux horizons 2018 et 2023, des objectifs intermédiaires, qui seront actualisés dans son édition de la fin 2018.

Energies renouvelables électriques	<b>Augmentation de plus 50% de la capacité installée en 2023 pour atteindre entre 71 et 78 GW</b>
Energies renouvelables chaleur	<b>Augmentation de plus de 50% de la capacité installée avec une production de 19 Mtep</b>
Production de biométhane injecté dans le réseau de gaz	<b>8 TWh en 2023</b>
Consommation finale d'énergie	<b>Baisse de 12,3% en 2023 par rapport à 2012</b>
Consommation primaire des énergies fossiles	<b>Baisse de 22% en 2023 par rapport à 2012</b>
Consommation primaire du charbon	<b>Baisse de 37% en 2023 par rapport à 2012</b>
Consommation primaire des produits pétroliers	<b>Baisse de 23% en 2023 par rapport à 2012</b>
Consommation primaire du gaz	<b>Baisse de 16% en 2023 par rapport à 2012</b>
Emissions de gaz à effet de serre issues de la combustion d'énergie	<b>294 MtCO2 en 2018 (&lt; au budget carbone de 299 MtCO2) 254 MtCO2 en 2023 (&lt; au budget carbone de 270 MtCO2)</b>
Croissance économique	<b>Hausse de 1,1 pt de PIB en 2030 par rapport au scénario tendanciel</b>
Emplois	<b>Ecart d'emplois entre le scénario de référence et un scénario tendanciel : environ +280 000 emplois en 2030</b>
Revenu disponible brut des ménages	<b>Hausse du revenu disponible brut des ménages dans le scénario de référence de la PPE : 13 milliards d'euros en 2018 et de 32 milliards d'euros en 2023</b>

Figure 3 : La programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) en quelques chiffres (Source : ministère de la Transition écologique et solidaire, direction générale de l'Énergie et du Climat, novembre 2016).

Toutefois, ce « dosage » reste incomplet, puisqu'il n'est pas dit ce que deviendra le mix électrique après 2025 (ou 2030, voire 2035) et qu'aucune « trajectoire » suffisamment documentée n'est produite par l'administration pour l'horizon 2050 (les scénarios issus du DNT de 2013 n'avaient qu'une vocation taxonomique et le scénario ADEME « 100 % énergies renouvelables électriques à 2050 » ne propose pas de trajectoire et reste conditionné à l'émergence de nouvelles solutions en matière de stockage). N'aurait-il pas fallu s'interroger sur l'impact socio-économique d'une baisse de 50 % de la consommation énergétique finale<sup>(2)</sup> en 2050, telle que prévue par la loi TECV, par rapport à une baisse, par exemple, de 10 %, 20 % ou 60 % ? Certes, un cap est bien fixé, ce qui répond à une demande pressante des investisseurs, mais s'il convainc les partisans d'une décroissance économique ou d'une sortie rapide du nucléaire, il laisse perplexes ceux qui pensent qu'une électricité d'origine nucléaire, à condition qu'elle soit propre, sûre et pas trop chère, pourrait contribuer à compenser la baisse des énergies fossiles et à desserrer la contrainte de sobriété. Ainsi, le décalage annoncé le 7 novembre 2017 de l'objectif à 2025 prévu par la loi TECV, témoigne que le « principe de réalité » a fini par s'imposer.

En outre, un tel cap ne tient compte ni de ses effets potentiellement récessifs pour l'économie française ni de la difficulté que peuvent éprouver certains ménages à dépenser maintenant pour pouvoir économiser de l'énergie plus tard, au détriment, par exemple, de l'éducation (au sens large) de leurs enfants. Le débat n'est donc pas clôt et il semble nécessaire d'engager au plus vite une meilleure analyse prospective de l'énergie en France à 2050-2060 et de ses impacts socio-économiques, en impliquant ouvertement toutes les parties prenantes représentatives de la société française, y compris les scientifiques et les économistes. Pourquoi ne pas s'inspirer, en les modernisant, des méthodes de l'ancien Commissariat général au Plan, dans les années qui ont suivi les deux premiers chocs pétroliers de 1973 et de 1985 ? La définition d'un cap ambitieux, puis le pilotage qui s'en était ensuivi, avaient alors fait de la France un modèle de gestion de sa « transformation énergétique ».

(2) Avec 149 Mtep en 2015, la consommation énergétique finale n'a baissé que de 5,3 % depuis 2005, année de publication de la loi « POPE » (loi de programme fixant les orientations de la politique énergétique, prémices de la transition énergétique), malgré une crise économique majeure et la forte désindustrialisation qui s'est ensuivie.