

ÉNERGIE DU FUTUR ET PRÉSERVATION DES RESSOURCES

Arnaud Charles, Andrée Harari, Jean-Claude Bernier

D'après l'article *Notre futur énergétique se décide aujourd'hui*
de Patrick Criqui publié dans l'ouvrage « Chimie et enjeux énergétiques »,
EDP Sciences, 2013, ISBN : 978-2-7598-0973-8

INTRODUCTION

Les trois ou quatre prochaines décennies seront décisives pour l'avenir de notre planète. En effet, c'est d'ici 2050 que l'on mettra le système énergétique mondial sur une trajectoire dont les caractéristiques seront déterminantes pour espérer limiter l'épuisement des ressources fossiles. Cela signifie que nous devons durant les quarante prochaines années effectuer une transition énergétique globale : se libérer de la dépendance aux énergies fossiles, construire un mix énergétique largement décarboné et mener une politique industrielle résolument économe en carbone et en minéraux.

L'ÉVOLUTION DES ÉNERGIES PRIMAIRES SUR LES CINQUANTE DERNIÈRES ANNÉES

L'évolution des cinquante dernières années de la consommation des énergies primaires est représentée sur la **figure 1**. La courbe de l'évolution de la consommation du charbon figure en dessous de celle du pétrole qui a connu une progression plutôt linéaire. La mauvaise nouvelle est une accélération très marquée de la consommation de charbon **(1)** depuis les années 2000, alors qu'il faisait jeu égal avec le pétrole en 1965. Cela s'explique par la croissance économique très rapide au cours des dix dernières années des pays émergents, en particulier ceux de l'Asie, la Chine et l'Inde : ce sont de grands pays charbonniers produisant et consommant beaucoup de ce combustible. Il est donc clair que si nous n'y prenons pas garde, le charbon,

cette énergie considérée comme l'énergie du XIX^e siècle, risque de redevenir la première énergie du XXI^e siècle. Il faut rappeler qu'aujourd'hui dans les conditions actuelles d'utilisation, le charbon entraîne des émissions de gaz à effet de serre de beaucoup supérieures à celle des autres énergies, plus que les énergies non carbonées, mais aussi plus que le pétrole ou le gaz naturel. Cette dernière ressource a connu une croissance très régulière et légèrement plus rapide que celle du pétrole depuis les années 1980.

Examinons les courbes d'évolution des énergies décarbonées (les trois courbes inférieures de la **figure 1**) :

- ▶ l'énergie hydraulique, qui progresse lentement mais régulièrement, représente aujourd'hui 6 % de l'approvisionnement énergétique mondial ;
- ▶ le nucléaire **(2)** qui augmente très rapidement dans les années 1970, plafonne aujourd'hui en raison à la fois de la première crise de l'énergie nucléaire qui a entraîné un ralentissement des commandes de centrales à partir des années 1990 et aussi en raison des événements qui ont eu lieu à Fukushima en 2011, mais qui redémarre depuis 2015 (45 centrales en commande ou en construction) ;
- ▶ autres renouvelables **(3)** : l'énergie solaire, l'énergie éolienne, les biocarburants. Ces énergies ont connu une forte progression dans les dix dernières années, cependant elles ne représentent que 1,7 % de l'approvisionnement énergétique total mondial.

L'ÉVOLUTION ÉNERGÉTIQUE À L'HORIZON 2050

Dans le cas où aucune décision globale ne serait prise au niveau international, l'évolution de la consommation représentée sur la **figure 1** conduirait à un épuisement des ressources pétrolières y compris des huiles de schistes et à la consommation croissante du charbon combustible « sale ».

Pour tenir cet objectif, beaucoup d'actions sont à mettre en œuvre (4) : recherche et développement pour une efficacité énergétique accrue, formation et éducation pour une sobriété énergétique mieux comprise, mesures économiques comme l'augmentation de la taxe carbone dans les pays fortement industrialisés, développement accéléré des sources d'énergie renouvelable (solaire, thermique, éolien, biomasse), augmentation de la part du nucléaire, mise en œuvre de technologies de capture et de stockage du dioxyde de carbone (5), substitution du charbon par le gaz naturel moins polluant, ...

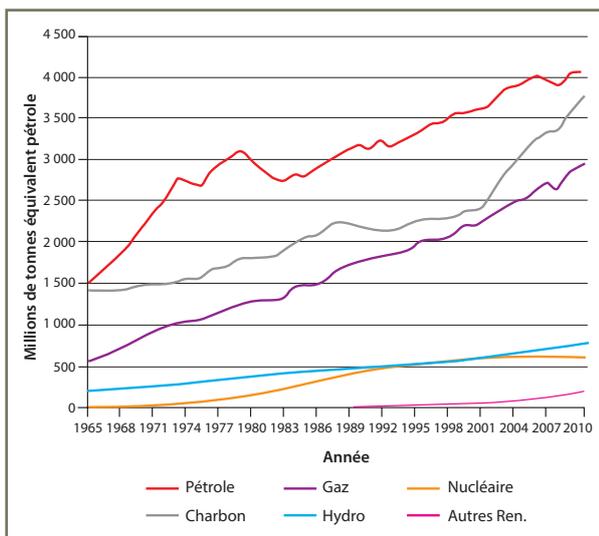


Figure 1 : Consommation des énergies primaires de 1965 à 2000. Source : BP Statistical Review of World Energy 2012.

LE COÛT DU DÉVELOPPEMENT DU BOUQUET ÉNERGÉTIQUE

La transition énergétique (6) qui permettrait de limiter l'épuisement des ressources d'ici 2050 aura un certain coût qu'il faudra prendre en compte dans la politique de développement du bouquet énergétique.

Des évaluations des coûts de production de l'énergie, à l'horizon 2025, sont représentées sur la **figure 2**, à partir d'hypothèses sur l'évolution des progrès technologiques et le prix des énergies primaires. Le prix du mégawatt-heure d'origine nucléaire pourrait être de l'ordre de 50 €. Ce prix

ne devrait pas baisser car de nombreux investissements seront nécessaires au renforcement de la sécurité des centrales. Le prix du charbon serait aux alentours de 50 € le mégawatt-heure. Mais le prix du gaz naturel en Europe dépendra de l'option qui sera faite concernant l'exploitation du gaz de schiste. Il peut baisser comme c'est actuellement le cas aux États-Unis, même en sachant que le prix américain et les conséquences environnementales sont certainement sous-évalués.

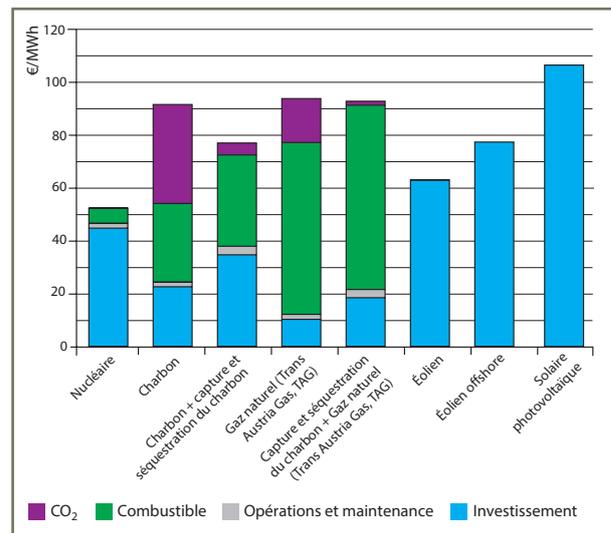


Figure 2 : Coûts de production prévus en 2025. Source : Base de données TECHPOL.

Le coût de production des énergies renouvelables serait quant à lui à la baisse. L'éolien devrait se développer, ce qui conduirait à un coût de 60 € par mégawatt-heure en 2025, 80 € en off-shore, tandis que le photovoltaïque serait autour de 70 € dans des conditions moyennes françaises.

Néanmoins, à ce stade, quelle que soit l'évolution du coût de ces énergies (énergie solaire, énergie éolienne), il s'agit de sources intermittentes et aléatoires, donc non disponibles en continu. Il faudra donc gérer ce problème et prendre en compte, dans la modélisation, le coût de l'ajustement de l'offre et de la demande. Car jusqu'à présent le développement non contrôlé de ces énergies a conduit à la ruine de nombreux opérateurs et à une volatilité insupportable des prix du MWh. Cette prise en compte doit être réalisée dans le cadre de scénarios dans lesquels on aurait en Europe une forte proportion d'énergie intermittente et aléatoire, éolien et solaire.

Plusieurs solutions sont envisagées pour une intégration plus massive de ces énergies renouvelables intermittentes dans les systèmes électriques :

- l'installation de productions de secours (backup), en utilisant des turbines à gaz ou même des

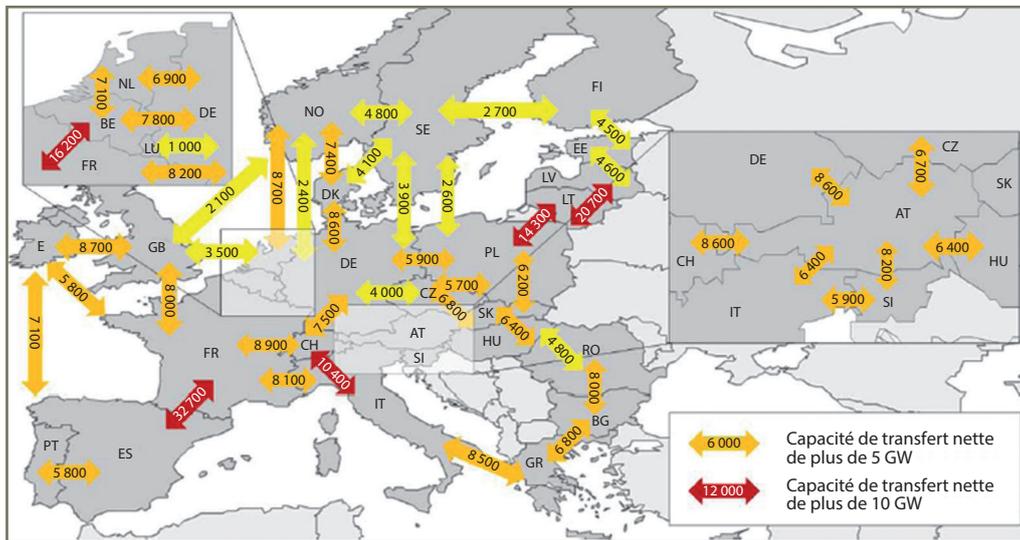


Figure 3 : Prévisions des capacités d'interconnexions pour un approvisionnement électrique durable.
Source : DESERTEC Foundation <http://desertec.org/fileadmin/downloads/press/DESERTECMAP.zip>.

centrales à charbon qui ne tourneraient que pendant une petite partie de l'année ;

- ▶ la mise en place de capacités d'interconnexions entre des grandes plateformes de production d'énergie intermittente : les « supergrids ». De nombreuses études ont été menées en Europe sur ces sujets (figure 3). Idéalement un supergrid pourrait faire la jonction entre une plateforme solaire en Europe du Sud, une autre en Afrique du Nord, et une plaque éolienne dans la mer du Nord ;
- ▶ la mise en place de « smartgrids » ou réseaux intelligents, qui nécessite des algorithmes sur plateformes informatiques pouvant gérer en temps réels des dizaines de millions de données et qui favorise la circulation d'information entre les fournisseurs et les consommateurs afin d'ajuster le flux d'électricité en temps réel et permettre une gestion plus efficace du réseau électrique et éviter le « black out ». Ceci permet d'optimiser la production, la distribution, la consommation pour mieux mettre en relation l'offre et la demande d'électricité (figure 4) ;
- ▶ enfin, la question du stockage de l'énergie est très liée au développement des énergies intermittentes, et quatre grandes options sont envisagées aujourd'hui : l'air comprimé, l'hydrogène, les batteries stationnaires et les STEP (station de transfert d'énergie et de pompage).

LES BIOGAZ ET BIOLIQUIDES : ALTERNATIVE OU COMPLÉMENT ?

Dans ce contexte, les biogaz et les bioliquides constituent-ils une alternative aux solutions plutôt électriques [7] ?

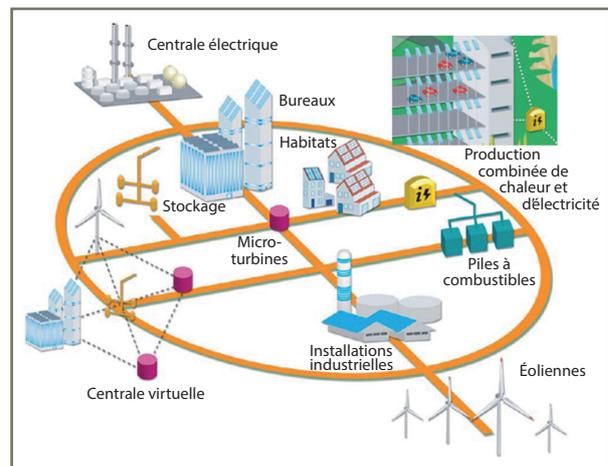


Figure 4 : Plateforme technologique Smartgrids.
Source : European Technology Platform Smart grid. http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/smartgrids_en.pdf, page 18.

Les pétroliers ont depuis toujours coutume de dire que « le grand avantage du pétrole est d'être un liquide ». C'est une évidence, mais les caractéristiques propres à un liquide, stockage et le transport faciles, sont effectivement de gros avantages, et ce n'est pas pour rien que le baril est l'une des unités énergétiques les plus utilisées. Il y a donc de bonnes chances que les vecteurs liquides et gazeux, facilement stockables, conservent un rôle dans les systèmes énergétiques du XXI^e siècle, et cela, d'autant plus qu'ils seront détachés des sources fossiles et qu'ils résulteront plutôt d'une valorisation de la biomasse à condition qu'elle soit viable économiquement et socialement... Et la chimie jouera un grand rôle dans ce domaine.

Il faut vraiment prendre conscience que l'avenir de la planète se joue dans les décisions et les actions entreprises d'ici 2050. Les grandes puissances

mondiales doivent impulser une transition énergétique et industrielle en offrant un mix énergétique équilibré davantage tourné vers les sources d'énergies décarbonées et l'économie des ressources naturelles.

POUR EN SAVOIR PLUS

[1] Faudra-t-il retourner au charbon ?

<http://www.mediachimie.org/node/507>

[2] Le cycle de vie du nucléaire

<http://www.mediachimie.org/node/678>

[3] Les énergies renouvelables de la préhistoire à nos jours

<http://www.mediachimie.org/node/1267>

[4] La chimie face aux défis de la transition du système énergétique

<http://www.mediachimie.org/node/1327>

[5] Nom de code : CO2

<http://www.mediachimie.org/node/991>

[6] La transition énergétique

<http://www.mediachimie.org/node/854>

[7] La biomasse : un réservoir d'énergie pour demain

<http://www.mediachimie.org/node/1751>

Jean-Claude Bernier, professeur émérite de l'Université de Strasbourg, ancien directeur scientifique des sciences chimiques du CNRS

Arnaud Charles, professeur de physique chimie

Andrée Harari, ingénieur ENSCP, directeur de recherches honoraire au CNRS, spécialité de recherches : science des matériaux

Grégory Syoën, professeur agrégé, chef de projet Mediachimie-Fondation de la maison de la chimie