

## **Prospective énergie : les visions de 1997 pour 2020 se sont-elles réalisées ?**

François Moisan

***En 1997, le Commissariat général du Plan réalisait une prospective des consommations d'énergie et des émissions de CO<sub>2</sub> de la France aux horizons 2010 et 2020. Comparer les projections réalisées il y a plus de vingt ans avec les trajectoires observées est riche d'enseignements. Au-delà des visions portées par les experts, qui se sont avérées confortées ou infirmées selon les secteurs, ce diagnostic conduit à apprécier les conditions de concrétisation des politiques publiques envisagées. La principale leçon à tirer pour les exercices de prospective en cours pour atteindre une neutralité carbone en 2050 est que le champ du possible est très ouvert et ne doit pas s'enfermer dans une vision trop conservatrice.***

### **I. Le contexte des travaux de prospective de 1997-1998**

En septembre 1998, le Commissariat général du Plan (dont France Stratégie est le successeur) publiait les travaux d'un groupe de prospective sur l'énergie «Énergie 2010–2020» confié à Pierre Boisson, Ingénieur général des Mines. Quatre ateliers avaient contribué à ces travaux dont l'un chargé de réaliser des scénarios énergétiques pour la France à ces horizons. Cet atelier rassemblait une soixantaine d'experts (entreprises, académiques, administration, associations...). Six sous-groupes sectoriels ou transversaux avaient contribué aux travaux qui se sont déroulés pendant les années 1997–1998<sup>1</sup>.

Au moment où plusieurs travaux de prospective sur les perspectives de neutralité carbone en 2050 sont lancés, il est intéressant d'évaluer, vingt ans après, dans quelle mesure les scénarios réalisés en 1997 se sont trouvés confortés ou infirmés par la trajectoire observée. Les scénarios sont des exercices de prospective quantifiés qui ont donc l'avantage de produire des chiffres que l'on peut comparer

avec la réalité observée. Pour autant, l'analyse rétrospective ne peut se limiter aux chiffres et l'enseignement que l'on peut en tirer réside avant tout dans les sous-jacents qui ont conduit les experts à formuler les hypothèses des projections effectuées. Cette évaluation doit permettre de questionner les hypothèses qui sont formulées dans les exercices de prospective à 2050 au regard des erreurs qui ont pu être faites il y a vingt ans : sur quoi nous sommes-nous trompés et pourquoi? Et quelles étaient les hypothèses plutôt solides?

Au-delà des hypothèses individuelles qui se sont avérées structurantes, il est également intéressant de questionner les choix méthodologiques qui avaient présidé aux travaux. En annexe est reproduit l'avant-propos de la publication de 1998 qui explicite le parti pris pour l'exercice de prospective, c'est-à-dire le choix d'élaborer trois scénarios fondés sur les évolutions contrastées de la société et de l'économie plutôt qu'un scénario central, jugé le plus probable, et des variantes :

- Un premier scénario «Société de marché» privilégie une vision du futur faisant une large place aux mécanismes de marché dans

un contexte de moindre intervention de l'État : l'énergie devient de plus en plus un bien marchand comme un autre, sans contrainte particulière ni du côté de la sécurité des approvisionnements ni du côté des impacts induits sur l'environnement.

- Le second scénario «État industriel» s'inscrivait dans une logique de réactualisation et de consolidation de la spécificité énergétique historique française (de l'après-guerre à la libéralisation des secteurs de l'énergie). Il se caractérise par la forte intervention de l'État dans la politique énergétique avant et surtout après les chocs pétroliers des années 1970 qui a conforté la place de grands acteurs et le choix du programme électronucléaire.

- Le troisième scénario «État protecteur de l'environnement» est porteur d'une option privilégiant la dimension environnementale de l'intervention publique. Il cherche notamment à préciser ce que pourraient être les conditions d'application des accords de limitation des émissions de gaz à effet de serre passés dans le cadre de la Convention sur le climat (1992) et du Protocole de Kyoto (1997).

Les travaux engagés par le Commissariat général du Plan ont eu recours à deux approches distinctes de modélisation : un modèle technico-économique reposant sur une analyse fine des différents postes de la demande d'énergie par secteur, le modèle MEDEE, et un modèle économétrique sectoriel combinant une représentation de la demande en fonction notamment des prix et de la croissance et une représentation de l'offre supposée répondre à une règle sectorielle d'optimisation économique, le modèle MIDAS.

Cette étude ne vise pas à produire une évaluation exhaustive des scénarios au regard de la réalité observée, mais à identifier quelques éléments majeurs qui ont fondé les travaux des années 1990, à les confronter aux réalités de la fin de la décennie 2010 afin de questionner les hypothèses qui pourront être formulées pour 2050.

Plusieurs éléments de divergence sont à mettre en relief :

- La croissance économique retenue a été fortement surestimée en raison d'un optimisme «traditionnel» des gouvernements, optimisme qui s'impose aux prospectivistes, du moins dans la sphère publique.

- Une population qui a crû davantage que prévu.

- Les projections de prix du pétrole se sont avérées bien en dessous des évolutions constatées (le contre-choc pétrolier était encore dans tous les esprits).

- Les émissions de CO<sub>2</sub> se sont avérées beaucoup plus faibles qu'estimées dans tous les scénarios. Les différents facteurs expliquant cette divergence, liés aux hypothèses formulées dans les scénarios, sont étudiés dans ce document.

- La croissance de la demande d'énergie a été plus faible que prévu et s'est même stabilisée dans la décennie 2010.

- Une complète sous-estimation de la place qu'allaient prendre les énergies renouvelables dans le secteur de la production d'électricité, notamment l'éolien et le solaire photovoltaïque.

- La fragilité des hypothèses faites sur certains paramètres d'activité économique sectoriels (croissance de la taille du parc de logements sous-estimée, mais croissance de la mobilité des personnes surestimée).

En revanche, les projections de plusieurs facteurs se sont trouvées confortées ou du moins les différentes hypothèses propres aux trois scénarios encadrent le résultat observé (efficacité énergétique unitaire de plusieurs usages, évolution des consommations spécifiques d'électricité).

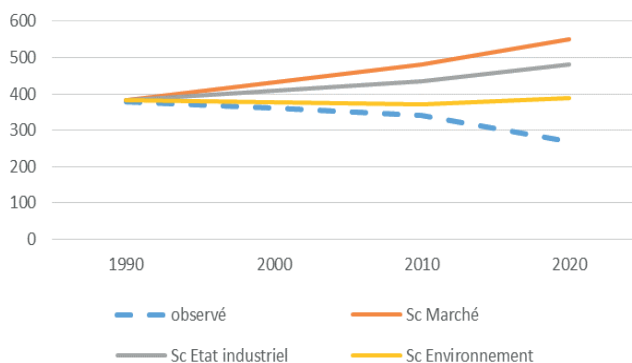


Figure 1. Évolution des émissions de CO<sub>2</sub> dans les 3 scénarios et observée

## II. L'analyse des projections au regard de la réalité observée

### 1. Les évolutions des émissions de CO<sub>2</sub> projetées et observées et les facteurs structurants de ces évolutions (équation de Kaya)

L'exercice de prospective réalisé en 1997, avec l'année 1992 comme référence des bilans énergétiques et 1990 pour les émissions de CO<sub>2</sub>, présentait pour chacun des 3 scénarios une évolution des émissions de CO<sub>2</sub> à l'horizon 2020, qui allait d'une augmentation de 44 % par rapport à 1990 dans le scénario «de marché» à une quasi-stabilisation dans le scénario «environnemental» (+ 1,5 %). La trajectoire des émissions de CO<sub>2</sub> a été en réalité beaucoup plus faible qu'estimée dans chacun des scénarios avec une baisse de 19,5 % entre 1990 et 2016. En 20 ans, entre 1990 et 2010, les émissions de CO<sub>2</sub> ont décliné de 9,7 % alors que le scénario «société de marché» tablait sur une croissance des émissions de 25 %. Rappelons que, début 1997, lors de la réalisation des travaux du Commissariat général du Plan, le sommet de Rio (1992) avait retenu un objectif non contraignant des pays développés de stabiliser leurs émissions à l'horizon 2000 et que les engagements pris à Kyoto fin 1997 de réduction des émissions (- 8 % à l'horizon 2012 pour l'Union européenne) n'excluaient pas de les tenir en ayant recours aux

mécanismes de flexibilité au niveau international (achat de crédits carbone)<sup>2</sup>.

Si certaines hypothèses communes aux trois scénarios ne se sont pas réalisées et peuvent contribuer à expliquer cette divergence, d'autres auraient dû avoir un effet contraire :

- La croissance de la population a été fortement sous-estimée. On avait retenu une population française de 63,5 millions en 2020 alors qu'elle est actuellement de 67,2 millions (57 millions en 1990). Logiquement, cet écart aurait dû conduire à une sous-estimation de la croissance des consommations d'énergie et des émissions de CO<sub>2</sub>.
- La croissance économique a été fortement surestimée (2,3 % par an en moyenne sur la période 1995–2020) alors que le réalisé est plutôt de l'ordre de 1,6 % par an. Il convient de se rappeler qu'à l'époque l'INSEE retenait dans ses prévisions une croissance économique de 2,6 % par an en moyenne annuelle à l'horizon 2015. Cette moindre croissance économique va dans le sens d'un plus faible niveau d'émission, mais n'explique pas la totalité des écarts.
- L'évolution des prix du pétrole a également été sous-estimée en retenant une valeur de 24 \$/baril (\$ 1995 constants) sur la période 2005–2020. Le baril a subi une forte hausse dans la décennie 2010 (dépassant 100 \$/

baril) et est resté supérieur à 80 \$/baril jusqu'en 2014. Cette évolution explique également pour partie la baisse des émissions de CO<sub>2</sub> constatée.

Afin d'éclairer les divergences sur l'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> de façon globale, il est utile d'identifier les variables de l'équation de Kaya qui expliquent le niveau des émissions par tête comme la multiplication de trois facteurs : le contenu carbone du mix énergétique (émissions/consommation d'énergie), l'intensité énergétique (consommation d'énergie par unité de PIB) et la richesse nationale rapportée au nombre d'habitants (PIB/habitant).

En 1992, les différentes variables de l'équation de Kaya sont les suivantes : une émission de CO<sub>2</sub>/habitant en France de 6,3 tonnes qui peut s'expliquer de la façon suivante : un contenu CO<sub>2</sub> du mix énergétique de 1,6 tonne/tep, une intensité énergétique de 159 ktep/milliards d'euros de PIB (€ 2010) et une richesse de 25,5 k€ (€ 2010) par habitant.

Les mêmes variables observées en 2010 sont de 5,4 t CO<sub>2</sub> par habitant soit 1,3 t CO<sub>2</sub>/tep, une intensité énergétique de 131 ktep/milliard euros (€ 2010) et une richesse par habitant de 31,2 k€/habitant. On constate donc que les émissions par tête ont décliné grâce à une décarbonation du mix énergétique et une baisse de l'intensité énergétique et ceci malgré une augmentation du revenu par tête.

Quelles étaient les projections de ces variables effectuées en 1997 lors des travaux du CGP ?

- L'évolution de la richesse par tête (PIB/habitant) estimée à l'horizon 2010 était de + 40 % (taux de croissance annuel du PIB de 2,3 % et croissance de la population de 57,4 à 61,7 millions). La croissance du revenu par tête observée n'a été que de 22 %.

- La teneur en CO<sub>2</sub> du mix énergétique constatée a décliné de 19 % pendant la période 1992–2010 alors que les scénarios du CGP estimaient qu'elle serait en légère augmentation dans le scénario de marché et décroîtrait de 6,8 % dans le scénario environnement. La part relative des énergies fossiles dans le

bilan énergétique primaire a en effet davantage décliné que ce qui avait été projeté dans les trois scénarios (moindre consommation relative du pétrole, du gaz et du charbon, croissance du nucléaire dans les années 1990).

- Enfin, concernant l'intensité énergétique on a observé une décroissance de 17,6 % entre 1992 et 2010 alors que les projections des scénarios estimaient une décroissance comprise entre 14 % dans le scénario de marché et 27,5 % dans le scénario environnement (19,5 % de décroissance pour le scénario État industriel ce qui est assez proche de l'observé). On peut noter que la plus forte croissance économique projetée aurait dû engendrer une diminution plus accentuée de l'intensité énergétique.

En conclusion, si les estimations de l'évolution de l'efficacité énergétique encadraient bien la trajectoire observée, le mix énergétique s'est avéré moins carboné qu'attendu dans tous les scénarios et l'évolution de la richesse par tête beaucoup moins optimiste. Toutes choses égales par ailleurs, si la croissance économique avait été de 2,3 % par an en moyenne entre 1992 et 2010 (au lieu de 1,67 % observée) les émissions de CO<sub>2</sub> auraient été supérieures de 12 %. Mais l'évolution de l'intensité énergétique n'est pas indépendante de la croissance économique puisque l'on a pu observer par le passé que cette dernière favorise le renouvellement des équipements avec des matériels plus performants et une meilleure efficacité énergétique globale : la crise économique des années 2008–2009 a engendré une moindre progression de l'efficacité énergétique même si elle a contribué à réduire les émissions de CO<sub>2</sub>. Sur la période 1990–2016, on constate une tertiarisation de l'économie, la valeur ajoutée du tertiaire ayant augmenté de 55 % alors que celle de l'industrie n'a augmenté que de 22 %.

## 2. Les hypothèses et projections sectorielles de la demande

*La croissance de la demande d'énergie s'est avérée beaucoup moins forte que prévu*

- Dans le secteur résidentiel, les scénarios du CGP estimaient une augmentation des

## Prospective énergie : les visions de 1997 pour 2020 se sont-elles réalisées ?

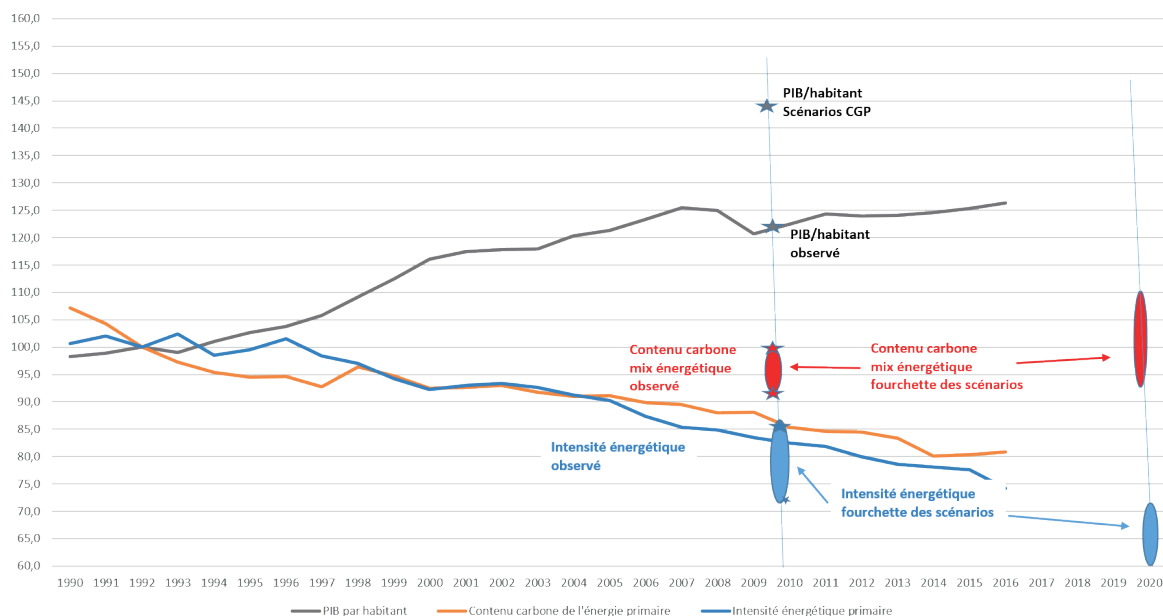


Figure 2. Évolution des variables de l'équation de Kaya : scénarios vs observé, indice 100 en 1992

consommations d'énergie entre 1992 et 2010 allant de + 9 % (scénario environnement) à + 23 % (scénario de marché) puis une poursuite de la croissance jusqu'à + 32 % en 2020 dans le scénario de marché ou une réduction dans le scénario environnement (+ 6 % en 2020 par rapport à 1992). La réalité observée est une quasi-stabilisation jusqu'en 2016 (+ 1,5 % par rapport à 1992, corrigé des variations climatiques).

— La part constatée des maisons individuelles dans la construction neuve s'avère en 2010 proche de celle du scénario « société de marché » (58 vs 60 %). Le rythme de la construction neuve constaté est dans le haut de la fourchette des hypothèses des scénarios du CGP (350 000/an) et le parc de logements (en m<sup>2</sup>) a augmenté de 23 % (contre 16 % dans les scénarios du CGP).

— Malgré une plus forte dynamique du secteur logement (accroissement du parc plus important que prévu), on constate que les consommations d'énergie sont nettement en retrait par rapport aux projections. C'est surtout dû à l'efficacité énergétique

qui s'est améliorée en moyenne puisque les usages de chauffage ont vu leurs consommations unitaires (kWh/m<sup>2</sup>) baisser de 31 % entre 1992 et 2010 (35 % en 2016). Alors que le nombre de m<sup>2</sup> par habitant augmentait de 18 %, les consommations de chauffage baissaient de 10 %. Les scénarios prévoient entre une stabilisation des consommations globales de chauffage (scénario environnement) et une croissance de 12 % (scénario de marché). En revanche, les consommations pour l'eau chaude sanitaire se sont avérées sous-estimées, traduisant sans doute une moindre sobriété dans les comportements.

— La croissance des consommations d'électricité spécifique (+ 74 %) s'est avérée dans la fourchette des projections (+ 50 à 87 %). On constate d'ailleurs que depuis 2010 les consommations d'électricité spécifique ont tendance à se stabiliser malgré la croissance des usages du numérique. Seul le scénario environnement envisageait cette stabilisation des consommations après 2010.

— La progression du gaz naturel dans les logements (estimée entre + 33 et 52 %

en 20 ans dans les scénarios) n'a crû en réalité que de 13 %. En revanche, les progressions des consommations d'électricité se sont avérées dans la fourchette des projections (+ 40 %) et la baisse des consommations de fioul domestique en phase avec le scénario «environnement».

- Dans le secteur du tertiaire, on observe une croissance des consommations entre 1992 et 2010 (+ 26 %) proche des projections du scénario environnement (+ 23 %) mais beaucoup plus faible que celles du scénario de marché (+ 35 %). Ce décalage est encore plus marqué pour la période post 2010 puisque depuis 2010 les consommations du tertiaire sont stabilisées alors que l'on envisageait pour 2020 des croissances entre + 19 % (scénario environnement) et + 57 % (scénario de marché).

- Dans le secteur des transports, la croissance des consommations d'énergie a été nettement surestimée. Les scénarios envisageaient des croissances de consommation entre 1992 et 2010 comprises entre + 15 % (scénario environnement) et + 36 % (scénario de marché). Elles n'ont crû en réalité que de 8 %. Depuis le début des années 2000, les consommations des transports sont en stagnation.

— Pour ce qui concerne les mobilités des véhicules particuliers, les évolutions ont été conformes au scénario «environnement» avec une croissance des voyageurs km estimée de 22 % entre 1992 et 2010 (23 % observé). Les scénarios «société de marché» et «État industriel» estimaient un accroissement beaucoup plus fort des trafics de véhicules particuliers (respectivement + 34 % et + 38 %). L'amélioration des performances énergétiques des véhicules s'est avérée dans la fourchette des projections avec un gain de 10,9 % mesuré en tep/Mds km entre 1992 et 2010 alors que le scénario société de marché projetait un gain de 5,2 % et le scénario environnement de 14,6 %. Concernant la part de marché des véhicules diesel (neufs) par rapport à l'essence, on estimait que le diesel allait progresser en début de période, mais que la tendance s'inverserait, notamment dans le scénario environnement dans lequel la part des véhicules neufs diesel serait limitée à 20 % en 2020 alors que dans

le scénario de marché elle atteindrait 45 % au même horizon. Rappelons qu'elle était à ce niveau (45 %) en 2010 avant la mise en œuvre du rattrapage du différentiel de fiscalité.

— Les transports de marchandises par route ont connu une croissance de leur activité qui se situe dans le bas de la fourchette. Le scénario société de marché projetait une croissance de 61 % entre 1992 et 2010 et le scénario environnement de 46 %. La croissance n'a été que de 45 %. En revanche, la performance énergétique des poids lourds ne s'est accrue que de 9,8 % alors que les projections laissaient espérer un gain à la tonne km entre 15 % (scénario de marché) et 20 % (scénario environnement).

Globalement, dans le secteur des transports routiers la croissance des mobilités (voyageurs et marchandises) a été fortement surestimée, ce qui explique que les consommations d'énergie et les émissions de CO<sub>2</sub> des transports ont été dans le bas de la fourchette des scénarios : les scénarios projetaient une croissance à 2010 des consommations des transports routiers comprise entre 7 % (scénario environnement) et 32 % (scénario société de marché).

Dans le secteur de l'industrie, l'évolution observée s'est traduite par une baisse des consommations d'énergie (- 14 % observé entre 1992 et 2010) alors que les scénarios envisageaient tous une croissance, + 18 % pour le scénario de marché, + 16 % pour le scénario État industriel et + 6 % pour le scénario environnement. Cet écart s'amplifie encore après 2010 puisque les scénarios tablaient sur une croissance à 2020 par rapport à 1992 comprise entre + 33 % (marché) + 13 % (environnement) alors qu'en 2016 elle a décré de 19 % par rapport à 1992. Les scénarios réalisés en 1997 tablaient sur une progression de l'activité de certaines industries grosses consommatrices d'énergie, notamment de l'industrie chimique, de la production de papier et une stabilisation ou une légère diminution pour d'autres (acier, ciment) et une progression de l'efficacité énergétique. Le CGDD (Commissariat Général au Développement Durable) constate que la baisse de

l'intensité énergétique joue un rôle déterminant dans celle des émissions de CO<sub>2</sub> de l'industrie et ceci au-delà de la baisse imputable à la crise économique de 2009 : « Cette diminution reflète une forte amélioration de l'efficacité énergétique des procédés de fabrication dans les différentes branches industrielles. Sur cette période (1990–2016), globalement, les réallocations internes à l'industrie (effet de structure) sont neutres sur son intensité énergétique ». Si l'on constate une baisse du poids de l'industrie dans le PIB, ce n'est donc pas dû à la part relative des industries grandes consommatrices d'énergie.

Les émissions de CO<sub>2</sub> de l'industrie ont baissé de 35 % entre 1990 et 2016 alors que les scénarios envisageaient une baisse comprise entre 3,4 % (scénario de marché) et 25 % (scénario environnement) entre 1990 et 2020. Le rôle du marché des permis d'émission (ETS) sur ces performances reste à évaluer mais les industriels français n'ont pas eu besoin de recourir à l'achat de crédits carbone dans le cadre du mécanisme de développement propre (MDP).

*Une demande d'électricité bien ciblée pour 2010, mais largement surestimée pour 2020*

La consommation intérieure d'électricité en 2010 s'établit à 513 TWh (bilan RTE 2010) et se situe donc au niveau de l'estimation du scénario État industriel niveau intermédiaire entre les deux autres scénarios (530 pour le scénario de marché et 483 pour le scénario environnement). Mais, si l'on compare les estimations faites pour 2020 dans les scénarios au bilan 2018 et aux évolutions constatées entre 2010 et 2018, on observe une forte divergence avec une surestimation des consommations d'électricité pour les trois scénarios. En 2018, la consommation d'électricité n'a été que de 474 TWh (stable sur les 10 dernières années) alors que le scénario environnement estimait pour 2020 une consommation de 488 TWh (3 % de plus que l'observé 2018) et le scénario de marché de 575 TWh (21,3 % de plus que l'observé 2018).

### 3. Les hypothèses dans le domaine de l'offre d'énergie

- Pour ce qui concerne la part du nucléaire dans la production d'électricité, l'hypothèse centrale des scénarios envisageait une durée de vie des centrales de 40 ans, ce qui aurait conduit à un début de déclassement des centrales existantes en 2017. Une variante avec une durée de vie maximale de 30 ans conduisant à un déclassement plus précoce (à partir de 2007) a été étudiée. La contribution observée du nucléaire au bilan 2010 (408 TWh) se situe en dessous des estimations scénarios État industriel (435 TWh) et société de marché (436 TWh) mais au-dessus du scénario environnement (374 TWh) pour l'hypothèse de 40 ans de durée de vie des centrales. Dans l'hypothèse de durée de vie de 30 ans des centrales, la principale différence réside dans la contribution du nucléaire dans le scénario de marché où le nucléaire n'aurait plus contribué qu'à hauteur de 76 TWh en 2020 au profit du gaz. Le contexte d'ouverture à la concurrence du secteur de l'électricité conduisait à envisager que, dans un scénario de marché sans intervention de l'État, le remplacement des centrales nucléaires déclassées se ferait essentiellement par des cycles combinés à gaz. Dans le scénario État industriel, les centrales déclassées étaient remplacées par du « nouveau » nucléaire. À l'horizon 2020 dans l'option 40 ans de durée de vie la contribution du nucléaire était estimée entre 355 TWh (scénario environnement) et 428 TWh (scénario État industriel), elle a été de 393 TWh en 2018.

- La contribution des énergies renouvelables électriques hors hydraulique s'avère fortement sous-estimée dans les 3 scénarios, surtout à l'horizon 2020 compte tenu de la forte progression de l'éolien et du solaire depuis 2010 :

- En 2010, l'éolien a contribué à hauteur de 9,7 TWh à la production électrique alors que l'on prévoyait 8,7 TWh dans le scénario le plus favorable (scénario environnement) et moins de 1 TWh dans le scénario de marché. En 2020, on estimait la contribution de l'éolien entre 1 TWh (scénario de marché) et 17,4 TWh

(scénario environnement) alors que sa contribution en 2018 a été de 28 TWh. Le scénario de marché n'envisageait pas de soutien spécifique à la filière au-delà du programme «EOLE 2005» en cours en 1998 qui ciblait 100 MW de puissance installée en 2020. Le scénario environnement était plus «ambitieux» avec un objectif de 2 GW de puissance installée en 2020. En réalité, 5,8 GW d'éolien étaient installés en 2010 et 15,1 GW en 2018.

— Pour ce qui concerne le solaire, l'écart est encore plus notable puisque les scénarios n'envisageaient pas de contribution significative dans aucun des trois scénarios, que ce soit en 2010 ou en 2020, alors qu'en 2018 le photovoltaïque a produit 10 TWh. En 2010, la puissance installée en photovoltaïque était de 878 MW et en 2018 8,5 GW, soit presque dix fois plus.

Il est clair qu'en 1997 on n'envisageait pas la mise en œuvre d'une politique publique de soutien aux énergies renouvelables pour pénétrer le marché comme elle l'a été malgré les *stop and go* qui ont entravé la visibilité des opérateurs. On n'envisageait pas non plus la forte décroissance des coûts de ces énergies depuis 2010 qui les rendent maintenant au seuil de la compétitivité de marché.

La contribution des énergies renouvelables pour la chaleur et pour les carburants a également augmenté davantage que les perspectives les plus optimistes des scénarios.

Pour ce qui concerne la biomasse, on envisageait une légère croissance de la contribution du bois énergie pour le chauffage résidentiel (de l'ordre de 10 % dans le scénario environnement pour atteindre 9,3 Mtep en 2020). En matière de chauffage collectif, un «plan bois énergie étendu» était envisagé dans le scénario environnement permettant d'atteindre 0,4 Mtep en 2020 alors qu'en 2016 la production de chaleur à partir des chaufferies bois est de 2 Mtep grâce notamment à la mise en œuvre du fonds chaleur. En ce qui concerne la valorisation des déchets ménagers, une valorisation en électricité était projetée en 2020

entre 5 et 12 TWh selon les scénarios (4,2 TWh observés en 2018).

La consommation de biocarburants sous forme d'éthanol et d'ester méthylique était estimée à 0,7 Mtep en 2020 dans le scénario environnement. La consommation de biocarburants observée en 2010 était trois fois plus élevée (2,3 Mtep).

Pour ce qui concerne plus globalement les évolutions des émissions de CO<sub>2</sub>, le CGDD observe : «La baisse des émissions (de CO<sub>2</sub>) est concentrée sur la fin de période, à partir de la fin des années 2000, ce qui est notamment lié au déploiement des énergies renouvelables, au-delà de la poursuite des gains d'efficacité énergétique. La crise économique a également joué un rôle important, d'une part, au travers de son impact sur le PIB et, d'autre part, en accélérant la désindustrialisation de l'économie.» Il note par ailleurs que le développement du nucléaire a joué un rôle sur les évolutions des émissions essentiellement durant les années 1990.

#### 4. Conclusion

En 1997, le scénario «État protecteur de l'environnement» pouvait apparaître comme une option plausible, à condition de réunir une évolution du contexte qui le rende crédible mais aussi une détermination politique se traduisant par des mesures appropriées. La majorité des soixante experts qui participaient au groupe plénier n'avaient pourtant pas imaginé les évolutions constatées des émissions de CO<sub>2</sub> (la signature du Protocole de Kyoto fin 1997 était postérieure aux travaux du Commissariat général du Plan). Le scénario «société de marché» paraissait s'appuyer sur des tendances lourdes de dérégulation des économies avec une croissance des mobilités et des activités tertiaires et la remise en cause des monopoles énergétiques historiques. Pour ce qui concerne le scénario «État industriel», même si de nombreux experts du groupe étaient porteurs de cette option traduisant une continuité de la posture historique des gouvernements du pays, il mettait en lumière la



## Prospective énergie : les visions de 1997 pour 2020 se sont-elles réalisées ?

problématique de la pérennisation de la filière électronucléaire face à la dérégulation.

Deux éléments majeurs semblent avoir échappé aux visions des experts :

- Le premier concerne les fortes inflexions observées sur la croissance, voire la saturation, de certains paramètres d'activité comme la mobilité, ou encore la consommation d'électricité spécifique (comme l'éclairage mais pas seulement) qui a certes crû en début de période mais qui a eu tendance à se stabiliser depuis quelques années. Toutes ces évolutions ne s'expliquent pas seulement par une moindre croissance économique même si elle a joué un rôle. L'évolution des prix des hydrocarbures, fortement sous-estimée, a également joué. Le phénomène de désindustrialisation observé sur la période était également sous-estimé, le poids économique des pays émergents n'étant pas encore perceptible au niveau constaté ultérieurement. Pourtant de nombreux débats ont lieu entre les experts sur les phénomènes de saturation de certains besoins et le fait de recourir à des scénarios de différentes logiques devrait permettre d'éviter une prudence excessive sur les projections des paramètres.

- Le second relève des politiques publiques mises en œuvre. En 1997, le développement des énergies renouvelables (hors hydraulique) semblait durablement cantonné à une portion relativement symbolique du bilan énergétique. Seule l'utilisation du bois de chauffage dans le secteur résidentiel représentait quelques pourcents de l'approvisionnement énergétique. Les politiques publiques mises en œuvre, notamment après le « Grenelle de l'environnement », inimaginables ou pas imaginées en 1997, ont montré que des mesures décidées par les gouvernements pouvaient se traduire par des transformations du système énergétique, notamment pour l'éolien et le solaire. Bien évidemment, ces mesures ont été accompagnées par une forte baisse des coûts de ces énergies sur les marchés internationaux et par un positionnement des entreprises françaises sur ces nouveaux marchés crédibilisant les politiques publiques (tarifs d'achat, appels d'offres...). La baisse des consommations d'énergie

observée, par exemple pour le chauffage des logements, peut également s'expliquer par un certain nombre de mesures de politiques publiques mises en œuvre sur la durée comme la réglementation thermique des logements neufs ou les certificats d'économie d'énergie et l'effet d'entraînement de ces mesures sur les producteurs d'équipements.

En conclusion, on peut dire rétrospectivement qu'aucune des options envisagées n'était hors du champ du plausible mais que les experts ont certainement sous-estimé les capacités de transformation de la société et du système technique. Ils ont également été encore trop « prudents » sur la capacité de l'État à avoir une influence sur les trajectoires. C'est sans doute ce double enseignement qui est à retenir pour la construction de nouvelles visions à l'horizon de 30 ans. Cette analyse conforte plutôt le choix effectué en 1997 de s'appuyer sur trois scénarios contrastés plutôt qu'un scénario central. Le rôle de la prospective n'est pas tant d'identifier le futur le plus probable que de montrer aux acteurs de la société quelles sont les ouvertures possibles au regard de leurs comportements et de leurs décisions, au premier chef celles des pouvoirs publics dont les politiques peuvent encore influencer sur les trajectoires.

### NOTES

1. Commissariat général du Plan : Énergie 2010–2020. Trois scénarios énergétiques pour la France, 1998. Président François Moisan, Rapporteur Olivier Godard.

2. Les comparaisons entre les projections des scénarios et l'observé figurant dans ce document sont exprimées en % d'évolution entre 1992 et 2010 (ou 2020 au regard des bilans énergétiques les plus récents disponibles). Les changements de facteurs de conversion de l'électricité d'une part, la révision des bilans énergétiques historiques opérés depuis 1997 d'autre part ne permettent pas le plus souvent de comparer les valeurs absolues des productions et consommations d'énergie.

## **Annexe. La méthodologie de choix des scénarios retenue en 1997 (extrait de la publication de 1998 du CGP)**

Il nous a paru intéressant de reproduire ici l'avant-propos de l'ouvrage publié en 1998 par le Commissariat général du Plan qui restituait les travaux réalisés pour la prospective énergétique 2010–2020. Le choix actuel de scénarios à l'horizon 2050 doit arbitrer entre différentes options et variantes de scénarios. Les problématiques qui se posaient il y a 20 ans restent suffisamment d'actualité pour éclairer la logique des travaux actuels.

### **Avant-propos (par François Moisan, Président de l'Atelier A2)**

L'élaboration de scénarios énergétiques pour la France aux horizons 2010 et 2020 vise à éclairer les décisions en matière de politique énergétique. Un tel exercice de prospective peut relever de deux démarches distinctes.

La première consiste à rassembler l'expertise sur les perspectives les plus robustes, à bâtir une projection du futur autour des éléments les plus probables et à proposer ainsi un scénario de référence porteur à la fois des tendances passées les plus déterminantes et des inflexions jugées les plus incontournables. À partir de cette trajectoire «centrale» on peut élaborer des variantes susceptibles d'éclairer ce qui se passerait si l'on s'écartait des hypothèses les plus probables, soit parce qu'un élément du contexte évolue de façon différente ou plus rapide, soit parce que la volonté politique sous-jacente à l'exercice de prospective conduirait à imaginer des futurs sans doute moins spontanément probables mais néanmoins plus désirables au regard de tel ou tel critère si l'exigence de pluralité de l'expertise a été respectée. Il existe d'ailleurs plusieurs images contrastées du futur souhaitable — les options politiques se manifestent alors dans ces «écarts» entre le scénario central et les variantes.

La seconde prend acte dès le départ de la diversité des évolutions possibles et des options

souhaitables et essaie de donner une cohérence aux visions différentes qui intègrent les unes et les autres en explicitant au moyen de scénarios contrastés les logiques qui les sous-tendent. Cette seconde démarche ne s'affranchit pas pour autant des tendances passées puisque la construction de trajectoires continues permet de mesurer les inflexions induites par chaque scénario. Les images du futur ainsi construites se distinguent les unes des autres à la fois par des opinions divergentes sur l'évolution du futur non maîtrisable (le «contexte»), et par des options exprimant certains projets politiques visant à influencer sur ce contexte. Le fait de réaliser des scénarios quantitatifs constitue une forte contrainte de cohérence qui met les divergences à l'épreuve des chiffres.

Notre atelier s'est posé dès le départ le problème du choix entre ces deux approches. Après débats, nous avons opté pour la seconde et cet ouvrage présente les perspectives énergétiques de la France élaborées par notre atelier à travers trois images du futur qui se veulent contrastées et cohérentes, trois scénarios qui explicitent les principales options auxquelles la société française pourrait être confrontée. Chaque scénario privilégie une option politique qui fait débat sans que les options en question ne soient hiérarchisées les unes par rapport aux autres.

Un premier scénario privilégie une vision du futur faisant une large place aux mécanismes de marché dans un contexte de moindre intervention de l'État : l'énergie devient de plus en plus un bien marchand comme un autre sans contrainte particulière ni du côté de la sécurité des approvisionnements ni du côté des impacts induits sur l'environnement. Ce scénario présente une inflexion politique importante par rapport à la manière qu'on avait d'aborder les questions énergétiques en France dans le passé, mais cette inflexion est déjà en partie inscrite dans les réorganisations en cours dans le secteur et dans le fonctionnement des marchés énergétiques, tant au niveau de la politique économique européenne que de la perception actuelle d'abondance énergétique. En revanche sa réalisation entière pourrait buter sur des

contraintes d'approvisionnement à long terme et surtout sur les conséquences d'engagements internationaux en matière d'émissions de CO<sub>2</sub>.

Le second scénario s'inscrit dans une logique de réactualisation et de consolidation de la spécificité énergétique française. La forte intervention de l'État dans la politique énergétique avant et surtout après les chocs pétroliers des années 1970 a façonné les marchés de l'énergie et conforté la place de grands acteurs. Ce scénario retrouve cette vision des choses qui ne prévaut plus aujourd'hui de façon aussi marquée et valorise le potentiel productif existant en privilégiant la continuité des choix énergétiques qui ont été faits à la fin des années 1970 afin d'assurer une indépendance nationale forte, tout particulièrement pour la filière électronucléaire. En dépit de cette continuité politique restaurée, ce scénario peut être questionné au regard de l'évolution institutionnelle avec le développement du marché unique européen, de l'évolution économique des entreprises et des marchés dans un contexte de mondialisation et d'abaissement des frontières ou au regard de l'acceptabilité sociale d'un nouvel engagement fort dans une option nucléaire, certes renouvelée dans sa technologie.

Le troisième scénario est porteur d'une option privilégiant la dimension environnementale de l'intervention publique. Il cherche notamment à préciser ce que pourraient être les conditions d'application des accords de limitation des émissions de gaz à effet de serre passés dans le cadre de la Convention sur le climat (1992) et du Protocole de Kyoto (1997). C'est surtout à travers l'intervention de l'État sur la demande d'énergie dans un contexte de marché régulé que ce scénario se différencie du précédent. Il intègre ainsi des inflexions déjà perceptibles au niveau des attentes sociales et des décisions politiques mais sa réalisation en France s'inscrit plus difficilement dans la suite d'une expérience passée que le précédent et ce d'autant plus qu'au travers d'une action sur la demande, ce sont des modifications profondes des modes de vie qui sont appelées.

Il est légitime de s'interroger encore sur le bien-fondé de la démarche poursuivie, reposant sur la construction de trois scénarios non tendanciels contrastés, par rapport à la démarche alternative misant sur un scénario tendanciel assorti de variantes. Ce débat n'est pas définitivement clos. À l'issue de nos travaux, on voit bien que le groupe d'experts chargé de l'élaboration des scénarios aurait pu chercher à donner une certaine vision du futur le plus probable, un futur qui aurait pris en compte de façon neutre toutes les options identifiées à travers les trois scénarios : perte de l'énergie, ouverture des marchés, contraintes environnementales, atouts de l'industrie française... laissant aux décideurs politiques le choix des inflexions jugées souhaitables. Cependant, dans une période d'importantes mutations économiques et institutionnelles la neutralité invoquée et la capacité à tracer les contours d'un scénario central auraient pu être mises en doute sous les apparences d'une distinction claire des rôles de l'expert et du décideur politique, n'aurait-on pu discerner l'essentiel des options politiques à travers les «tendances du scénario central»?

En réalisant trois scénarios contrastés, nous ne répondons pas à l'attente d'un verdict unique qui pourrait être prononcé par un comité des sages, nous délivrons trois images dont aucune ne peut être investie d'une plus grande probabilité. Nous n'avons pas essayé de réduire les différends touchant à des préférences politiques différentes mais plutôt d'explicitier et de valider les trajectoires différentes qui résulteraient à la fois d'évolutions «spontanées» du contexte (modification de la compétitivité relative des filières techniques, développement de la sensibilité des opinions publiques à l'environnement, réorganisations des jeux d'acteurs...) et des options politiques tranchées (intervention publique ou libéralisme, politique industrielle ou environnementale...). La pertinence de notre démarche peut aussi être appréciée du point de vue de l'utilisation qu'il est possible de faire de nos travaux. Il s'agissait de fournir des éléments d'information prospective permettant au groupe plénier et, au-delà, aux différents partenaires associés

à la concertation publique, de débattre des options de politique publique et de parvenir à la formulation de recommandations pour les pouvoirs publics.

Au-delà de leurs contrastes, les scénarios proposés apportent des éléments de réponse à ces questions. Dans un cas, lorsque le marché prend le relais d'une intervention publique en retrait, on aboutit, sous certaines conditions, à une scène énergétique dont le nucléaire disparaît au profit du gaz vers 2020; dans un autre cas, les développements technologiques relatifs aux réacteurs nucléaires futurs (EPR) et le maintien d'une programmation publique des équipements conduisent à un renouvellement complet du parc nucléaire au-delà même des besoins de base, dans un troisième cas, la maîtrise des consommations permet de retarder les besoins de renouvellement en base.

De la même façon, les différentes manières de respecter les objectifs d'émission de gaz à effet de serre fixés à Kyoto pour l'horizon 2010 sont mises en lumière par les trois scénarios, avec l'alternative entre la réalisation des réductions d'émission sur le territoire français et l'acquisition de quotas d'émission auprès d'autres États. Les contrastes pris en compte dans ces scénarios ne sont pas artificiels. Ils correspondent à des pôles de tension qui orientent les débats sur les politiques à imaginer et à entreprendre. On voit bien que l'élaboration d'un scénario central unique aurait eu à trancher entre des futurs très ouverts et aurait réduit de façon artificielle l'ampleur des changements auxquels pourront être confrontés les responsables français.

En offrant aux décideurs politiques des images contrastées du futur, nous avons toutefois pris un risque, celui de laisser croire qu'en choisissant une politique énergétique cohérente avec l'un des scénarios son avènement pourrait en découler aisément, comme si le volontarisme politique pouvait suffire pour faire passer d'un scénario à l'autre. La réalité est plus complexe et moins flatteuse. Les différentes images du futur résultent en effet d'un ensemble d'hypothèses qui ne sont pas

toutes des manettes que pourraient actionner les pouvoirs publics. Elles reflètent également des évolutions plus larges de la société (attitudes valeurs, préférences collectives, modes de vie) et du contexte européen et international sur lesquelles les pouvoirs publics français peuvent certes exercer une influence, mais sans que cette dernière puisse se comprendre comme un contrôle ou une maîtrise. Ainsi le scénario qui permet de stabiliser approximativement les émissions de CO<sub>2</sub> à l'horizon 2010 suppose non seulement une politique ambitieuse de maîtrise de l'énergie mais également une évolution favorable du contexte international ainsi que des modes de vie, tout particulièrement dans le domaine des transports. Autre exemple, l'évolution des coûts de l'électricité produite à partir des cycles combinés à gaz, qui dépend des prix internationaux du gaz et du progrès technique, peut modifier, dans un sens ou dans l'autre, le jugement sur le bien-fondé d'une politique nationale continuant à faire de la filière nucléaire l'option de base pour la production électrique. Il est donc important de souligner qu'aucun de ces scénarios n'est globalement offert au choix des pouvoirs publics. Ce que devront choisir ces derniers, ce sont des actions et des politiques qui pourront avoir à se confronter à des contextes de société qui pourraient être assez différents, différents entre eux, mais aussi différents de ceux que les responsables publics pourraient imaginer au moment de décider d'options lourdes. Prendre conscience de cette nouvelle donne ne diminue pas l'éventail des options de politiques publiques car, si elles ne sont pas suffisantes, ces dernières sont absolument nécessaires à la réalisation d'évolutions jugées souhaitables.

Les travaux de l'atelier se sont articulés autour de sept sous-groupes thématiques et sectoriels dont l'activité a consisté à débattre des hypothèses fondatrices de chacun des scénarios, à examiner les résultats issus des modèles utilisés et à restituer leurs conclusions lors des réunions de l'atelier. C'est au sein de ces sous-groupes que se sont réalisés les arbitrages entre les différentes hypothèses, arbitrages le plus souvent consensuels, mais dans certains cas objets de controverses persistantes.

## Prospective énergie : les visions de 1997 pour 2020 se sont-elles réalisées ?

Le travail dont il est rendu compte dans ce rapport constitue la synthèse des avis et des débats engagés par plus d'une quarantaine d'experts qui ont été mobilisés dans ces groupes de travail. Au-delà du produit que constitue le document de synthèse, les travaux menés ont permis de confronter les points de vue de manière vivante, de parvenir souvent à des accords, mais aussi de faire saillir les raisons plus profondes des divergences non résolues, fournissant là une base pour des travaux futurs.

De larges interrogations demeurent aujourd'hui sur les mécanismes qui déterminent l'évolution des marchés de l'énergie. L'évolution de l'intensité énergétique sur une longue période est sans doute l'une des questions qui mériterait le plus des recherches et des études complémentaires afin de mieux identifier le rôle des différents déterminants de cet indicateur : le progrès technique, dans ses différentes composantes endogène et exogène, le rythme d'investissement, les niveaux absolus et relatifs des prix des énergies, mais aussi le processus de dématérialisation de la croissance. À très long terme, la faculté de découpler la croissance économique et la consommation d'énergie apparaît comme un facteur essentiel pour la maîtrise des émissions de CO<sub>2</sub>, quelles que soient les énergies mobilisées.

Les perspectives de consommation d'énergie du secteur des transports constituent également un sujet d'une grande importance à approfondir par tout un ensemble de travaux. Tous les scénarios montrent la difficulté de maîtriser la croissance de cette consommation. La mobilité toujours plus grande des personnes et surtout des marchandises est-elle inscrite à très long terme dans les ressorts de la croissance économique ou est-il possible de mettre en place des mécanismes qui, à travers de nouvelles formes d'occupation de l'espace et de déploiement territorial des activités, assurent à la croissance économique le caractère de durabilité que la communauté internationale a porté au rang de ses priorités majeures à long terme?

### RÉFÉRENCES

Commissariat Général du Plan, Énergie 2010– 2020 Trois scénarios énergétiques pour la France, 1998 : <https://www.leslibraires.fr/livre/1559183-energie-2010-2020-rapport-de-l-atelier-trois--france-commissariat-general-du-plan-commissariat-general-du-plan>

François Moisan, Les scénarios énergétiques pour la France aux horizons 2010 et 2020, Annales des Mines, novembre 1999 : <http://www.anales.org/edit/ri/1999/ri11-99/moisan19-23.pdf>

Décomposition de l'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> dues à l'énergie en France entre 1990 et 2016 : [https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.statistiques.developpement-durable.gouv.fr%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2F2018-10%2Fdonnees-associees-\\_datalab-41-facteurs-evolution-co2.xls](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.statistiques.developpement-durable.gouv.fr%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2F2018-10%2Fdonnees-associees-_datalab-41-facteurs-evolution-co2.xls)

CGDD, Les émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'énergie en France de 1990 à 2017 : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/les-emissions-de-co2-liees-lenergie-en-france-de-1990-2017-facteurs-devolution-et-elements-de?rubrique=25>

RTE, Bilan électrique 2018 : <https://bilan-electrique-2018.rte-france.com/#>