

## Scénarios énergétiques de l'ANCRE

19/04/2013

### Introduction

L'ANCRE a souhaité apporter une contribution au Débat National sur la Transition Énergétique en élaborant différents scénarios destinés à étudier les conditions dans lesquelles l'engagement français et européen, de division par 4 des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050, inscrit dans la loi de programme de juillet 2005 fixant les orientations de la politique énergétique, pourrait être tenu et, plus précisément, d'identifier les technologies à mobiliser et les verrous technologiques à lever pour atteindre cet objectif.

Dans ce travail de réflexion collective engagé dès l'été 2012, l'ANCRE a pris en considération dans ses scénarios de référence :

- l'objectif d'atteinte d'un facteur 4 de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'énergie, en cohérence avec l'engagement international de notre pays qui dépend encore à hauteur de 66% des combustibles fossiles importés pour sa consommation finale d'énergie, ces importations contribuant pour près de 70 milliards d'euros au déséquilibre de la balance commerciale en 2012,
- l'hypothèse du Gouvernement d'une réduction de la part du nucléaire dans la production électrique nationale, de plus de 75% actuellement à 50% à l'horizon 2025.

Partant de ces éléments de cadrage extrêmement ambitieux, l'ANCRE a défini trois scénarios décrivant trois visions contrastées d'un futur énergétique décarboné pour la France en 2050 :

- Un scénario « Sobriété renforcée » reposant essentiellement sur le triptyque **sobriété poussée, efficacité énergétique renforcée et développement des énergies renouvelables**,
- Un scénario « Décarbonisation par l'électricité », fondé sur la combinaison d'un effort marqué d'**efficacité énergétique et d'un accroissement dans les usages de la part de l'électricité, qu'elle soit d'origine renouvelable ou nucléaire**,
- Un scénario « Vecteurs diversifiés », misant sur **l'efficacité énergétique, un renforcement limité des usages électriques**, l'accent étant largement mis sur la **diversification des sources et vecteurs d'énergies**, et sur un rôle important **des systèmes énergétiques intégrés développés localement**.

Les 3 scénarios sont construits sur la base des hypothèses retenues dans le scénario volontariste DGEC/Enerdata « AMS-O<sup>1</sup> » en termes de croissances économique et démographique et d'objectifs en matière de maîtrise de la demande et d'évolution du mix énergétique.

A ce stade, l'ANCRE est en mesure de présenter les premiers résultats des travaux entrepris en décembre dernier. Ceux-ci permettent d'identifier, pour chaque scénario, une trajectoire en matière

---

<sup>1</sup> Scénario Post-Grenelle avec mesures supplémentaires et objectif 2050 de facteur 4

d'évolution de la demande et de mix énergétique et de cerner les défis à surmonter pour atteindre l'objectif du « facteur 4 ».

Les éléments d'appréciation, notamment en termes d'impact-socio-économique, seront disponibles dans une deuxième étape. Les experts de l'ANCRE poursuivent en effet leurs travaux dans le but d'évaluer chacun des scénarios sur la base d'une batterie de 18 critères<sup>2</sup> reflétant leurs impacts et contraintes économiques, environnementaux, sociaux, en matière de progrès scientifique et de diffusion de l'innovation, enfin en matière stratégique. La restitution publique des résultats de ces travaux est attendue pour octobre 2013.

## Résultats intermédiaires

Si, en amont des évaluations économiques, au regard des résultats actuels de l'étude, il apparaît possible à travers les scénarios proposés d'atteindre l'objectif du « facteur 4 », ce résultat n'est envisageable qu'à la condition d'introduire au moins une rupture technologique majeure. Il convient en outre d'avoir pleine conscience que les conditions à réunir sont nombreuses, variées et exigeantes.

### **Dans tous les cas, une rupture dans l'évolution de la demande d'énergie sera nécessaire pour l'atteinte du « facteur 4 »**

En termes de consommation d'énergie primaire, les trois scénarios supposent une rupture avec la tendance historique. Sur ce point, les volumes de consommation envisagées par ANCRE se situent à des niveaux intermédiaires au regard des scénarios extrêmes produits par d'autres institutions. Ainsi, avec une consommation d'énergie primaire en 2050 comprise selon les scénarios entre 180 Mtep (« Sobriété ») et 220 Mtep (« Electricité »), à comparer à une consommation de 266 Mtep en 2010, la consommation par habitant passerait d'une moyenne de 4,5 tep à 2,5 tep en 2050 (soit un retour au niveau connu dans les années 60).

Concernant la consommation d'énergie finale, les secteurs du transport et du résidentiel tertiaire sont les contributeurs essentiels de cette baisse de la demande. S'agissant du secteur industriel, les gains d'efficacité énergétique - les scénarios se fondant sur l'exploitation de 85 à 95% des gisements potentiels et compte tenu des efforts importants déjà réalisés - seraient globalement compensés - dans l'hypothèse d'une croissance économique moyenne de 1,7%/an - par l'accroissement de l'activité.

**Dans les trois scénarios étudiés, le progrès technique et la mise en œuvre des investissements nécessaires en procédés, technologies et matériaux plus efficaces énergétiquement sont supposés acquis, sans considération de leur impact économique et de la faisabilité sociale qui seront donc examinés dans un second temps.**

---

<sup>2</sup>Les 18 critères sont rassemblés en trois catégories: 1. Critères/indicateurs économiques, 2. critères/indicateurs environnementaux, sociaux et stratégiques, 3. critères/indicateurs de liens à la politique scientifique et technologique

Dans le secteur des transports, la diminution de la demande, se situant entre 30 et 45% en 2050 par rapport à 2010, est portée dans les trois scénarios par une amélioration de l'efficacité énergétique, avec en particulier la perspective d'une mise sur le marché des véhicules particuliers basse consommation (2l/100 km) dès 2025.

Le secteur résidentiel tertiaire voit sa consommation d'énergie finale baisser, à l'horizon 2050, de 25 à 50% selon les scénarios. Cette évolution est en grande partie liée à la rénovation de l'ancien et aux performances énergétiques des constructions neuves.

Les approches spécifiques retenues pour chaque scénario se traduisent en outre par les caractéristiques suivantes :

- Le scénario « Sobriété », dans lequel la consommation finale s'établit en 2030 à 139 Mtep et en 2050 à 115 Mtep, fait le pari d'une évolution majeure des comportements individuels, notamment en matière d'habitat (réduction des surfaces,...), et de transport (réduction de la mobilité par personne de 20%, développement de services de mobilité au détriment de la possession de véhicules particuliers etc...), d'un effort de rénovation de l'habitat d'ampleur considérable (rénovation de 650 000 logements par an versus 125 000 actuellement) et de ruptures dans les tendances en matière d'efficacité énergétique. Il suppose également une rupture technologique majeure dans le domaine de la capture et du recyclage ou du stockage du CO<sub>2</sub> et mise sur l'acceptation sociale de centres de stockage de CO<sub>2</sub> d'une capacité de 40 millions de tonnes. Il requiert aussi le développement de réseaux intelligents permettant de mieux gérer l'intermittence de la production d'électricité.
- Le scénario « Décarbonisation par l'électricité » qui aboutit à une consommation finale de 153 Mtep en 2030 et 133 Mtep en 2050, suppose en particulier le développement rapide des véhicules électriques ou électrifiés, avec 45% de mobilité électrique en 2050 et des véhicules « hydrogène » (10% du parc en 2050) ainsi que de l'infrastructure correspondante. Dans l'habitat, il table également sur un fort développement des pompes à chaleur.
- Le scénario « Vecteurs diversifiés » (152 Mtep de consommation d'énergie finale en 2030, puis 136 en 2050) repose sur un fort développement de l'utilisation de la biomasse, notamment pour la production de biocarburants, qu'ils soient liquides ou gazeux, sur le déploiement de réseaux de chaleur locaux et sur un recours accru au vecteur gaz.

### **En matière de production d'énergie, la puissance électrique installée doit croître rapidement**

Dans les trois scénarios, le parc de production d'origine renouvelable à construire est très important (entre 50 et 100 GW de capacité additionnelle d'ici 2030 selon les scénarios). Il s'accompagne d'une augmentation de la puissance installée en centrales thermiques au gaz essentiellement, transitoire (2025 – 2030) pour le scénario « Sobriété », plus pérenne pour le scénario « Electricité » dans l'hypothèse d'une réduction de la part nucléaire à 50%. Ces centrales sont en effet nécessaires pour assurer l'équilibrage de l'offre et de la demande dans un système à forte proportion de production intermittente d'électricité d'origine solaire et éolienne.

En outre, chaque scénario met en exergue une technologie particulière pour relever le défi de la gestion de l'intermittence :

- Réseaux intelligents pour le scénario « Sobriété »,

- Stockage électrique de grande puissance pour le scénario « Electricité »,
- Cogénération pour le scénario « Vecteurs diversifiés ».

Quel que soit le scénario, le nucléaire reste une composante importante de la production électrique.

Concernant la production d'énergie, plusieurs verrous technologiques sont identifiés en relation avec la gestion d'une production importante d'énergies intermittentes, la récupération de chaleur fatale, l'utilisation de la biomasse et la production de vecteurs énergétiques flexibles (biocarburants de 2<sup>nd</sup>e génération, biogaz, hydrogène, méthane), la capture, le recyclage et le stockage de CO<sub>2</sub>.

Les scénarios reposent sur des options tranchées et ne prétendent pas refléter l'ensemble des futurs possibles, mais plutôt illustrer les impacts des grandes orientations retenues ; ainsi, le scénario « Sobriété » montre que le choix de cette voie implique des ruptures importantes dans l'évolution des modes de vie, celui de l'« Electricité » impose un investissement lourd en infrastructures, tant pour la production d'électricité nouvelle (essentiellement renouvelable) que pour son utilisation par des véhicules électriques ou à hydrogène, enfin le scénario « Vecteurs diversifiés » impose de structurer différentes filières pour l'utilisation de la biomasse et son utilisation, comme de développer d'importantes infrastructures de réseau local, pour la chaleur en particulier.

## Commentaires et préconisations

### **Pour chaque scénario, l'atteinte du facteur 4 repose sur des hypothèses fortes**

L'exercice conduit par l'ANCRE permet d'attester de la faisabilité - théorique - d'une division par un facteur proche de 4 des émissions françaises de CO<sub>2</sub> liées à l'énergie d'ici 2050 et cela dans chacun des trois scénarios envisagés. Néanmoins, pour chacun d'entre eux, l'atteinte de cet objectif repose sur des paris portant d'une part sur la soutenabilité des efforts exigés (économiques et financiers, organisationnels, sociétaux) et, d'autre part, requiert la levée de verrous technologiques à un horizon rapproché. En outre, pour remplir complètement l'objectif « facteur 4 », chaque scénario doit miser sur une ou plusieurs révolutions technologiques et/ou organisationnelles majeures :

- capture et stockage du CO<sub>2</sub> (40 Mt d'ici 2050) ainsi que réseaux intelligents pour le scénario « Sobriété »,
- stockage électrique de grande capacité (60 GW, 100 TWh) pour le scénario « Electricité »,
- développement du chauffage urbain par récupération de la chaleur coproduite par les centrales électriques (200 TWh) pour le scénario « Vecteurs diversifiés ».

L'accumulation de ces hypothèses (ou conditions nécessaires) invite à une certaine prudence et donc à devoir identifier des marges de manœuvre en cas de retard dans la réalisation des progrès nécessaires en matière de réalisation des investissements, de levée des verrous technologiques ...

**Ne pas écarter l'hypothèse d'un desserrement de la contrainte concernant la place du nucléaire dans le mix électrique pourrait présenter un intérêt**

Au regard de l'exigence du « facteur 4 », la réduction rapide de la part du nucléaire dans le mix énergétique constitue une contrainte particulièrement lourde : dans tous les scénarios, cette diminution est compensée par un accroissement très rapide du parc de production d'énergies renouvelables (dépassant par exemple les objectifs du Grenelle de l'environnement pour 2020) et par un recours accru aux centrales thermiques pour gérer l'intermittence de la production d'électricité d'origine renouvelable. La réduction importante de la dépendance énergétique du pays à laquelle conduisent les économies d'énergie et le fort développement des énergies renouvelables envisagés se trouve certes amoindrie par ce nécessaire recours, sans cependant être globalement remise en cause. L'intérêt de considérer l'hypothèse d'une contrainte relaxée (par exemple non plus 50% en 2025, mais à l'horizon 2040-2050, ou, non plus 50%, mais un autre taux à ces horizons,...) concernant la place du nucléaire dans le mix électrique reste à expertiser.