

L'énergie éolienne et l'énergie solaire

Pierre-René Bauquis

Excepté pour la grande hydraulique, il est difficile de prévoir l'avenir des ENR au-delà d'une dizaine d'années (2015-2025), tant il existe d'inconnues aux plans de la technique, de l'économie et des politiques visant à favoriser les énergies non carbonées. Par ailleurs, les chiffres publiés sur les productions de ces énergies en termes d'énergies primaires sont faussés à cause de problèmes d'ordre statistique.

1. Les difficultés d'ordre statistique

Deux problèmes viennent fausser les données : la prise en compte ou non des biomasses non commerciales dans les bilans mondiaux et la question des coefficients d'équivalence.

A) Les biomasses non commerciales

Pour y voir clair dans la contribution des ENR au bilan des énergies primaires mondiales, mieux vaut prendre en compte ce que l'on sait comptabiliser, donc les seules énergies commerciales. Cela revient à enlever quelques 10 % au total des énergies primaires mondiales, par rapport à l'approche de l'AIE ; soit, pour 2012, en chiffres arrondis, un total de 12 Gtep au lieu de 13 Gtep.

B) Les coefficients d'équivalence

Cette question vient fausser les bilans encore plus profondément que la précédente. Tout revient à savoir comment comptabiliser l'électricité d'origine primaire, ENR ou nucléaire : faut-il la compter comme énergie que son usage comme source de chaleur dégagerait ou pour la quantité d'énergies carbonées qu'il aurait fallu utiliser pour la produire ? Les deux logiques peuvent se défendre selon les questions

que l'on doit traiter, mais entre les deux il y a un rapport de l'ordre de 3 (en supposant un rendement moyen des centrales thermiques de 33 %).

L'important est d'utiliser des conventions homogènes, faute de quoi on distord profondément les bilans. Ainsi, dans son bilan mondial des énergies primaires, l'AIE attribue 2 % à l'hydraulique et 5 % au nucléaire, alors que toutes deux fournissent sensiblement le même nombre de térawattheures, donc d'énergie, comme le montre le tableau suivant :

Tableau 1		
Bilan électricité du monde en 2011		
Nucléaire	3 000 Twh	14 %
Hydraulique	3 500 Twh	16 %
Autres ENR	1 300 Twh	6 %
Fossiles	14 200 Twh	64 %
Total	22 000 Twh	100 %

L'utilisation de conventions non homogènes conduit à des erreurs de raisonnement menant à des politiques aberrantes. Les effets pervers du mauvais usage des coefficients d'équivalence entraînent, dans le cas de la France au moins, des conséquences coûteuses pour la collectivité et ubuesques au plan du simple bon sens.

Ainsi, en France, ces erreurs ont conduit à la RT2012 (réglementation thermique pour les bâtiments) dont a accouché le Grenelle de l'environnement, avec le plein support de l'Ademe ! Dans les faits, cette réglementation aboutit à interdire le seul mode de stockage de l'électricité en bout de ligne qui soit simple et pratique : le chauffe-eau à accumulation, se chargeant en « heures creuses ». À la place, on va tenter de développer des solutions beaucoup plus onéreuses, type accumulateurs, hydrogène produit de façon intermittente par électrolyse, ou autres.

Cette législation a aussi pour effet le remplacement d'une partie du parc nucléaire par des centrales thermiques à flamme, ce qui va dégrader le bilan des émissions de CO₂, à l'inverse de ce qui devrait être la priorité. On le voit, la question des coefficients d'équivalence n'est pas seulement matière à débat pour spécialistes : son utilisation au niveau politique peut être désastreuse.

2. Énergie éolienne et énergie solaire : ordres de grandeur

Il s'agit ici de rappeler quelques ordres de grandeur qui peuvent éclairer la compréhension de leurs potentiels de développement.

A) L'éolien

Avec 280 GW installés dans le monde (dont 75 en Chine et 60 aux USA), l'éolien n'est plus une source d'énergie marginale. En effet, elle a bénéficié ces dix dernières années de deux facteurs favorables :

- Des effets de taille (on est passé à terre de 0,5 MW à 3 MW par éolienne, et en mer de 3 à 8 MW) et des effets de série, avec un décuplement du nombre d'éoliennes installées.
- Des effets de subvention directes (prix de rachat) et indirectes (priorité d'accès au réseau).

L'année 2013 marque un tournant à l'égard de l'éolien avec la prise en considération du prix de revient réel de l'éolien à terre (même si celui-ci est passé de 100 €/MWh en moyenne pour les projets des années 2005-2010 à 70-80 €/MWh pour ceux des

années 2012-2013), du taux d'utilisation moyen annuel plafonnant à 20-25 % de la puissance nominale (seuls le Maroc et le Brésil atteignent 30-35 %) et du coût de l'intermittence. Quant à l'éolien en mer, la promesse de meilleurs taux d'utilisation (30 à 35 % en Europe ne compense pas des prix de revient de l'ordre de 200 à 220 €/MWh, donc doubles ou triples de ceux de l'éolien terrestre, sans compter des coûts de raccordement très élevés et une insertion sur les réseaux très coûteuse, nécessitant des capacités en *standby* de thermique à flamme rapidement disponibles. Il ne s'agit plus là de sources d'électricité réparties et donc diffuses quant à leur effet sur les réseaux, mais de sources massives : les grands champs éoliens *offshore* en Allemagne, au Danemark, en Grande-Bretagne ou ceux prévus en France représentent souvent plusieurs centaines de mégawatts à production imprévisible et très irrégulière. Le coût réel résultant de ces facteurs est de l'ordre du double des coûts aux bornes de la production, soit 400 à 450 €/MWh.

La prise de conscience des coûts induits et des effets pervers sur les marchés européens de l'électricité en 2012-2013, et ceci même en Allemagne, font qu'il faut s'attendre à un freinage important concernant les futurs projets, hormis ceux déjà décidés.

C'est l'éolien qui aura abouti à la fermeture d'une vingtaine de centrales à gaz en Europe et au développement en Allemagne de l'utilisation du charbon, moins cher et surtout plus facilement « interruptible » au plan commercial (stockage bon marché du charbon sur les sites des centrales).

B) Le solaire

L'électricité photovoltaïque a connu ces dix dernières années des développements très différents de ceux concernant l'éolien, avec cependant un important effet de série (multiplication des capacités annuelle installées de l'ordre de 50 fois). Il n'y a pas ici d'effet de taille (sauf de façon marginale), les panneaux unitaires ayant peu évolué dans leurs dimensions : c'est le nombre de panneaux installé qui fait la différence.

Pour le photovoltaïque, les évolutions majeures ont concerné les coûts, les rendements

et les durées de vie. Concernant les prix des panneaux (facteur-clé du coût de l'électricité produite), leur évolution aux USA illustre la baisse spectaculaire qui s'est produite :

Tableau 2	
Prix des panneaux aux USA \$/ watt/crête	
2009	2,0 \$
2010	1,5 \$
2011	1,0 \$
2012	0,7 \$ (estimation)

Cette division par 3 des prix en quatre ans des « panneaux standards type chinois » a entraîné la ruine (faillites ou quasi-faillites et rachat) d'un grand nombre d'acteurs, en Allemagne¹, aux USA et même en Chine (où le leader Suntech a fait faillite). Actuellement, cette industrie reste marquée par de fortes surcapacités au plan mondial qui viendront s'opposer à une remontée des prix des panneaux solaires. L'autre facteur d'évolution notable est le progrès technologique, qui se traduit par l'amélioration des rendements et des durées de vie.

C'est cet aspect qui éclaire la prise de contrôle par Total, à contre cycle en 2011, de

1. Sociétés allemandes ayant fait faillite, rachetées, ou ayant abandonné les activités solaires : Solon, Solar Millennium, Solarhybrid, Qcells, Bosch, Siemens.

Sunpower aux USA (Shell et BP ayant abandonné ce secteur peu d'années auparavant). Total a payé 1,5 G\$ pour 66 % d'une société produisant des panneaux haut de gamme : rendements 22-23 % (contre 15-17 % pour les panneaux usuels) et une durée de vie presque double (30-40 ans contre 15-20 ans).

Les progrès technologiques et économiques de la filière expliquent que sa croissance continue d'être soutenue : depuis 2010, les investissements annuels sont plus importants dans le solaire que dans l'éolien. Malgré la grande imprécision des chiffres on peut citer la répartition des investissements mondiaux :

Tableau 3	
Investissements mondiaux dans les ENR en 2011	
Solaire	150 G\$
Éolien	70 G\$
Autres	40 G\$
Total	260 G\$

Ces chiffres illustrent bien que les ENR sont devenues un grand secteur industriel. Les investissements mondiaux dans ce secteur qui représentaient, en 2000, environ 10 % de ceux de l'exploration-production pétrolière et gazière (20 milliards de dollars vs. 200) en représentent aujourd'hui près de 40 % (260 milliards de dollars vs. 700). ■

LE GAZ NATUREL De la production aux marchés

Sous la direction d'A. Rojey

Cet ouvrage présente de manière synthétique les informations techniques et économiques nécessaires pour acquérir une vision d'ensemble de la chaîne gazière. Il analyse également les perspectives d'avenir. Il s'adresse ainsi à un vaste public d'étudiants, de chercheurs, d'ingénieurs et de décideurs économiques ainsi qu'à tous ceux qui voudraient mieux comprendre la problématique du gaz naturel, dont le rôle devient essentiel pour assurer une meilleure transition énergétique.

www.editionstechnip.com