



Energies alternatives, énergies renouvelables, énergies vertes

André Fontana

Après avoir brossé le paysage énergétique du monde et de l'Europe, et compte tenu de la volonté de nombreux états de voter un moratoire pour la poursuite du nucléaire, les atouts des énergies alternatives et renouvelables sont passés en revue.

Keywords: énergies alternatives, énergies renouvelables, énergies vertes.

CEB Working Paper N° 13/052
2013

Energies alternatives, énergies renouvelables, énergies vertes

Par André Fontana, Dr. Ir., Professeur Honoraire,
Université Libre de Bruxelles, Solvay Business School of Economics and Management
Centre Emile Bernheim

Mots clefs : énergies alternatives, énergies renouvelables, énergies vertes.

Résumé. Après avoir brossé le paysage énergétique du monde et de l'Europe, et compte tenu de la volonté de nombreux états de voter un moratoire pour la poursuite du nucléaire, les atouts des énergies alternatives et renouvelables sont passés en revue.

1 - Introduction

De tous temps, l'Homme a utilisé l'énergie à diverses fins et c'est au mésolithique que l'usage du feu se généralise¹ avec l'emploi de biomasse (brindilles et bois). D'abord, il inventa le feu à des fins domestiques, notamment pour fumer et conserver des aliments. A cet effet, il utilisa le bois et les os. Il procède également à la carbonisation du bois et produit du charbon de bois en chauffant le bois à l'abri de l'air dans des meules. Il trouva rapidement l'usage du charbon. A l'âge des métaux (6.000 avant JC), découvrant les métaux natifs, puis les minerais, un usage intensif d'énergie conduit une production « semi-industrielle » du bronze, puis du fer. L'énergie hydraulique est rapidement mise en œuvre à des fins mécaniques pour venir en aide à cette production². L'usage des combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel) se développe rapidement.

En parallèle, c'est à la fin du XIXe siècle, avec la découverte de l'électromagnétisme que l'énergie électrique commence à s'imposer en tant qu'énergie secondaire. Celle-ci est produite soit à partir d'énergie hydraulique qui anime des génératrices, soit à partir de combustibles fossiles dans des centrales thermiques où la vapeur produite est détendue dans des machines à vapeur qui animent des génératrices.

Les applications industrielles se développant, ainsi que la demande en énergie électrique, la consommation d'énergie dans le monde augmente deux fois plus rapidement que l'expansion démographique. C'est ainsi que dans les années 50 du XXe siècle, suite à l'accroissement de cette demande et au premier choc pétrolier, qu'il a été fait appel au développement des centrales nucléaires.

L'Homme dispose aujourd'hui de sources d'énergie primaire : combustibles fossiles (charbon, produits pétroliers, gaz naturel), bois, énergie hydraulique, combustibles nucléaires, énergie géothermique, énergie éolienne, énergie solaire, énergie marémotrice, ... et quelques énergies alternatives, telle la biomasse résiduelle³.

Fin 2011, il est impératif de mettre en place des politiques de développement d'énergies alternatives, et en particulier d'énergies renouvelables (celles-ci ne sont pas toujours vertes), et ceci pour deux raisons principales :

- les cours des combustibles fossiles sont en hausse constante en raison de l'épuisement progressif de leurs gisements et aux coûts d'extraction de plus en plus élevés. Des instabilités géopolitiques incitent à limiter la dépendance énergétique de l'UE.
- de nombreux états ont décidé de sortir du nucléaire en raison de catastrophes récentes liées à des erreurs humaines ou défauts de conception majeures. Cette décision de sortir partiellement du nucléaire aura deux incidences majeures : l'augmentation des prix de l'électricité et l'augmentation des émissions de CO₂.

¹ A. Fontana, Biosphère et Société, WP-CEB : 08-005, 20082011

<http://ideas.repec.org/p/sol/wpaper/2013-101480.html>

² A. Fontana, La Planète et l'Homme, W.P.CEB : 11/051, <http://econpapers.repec.org/RAS/pfo116.htm>

³ On entend par biomasse résiduelle, celle issue des déchets et des résidus des exploitations agricole et forestière

2 - L'énergie dans le monde.

La consommation d'énergie dans le monde augmente plus rapidement que la croissance démographique. Alors que la courbe de croissance était logarithmique depuis 1860⁴, on assiste aujourd'hui à une croissance linéaire de l'ordre de 1.5% par an (fig 1).

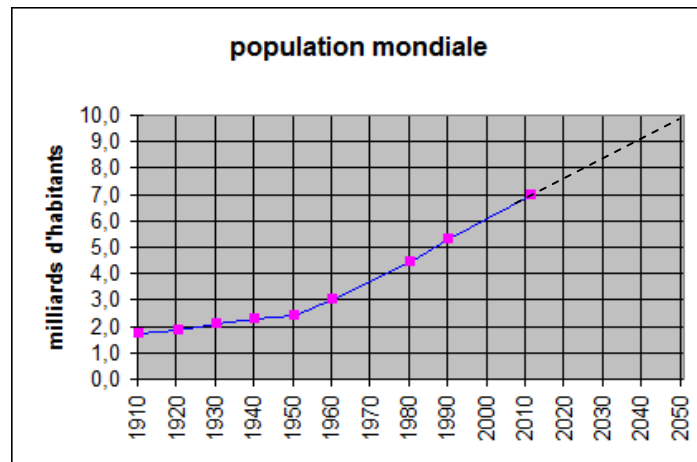


Figure 1 : évolution de la population mondiale²

En 40 ans, de 1960 à 2000, la population a doublé et la consommation d'énergie a été multipliée par quatre, c-à-d deux fois plus rapidement que la population mondiale⁵ (fig 2). Ce phénomène est tout-à-fait normal compte tenu des pays émergents qui accèdent à un niveau décent de développement. Les experts tablent sur une croissance moyenne de plus de 2% par an pour les prochaines décennies.

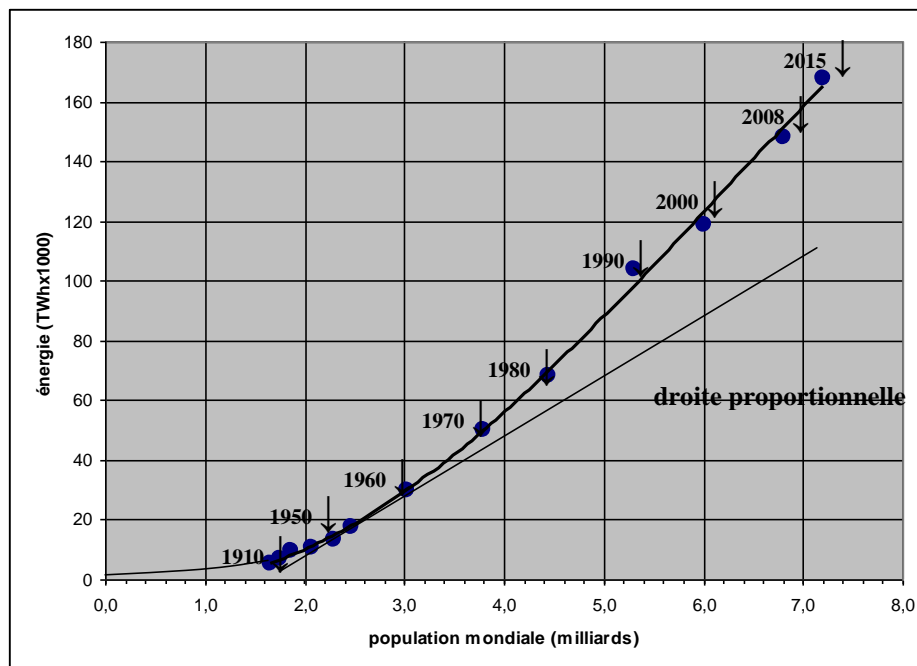


Figure 2 : Energie consommée dans le Monde en relation avec la population mondiale (1900 - 2015)

La consommation totale d'énergie dans le monde en 2010 était de l'ordre de 12 Gtep, soit l'équivalent de 150.000 TWh, dont 44% dans l'OCDE et se répartit comme suit⁶ (fig 3) :

⁴ Doublement de la population en 40 ans, de 1960 à 2000

⁵ Croissance de 30% en 10 ans

⁶ Rapport AIE 2008

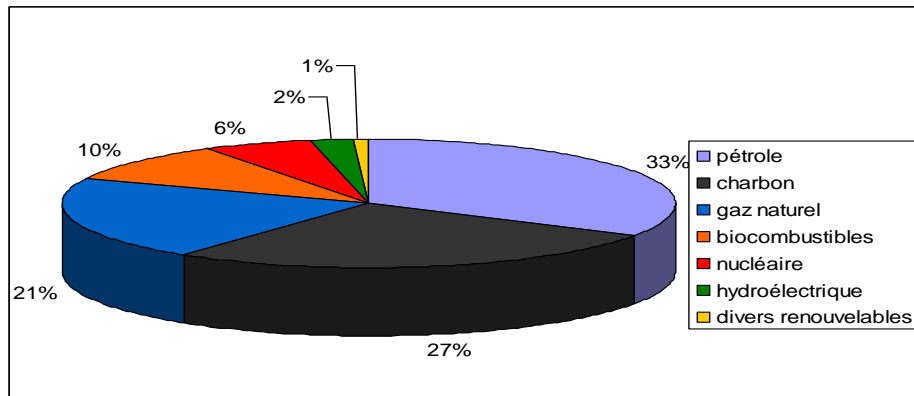


Figure 3 : Consommation totale d'énergie dans le monde en 2010 : 12 Gtep

A l'horizon 2050, la population mondiale s'élèvera entre 9 et 10 milliards d'habitants et, avec une croissance de 1,7% par an, on doit prévoir un doublement de la demande mondiale, soit une consommation de 20 Gtep, soit près de 250.000 TWh. Le charbon gardera une part belle dans le monde compte tenu des grandes ressources disponibles et du fait que de nombreux pays recourent à cette source d'énergie pour assurer leur autonomie énergétique à l'abri de l'épuisement des autres sources d'énergies fossiles et de l'instabilité de leur prix compte tenu des instabilités géopolitique dans les pays fournisseurs de pétrole. Ce sont des alternatives aux 8% du nucléaire qu'il faut développer au niveau mondial en faisant appel à des sources d'énergies renouvelables et si possible non émettrices de gaz à effet de serre.

L'unité énergétique de base est thermique (voir encadré) : la consommation énergétique journalière en nourriture d'un homme dans des conditions normales est de 8.000 kJ. Une tonne de pétrole équivaut à environ 42 Giga Joules (GJ).

Unités énergétiques	
1 calorie	= 4,18 Joules
1J	= 1Ws
1kWh	= 3,6 MJ
1 TWh	= 10 ⁹ kWh
1 tonne équivalent pétrole (tep)	= 41,868 GJ = 11,63 MWh
1.000 Mtep	= 11.628 TWh – 1TWh = 3,6 MJ
100.000TWh	= 8.600 Mtep
1 tonne de fioul	correspond à 44 GJ
1 tonne de gaz naturel	correspond à 45 GJ
1 tonne de charbon	correspond à 28 GJ
1 tonne de bois	correspond à 25 GJ
1 tonne de pellets de bois	correspond à 16 - 18 GJ
1 tonne de déchets ménagers	correspond à 15 - 18 GJ

Fin 2011, le baril de pétrole⁷ est coté à 110\$, soit à 150€⁸, ce qui correspond à 1,10 €/kg. Le coût de base de l'énergie contenue dans le pétrole est donc de l'ordre de 2,5 c€/MJ⁹.

L'énergie électrique s'exprime en kWh (1kWh = 3,6MJ)¹⁰.

La puissance est le potentiel énergétique d'une centrale productrice ou d'une application : elle s'exprime en kW ou MW¹¹. Une centrale électrique de 100MW qui fournit de l'électricité pendant 16 heures produit 1.600MWh. Une centrale électrique moderne développe une

⁷ 1 baril correspond à 159 litres et contient environ 136 kg de pétrole.

⁸ Pour un cours de 1,36 \$/€

⁹ Coût hors taxes, coûts de raffinage et distribution.

¹⁰ Le coût de base du pétrole exprimé en kWh est donc de 0,7c€/ le kWh (hors transformation et conversions)

¹¹ Une puissance de 100MW correspond à 360.000MJ/h et 80 TEP/h

puissance de l'ordre de 500MW^{12,18}. Une centrale nucléaire récente développe une puissance de 1.500MW.

En 2008, pour une consommation énergétique mondiale totale de près de 12,9 Gtep (soit 150.000 TWh), la consommation d'électricité s'élevait à 18.603 TWh¹³, soit de l'ordre de 12,4%. La consommation d'électricité dans le monde augmente plus rapidement que la croissance démographique. En effet, en 35 ans¹⁴ la consommation d'électricité dans le monde a été multipliée par 3, alors que la population mondiale s'est accrue d'un facteur 1,8. A cet égard, la consommation de certains pays en développement a considérablement augmenté. Entre 2001 et 2008, cette consommation d'électricité a augmenté de 64,7% en Asie et en Océanie (dont multipliée par 2,5 en Chine), de 12,2% en Amérique du Nord, de 27,2% en Europe, de 19,2% en CEI, de 36,9% dans les Amériques centrale et du Sud et de 34,5% en Afrique.

3 - Paysage énergétique actuel de l'Europe.

Pour l'Europe des 27, la consommation d'énergie était en 2007 de l'ordre de 1.200 Mtep, soit l'équivalent de 14.000TWh (dont 3.000TWh en électricité)(fig 4):

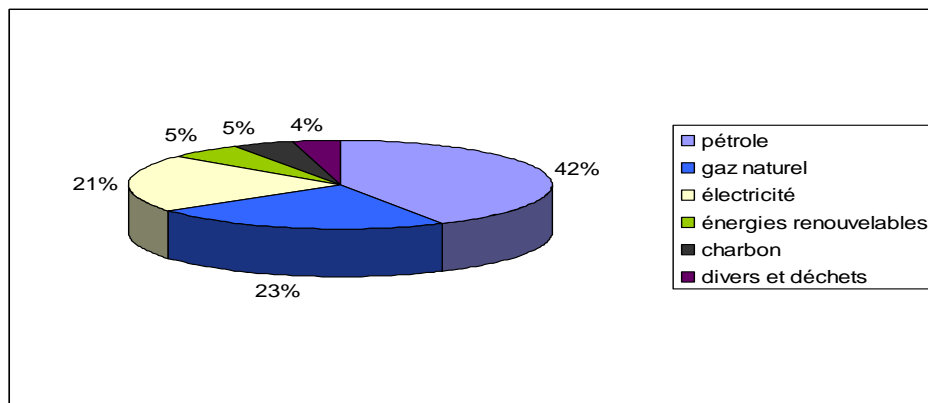


Figure 4 : Europe des 27 : consommation d'énergie en 2007 : 1,2 Gtep¹⁵.

En Europe, la production d'électricité, quant à elle, dépend majoritairement du nucléaire: 39% de centrales nucléaires et 32% de centrales au gaz (fig 5)¹⁶.

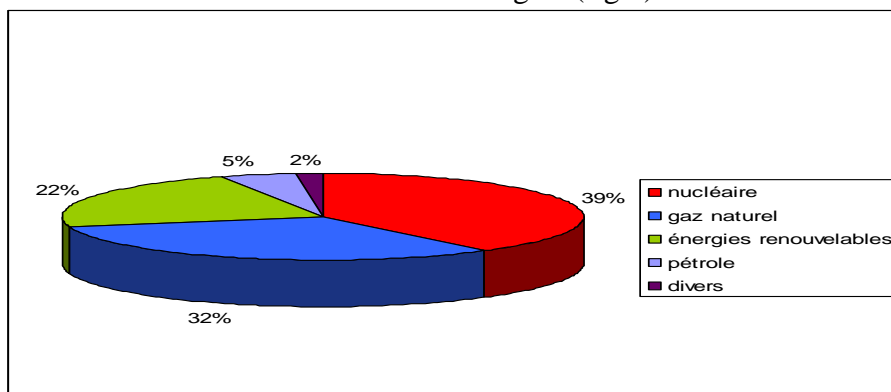


Figure 5 : Europe des 27 : production d'électricité en 2007 : 3.000 TWh. (énergies renouvelables¹⁷, et sources diverses¹⁸)

¹² Il s'agit de puissance électrique

¹³ Sources IEA, CEA, Air Liquide

¹⁴ Entre 1975 et 2010

¹⁵ Le nucléaire n'intervient pas dans ce graphique car inclus dans la production d'électricité.

¹⁶ Ce qui porte à 8,2% la part de nucléaire dans la consommation d'énergie en 2007.

¹⁷ Stations de pompage non comprises

Les usages se répartissent comme suit (fig 6) :

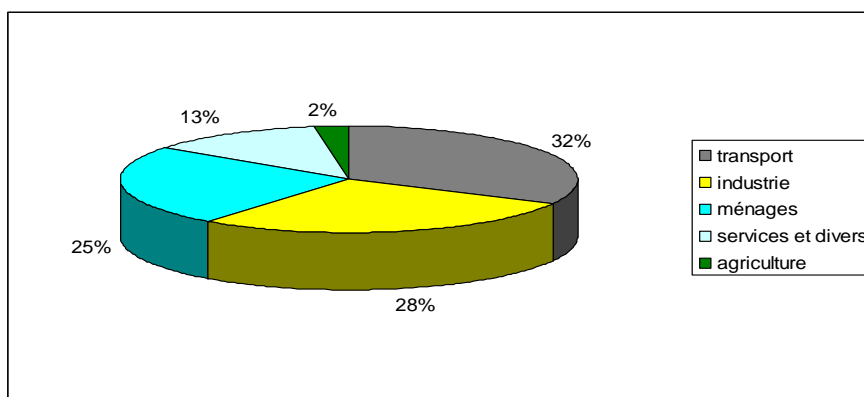


Figure 6 : Europe des 27 : répartition des besoins énergétiques en 2007.

Aujourd'hui, la part d'énergie nucléaire est de 830 TWh sur un total de 14.000 TWh, soit de l'ordre de 6%, et ce dans la production d'électricité dont la demande ne cesse de croître. Compte tenu des nombreux accidents nucléaires survenus, la politique actuelle conduit à la décision de fermer un certain nombre de centrales nucléaires de sorte qu'il est urgent de mettre en œuvre la mise en place d'énergies alternatives, parmi lesquelles des énergies renouvelables.

4 – Les sources d'énergie.

Energies non renouvelables.

L'énergie chimique stockée dans les *combustibles fossiles et dans le bois* peut être transformée en *vapeur* dans des chaudières ou en *énergie mécanique* dans des moteurs à combustion interne ou des turboréacteurs¹⁹. Les trois applications essentielles sont les transports, la production d'électricité et source de chaleur en industrie et dans les ménages.

L'énergie nucléaire est mise en œuvre dans des réacteurs thermiques afin de produire de la vapeur, puis électricité.

Energies renouvelables

L'énergie contenue dans la *biomasse résiduelle* (déchets ménagers, déchets des scieries, boues de stations d'épuration, déchets des industries agroalimentaires ...) est généralement convertie en électricité et énergie industrielle d'appoint.

L'énergie hydroélectrique est transformée la plupart du temps en électricité. Des applications bien connues en énergie mécanique relèvent plutôt du passé.

L'énergie géothermique est destinée à la production d'électricité, de chauffage urbain et de substituts pour les industries.

L'énergie éolienne est directement convertie en électricité. Des applications bien connues en énergie mécanique relèvent plutôt du passé.

L'énergie solaire peut être convertie en électricité (photovoltaïque) ou en chaleur.

¹⁸ Stations de pompage et autres productions

¹⁹ En relation avec le principe thermodynamique de Rankine, le cycle « thermique-mécanique » d'une centrale thermique classique est de 32% (voire 45% pour les centrales charbon « supercritiques ») et de 55 à 60% pour des centrales TGV (Turbines-Gaz-Vapeur). Une centrale thermique classique qui produit 100MWélectriques consomme de l'ordre de 312MW thermiques. Les pertes sont des émissions de vapeur « basse température » être récupérée dans les centrales à cogénération si elles se situent à proximité d'un utilisateur fiable et pérenne de chauffage urbain (comme l'ancienne Intervapeur à Verviers et dans les pays de l'ancien bloc de l'Est) ou une industrie (par ex. contrat entre l'incinérateur de Cologne et Ford Cologne).

L'énergie de la mer (marée motrice et houlomotrice) est convertie en électricité.

Les trois éléments essentiels pour décider du choix d'une filière énergétique sont la disponibilité (et dépendance énergétique), les impacts environnementaux et les coûts d'exploitation.

En tenant compte de ces éléments, il est possible de classer les ressources énergétiques de la manière suivante :

- 1) Energie hydroélectrique : disponibilité dépendant des sites adéquats, faible impact environnemental (paysage), coût d'investissement élevé, coût énergétique nul.
- 2) Energie géothermique : disponibilité dépendant de la situation géographique, faible impact environnemental (paysage), coût d'investissement modéré, coût énergétique nul.
- 3) Energie éolienne : disponibilité étendue, impact environnemental moyen (paysage), coût d'investissement élevé, coût énergétique nul.
- 4) Energie de la biomasse résiduelle: grande disponibilité, impact environnemental élevé (émissions de CO₂), coût d'investissement moyen, faible coût énergétique.
- 5) Energie solaire : disponibilité étendue, impact environnemental faible (paysage), coûts d'investissement élevés, coût énergétique nul.
- 6) Combustibles fossiles : disponibilité limitée dans le temps, dépendance énergétique forte, impact environnemental élevé (CO₂), coût d'investissement moyen, coût énergétique élevé.
- 7) Energie de la mer^{20,21} : disponibilité étendue, impact environnemental faible, coût d'investissement élevé, coût énergétique nul.
- 8) Energie nucléaire : disponibilité dépendant des sites adéquats, impact environnemental élevé (déchets nucléaires), coût d'investissement très élevé, faible coût énergétique, coût d'exploitation élevé, coût de démantèlement élevé, problèmes de fiabilité liée à des circonstances externes.

Donc, des sources d'énergies alternatives existent, toutes ne peuvent pas prétendre à la classe des énergies vertes.

Les énergies vertes ne produisent aucune émission en rapport avec la production d'électricité : énergie hydraulique, énergie éolienne, énergie solaire, énergies marée motrice et houlomotrice, énergie géothermique (sauf émission de vapeur d'eau).

Seules sont à considérer les émissions en relation avec la construction des installations (béton pour la construction de barrages, infrastructures pour l'éolien et les énergies de la mer, la fabrication des panneaux solaires et leur recyclage, réseau vapeur pour la géothermie).

5 - Quelques alternatives actuelles en développement durable.

5-1 - Energie hydroélectrique : renouvelable, verte, durable, sans incidence climatique

De tous temps, l'Homme a été séduit par la puissance générée par les chutes d'eau. Par le passé, de nombreux moulins étaient dédiés à des fins mécaniques (soufflets en métallurgie, scieries, papeteries, etc.) Depuis la fin XIXe siècle, lors de l'invention des génératrices et alternateurs, l'Homme a développé l'usage de la turbine à eau pour produire de l'électricité : c'était une alternative majeure à la machine à vapeur.

Aujourd'hui, cette approche reste celle à privilégier en toute région géographiquement apte à accepter la construction de barrages (topographie et activités humaines) et la construction de centrales hydroélectriques. En Espagne, au Portugal et en Afrique ces barrages offrent de plus la possibilité de stockage de grandes quantités d'eau pour les activités humaines.

²⁰ Energie marée-motrice et vagues

²¹ <http://www.ifremer.fr/dtmsi/colloques/seatech04/mp/article/1.contexte/1.1.ECRIN-OPECST.pdf>

5-2 - Energie éolienne : renouvelable, verte, durable, sans incidence climatique.

Les éoliennes ne cessent de s’implanter dans toute l’Europe.

Au début, fin 97, la capacité de production éolienne en Belgique s’élevait à 4MW avec des unités de faible puissance de 200 kW. Fin 2012, cette capacité était de 1.375 MW (fig 7)

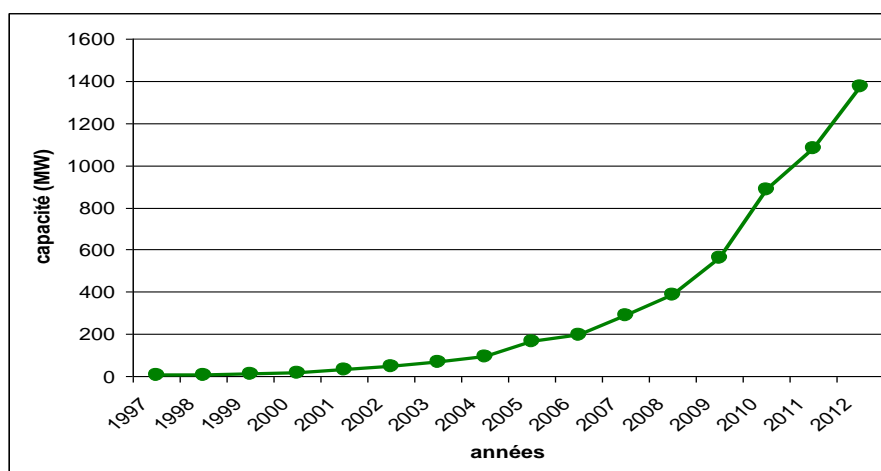


Figure 7 : évolution des puissances éoliennes installées en Belgique²²

L’essentiel de cette puissance installée se situe dans le pays avec des unités de 2 à 3 MW.

Cet accroissement remarquable de la puissance installée est lié à la volonté des autorités de mettre des alternatives renouvelables au parc énergétique actuel et à l’effort des concepteurs qui développent des unités de plus en plus puissantes (fig 8). Actuellement, les plus grosses unités atteignent de l’ordre de 6MW. Des unités de 10.000 MW sont actuellement en développement chez Shandong Swiss Electric (YZ150/10), Sway (10MW) et Windtec (WT10000dd/190 SeaTitan) avec des diamètres de rotors respectifs de 150, 145 et 190 mètres.

En offshore, C-Power installe 48 éoliennes de 6,15MW (soit 295MW) et Belwin (second parc belge), opère avec 55 turbines de 3MW (soit 165MW) et testera sur son site un prototype d’éolienne géante de 6MW avec trois pales de 73,5 mètres fabriquée par Alsthom.

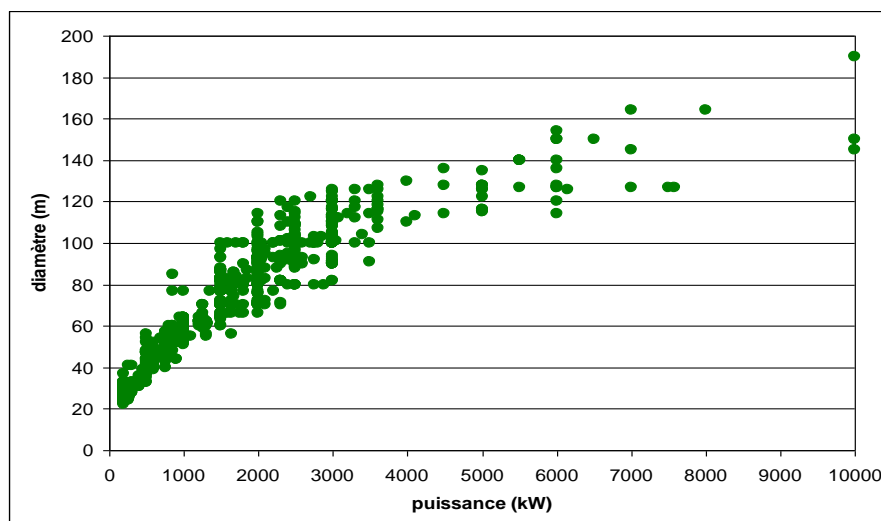


Figure 8 : diamètre des rotors en relation avec les puissances nominales.

²² Source : the Windpower

La Belgique se situe aujourd'hui à la 3^e place au niveau mondial en termes de capacité éolienne installée en mer²³. Avec les projets en cours, la Belgique atteindra une puissance installée de 2.370 MW, soit l'équivalent de deux centrales nucléaires.

Reste un handicap, le fait que la production d'énergie dépend des conditions atmosphériques. En absence de vent les parcs éoliens ne peuvent satisfaire la demande en énergie. De plus, si un excédent d'énergie est produit pendant les heures creuses, il est impératif de pouvoir stocker l'énergie excédentaire. Une solution élégante se trouve dans les centrales de pompage qui acheminent l'eau dans des bassins supérieurs en heures creuses, et tournent en sens inverse lors de demandes du réseau. Citons à titre d'exemple la centrale Electrabel de Coe, avec une puissance maximale en pompage de 1.035MW, soit l'équivalent de restituer en grande partie la puissance développée par le parc éolien actuel ou par une centrale nucléaire.

Au niveau des nuisances, on cite les niveaux de bruit. Un rapport récent de l'OPECST²⁴ affirme que «*le bruit de souffle des rotors n'est que de 100 décibels en pied de mât et inaudible à 200 mètres*» Ces niveaux de bruit sont non comparables à ceux provoqués par le trafic routier !! Une autre nuisance signalée est un effet basse fréquence sur la lumière reçue par une habitation voisine. C'est la raison pour laquelle les parcs éoliens doivent être éloignés des zones habitées.

Le vent soufflant sur de grandes surfaces marines crée des vagues et concentre et forme la houle qui peut apporter sur une côte de l'énergie qui a été collectée fort loin. Cette *énergie houlomotrice* peut être valorisée par des bouées innovantes. Un projet pilote de 60kW est lancé à Ostende et on étudie un projet de 20 MW à installer entre les éoliennes des parcs existants avec des éoliennes flottantes de 10MW.

Les marées provoquent de puissants courants qui sont concentrés au niveau des côtes et peuvent être valorisées, par exemple l'usine *marémotrice* de la Rance (240MW). Le flux et le reflux de la marée est utilisé en actionnant des turbines incorporées dans l'estuaire.

5-3 - Energie solaire : renouvelable, verte, durable, sans incidence climatique

Le rayonnement solaire annuel moyen en Europe est de 200 W/m². Ce rayonnement peut être capté par des unités thermiques ou photovoltaïques.

Les *panneaux solaires thermiques* sont constitués par un matériau absorbant en contact avec un ensemble de tuyaux dans lesquels circule de l'eau. Celle-ci est acheminée vers un réservoir de stockage servant principalement à alimenter un bâtiment en eau chaude sanitaire.

Les *panneaux solaires photovoltaïques* sont constitués de réseaux de semi-conducteurs qui transforment directement l'énergie solaire en énergie électrique. La fraction pouvant être convertie en électricité (moyenne annuelle en Europe) est de 100 W/m²²⁵

Une filiale de GDF SUEZ vient d'inaugurer dans le Hérault (F) la plus grande centrale solaire photovoltaïque avec 35.000 panneaux répartis sur une surface de 16,2 hectares. Cette centrale est caractérisée par une puissance installée de 9,2MWc²⁶ avec une production annuelle de l'ordre de 13.000 MWh par an pendant les heures d'ensoleillement, c-à-d pendant les périodes de fortes charge des réseaux. Une telle centrale ne peut rivaliser avec une centrale thermique qui peut tourner 24h sur 24.

Total est retenu pour un projet d'une centrale solaire de 86MWc qui devrait produire 210GWh par an. L'objectif final est d'atteindre une puissance installée de 3,8GW en 2016²⁷.

²³ Source : APERE

²⁴ Office Parlementaire des Choix Scientifiques et Technologiques, Assemblée Nationale, Paris

²⁵ Un projet en Afrique du Sud fait état de la possibilité d'installer des unités de 2.800 kWh/m².an

²⁶ Le MWc (mégawatt-crête) correspond à la puissance maximale développée à la meilleure heure d'ensoleillement.

²⁷ Agence Ecofin

L'atout du photovoltaïque est de décentraliser la production d'électricité et de multiplier les parcs photovoltaïques de puissance moyenne sur un territoire à condition de ne pas amputer les surfaces agricoles. En particulier, l'installation de panneaux sur le toit des habitations permet une notable économie d'énergie, les surplus étant redistribués dans le voisinage par le réseau basse tension (voir encadré ci-dessous).

<p style="text-align: center;">Exemple de réalisation domestique (mesures de l'auteur) 10 panneaux SANYO HDE1 230 pour un total de 2,3 kW crête Surface totale de 13,9 m², soit 165 W/m² Bruxelles - orientation S-O Durée totale de fonctionnement (du lever au coucher de soleil) : En 54 mois, 18.482 heures de production : 9.737 kWh Production journalière maximale en mai –juin : 14,8 kWh Production annuelle : de 1.900 à 2.200 kWh Consommation annuelle : 4.269 kWh Retours réseau : 1.927 kWh Facturé : 2.342 kWh Economie : 45%</p>

Si chaque habitation qui le permet était équipée de panneaux photovoltaïques, les ménages pourraient participer activement au délestage des centrales électriques. De plus, l'énergie étant redistribuée dans le réseau basse tension, aucun investissement supplémentaire n'est à envisager pour les gestionnaires de réseau.

Cette technologie sur un site unique ne remplacera jamais une centrale classique, seule la multiplication des parcs est économiquement viable. Donc, le photovoltaïque se justifie pleinement pour des parcs de dimensions moyennes et les applications domestiques.

Les inconvénients du photovoltaïque est sa sensibilité aux conditions météorologiques, le recours à des hautes technologies, à la durée de vie limitée des panneaux à une vingtaine d'années et au coût des processus de leur recyclage.

5-4 – Energie géothermique : renouvelable, verte, durable, sans incidence climatique.

La géothermie superficielle, dite « très basse énergie » (moins de 30°C) exploite les premières dizaines de mètres sous la surface. Cette énergie est mise en œuvre dans les habitations par les systèmes de pompes à chaleur. Ceci sort de l'objet de cette étude.

Par contre, dans des environnements géologiquement actifs comme les limites de plaques lithosphériques où siègent des volcans, ou dans régions où le thermalisme est actif, l'eau géothermale ou l'injection d'eau en profondeur permet de récupérer de la vapeur qui est détendue dans des groupes turbo-alternateurs pour produire de l'électricité. Un exemple bien connu est la centrale de Larderello en Toscane qui démarra en 1905 avec une puissance de 20kW. En 1913, la première vraie centrale entra en service avec une puissance 0,25MWe²⁸ et en 1944, la puissance atteignait 127MWe. Aujourd'hui, la centrale a une capacité de 810MWe.

La capacité mondiale installée atteignait 8,9 GW fin 2005. Sept pays (États-Unis, Philippines, Mexique, Italie, Japon, Indonésie, Nouvelle Zélande) regroupent aujourd'hui 90 % de cette capacité.

Donc, technologie à privilégier dans les endroits de la planète à forte activité volcanique, comme en Islande. Il reste aujourd'hui encore de nombreux sites prometteurs.

²⁸ MWe : mégawatt électrique, c-à-d puissance électrique nette

5-5 – Déchets et biomasse résiduelle : renouvelable, durable

Les déchets urbains qui sont acheminés vers des centrales d'incinération ne seront pas évoqués dans cette étude.

Le tri sélectif permet d'isoler la fraction fermentescible des emballages plastique (PMC), du verre et des papiers-carton. La fraction fermentescible peut être traitée dans des bioréacteurs pour en extraire du biogaz²⁹. En ce qui concerne les matières plastiques ainsi séparées, seuls de l'ordre de 20% sont recyclés. Le reste est incinéré, alors que ces matières ont un contenu matière très riche : des procédés de gazéification peuvent les convertir en matières premières secondaires valorisables³⁰.

Les boues des stations d'épuration sont *biométhanisées* au Centre de Valorisation Organique de Lille pour produire des carburants destinés à la flotte des bus de la ville³¹.

Les déchets de l'industrie agroalimentaire peuvent également être valorisés sous forme d'énergie. Ainsi, à Libramont, de l'ordre de 54.000 tonnes de déchets par an (boues de laiteries, de vinasse, de glycérine, d'amidon ou d'épluchures de légumes et 30 à 40 %, de maïs ensilé,...) sont transformés en biogaz. La puissance énergétique peut atteindre 3,2 MW.

Les déchets issus de la transformation primaire du bois sont à présent valorisés sous la forme de pellets³². Avec un pouvoir calorifique de l'ordre de la moitié d'un fioul, ces pellets sont particulièrement utiles pour le chauffage domestique. De plus, ces pellets sont issus d'une production locale de déchets forestiers, le bilan économique est positif et il s'agit bien d'une énergie renouvelable.

<p>Test chaudière à pellets par l'auteur Chaudière KWB EF GS22 de 23,2kW Type de flamme : volcan Alimentation continue par silo de 5 tonnes Rendement : 95,2% CO : 91 ppm NO_x : 140 mg/Nm³ Durée de fonctionnement : 24 mois 16 tonnes - Pellets DIN+ (6mm) Economie : 9.000 litres de fioul</p>

Il ne s'agit toutefois pas « d'énergie verte » parce que les émissions de dioxyde de carbone qui y sont associées sont du même ordre de grandeur de lors de la combustion de charbon. En effet, ces émissions locales ne sont pas compensées (comme certains l'affirment) par le fait que ce bois provient de forêts qui ont capté ce CO₂. Une bûche se consume en quelques heures en émettant du CO₂ alors que l'arbre dont elle provient a mis plusieurs décennies pour croître et capter ce CO₂. Le bilan CO₂ n'est donc pas neutre !

Certains essais concluants ont été effectués dans d'anciennes centrales au charbon, reconverties aux déchets de bois. L'atout de cette solution se trouve essentiellement dans le remplacement d'énergie fossile par de l'énergie renouvelable³³. L'impact environnemental est fortement négatif pour deux raisons :

²⁹ Exemple : Idelux en province du Luxembourg.

³⁰ C.G.Jung et A.Fontana, « Production of gaseous and liquid fuels by pyrolysis and gasification of plastics », chapitre 10, pp252-283, dans J. Scheirs, W. Kaminsky, Feedstock Recycling and Pyrolysis of Waste Plastics, Converting waste plastics into diesel and other fuels, Wiley & Sons, Chichester, UK, 2006., 785p.

³¹ Production de 4,5 millions de m³ de biogaz par an.

³² PCI de 16 à 18 GJ/t

³³ A condition qu'il s'agisse de déchets de l'exploitation forestière ou de la transformation du bois et non de coupes réservées à cet effet.

- les émissions de dioxyde de carbone sont nettement supérieures à celles d'une centrale moderne au charbon ou au gaz car ces anciennes centrales sont caractérisées par des rendements relativement faibles (32% contre 45 à 60%)¹⁹.

- le dioxyde de carbone est émis localement en dehors de toute capture de ce gaz par photosynthèse.

Pour protéger le marché local de vente des pellets destiné aux populations (ce qui est louable), il est fait appel à des pellets importés du Canada ou d'URSS ce qui est tout au moins discutable.

L'atout majeur de cette filière est de faire appel à de l'énergie renouvelable³³, mais ne peut être considérée comme énergie verte.

5-6 – Les biocarburants : renouvelable

Lorsque ces biocarburants sont produits à partir de biomasse résiduelle, dont les déchets issus de l'agriculture, il s'agit d'une filière durable.

Lorsqu'il est fait appel à des cultures dédiées, celles-ci remplacent des domaines réservés à la production alimentaire. Cette option est totalement désastreuse et se fait au détriment des ressources alimentaires mondiales. Il est également erroné d'affirmer que le bilan CO_2 est nul car ces surfaces cultivées auraient de toutes façons été exploitées à d'autres fins et participé à la capture de ce dioxyde de carbone.

Fabriquer des biocarburants à partir de biomasse fraîche relève d'une certaine fièvre énergétique !

5-7 – Autres pistes

Parmi les autres pistes, on cite les sables bitumineux et le gaz de schiste³⁴. Ces filières ont le mérite d'être étudiées et font l'objet de nombreuses controverses. En juin 2013, l'Office Permanent des Choix Scientifiques et Technologiques (OPECST, Assemblée Nationale, Paris) a publié un rapport (n°640) sur les tenants et aboutissements de l'exploitation des gaz de schiste³⁵. Ce rapport constate que la fracturation hydraulique est indispensable, mais que, suite à des recherches récentes, les quantités d'eau et d'adjuvants chimiques sont à la baisse. Ce rapport insiste sur la nécessité de relancer les recherches relatives à l'exploitation du gaz de houille dans les anciens bassins miniers.

Dans les années 50, la Belgique a développé un programme de recherche important sur la valorisation du gaz de houille³⁶. Cette valorisation, ne demandant aucune fracturation, devrait aujourd'hui retrouver un réel gain d'intérêt.

De toute façon, des précautions s'imposent car les risques de porter atteinte aux nappes phréatiques sont bien réels.

La voiture électrique n'est pas aussi « écologique que l'on pense sur le plan énergétique. En effet, certains milieux proches du pouvoir politique affirment qu'elles présentent un rendement de 100% comparé à celui des moteurs modernes essence (32%) et diesel (40%). Ce rendement de 100% est illusoire et comparable à celui des moteurs thermiques si on tient compte que leur recharge met essentiellement en œuvre des centrales thermiques dont les rendements sont de 32 à 40%¹⁹. Ce n'est pas le cas dans des pays comme la Norvège où la production d'électricité est essentiellement hydroélectrique et où la voiture électrique se développe effectivement. La voiture électrique se justifie pleinement pour une autre raison : l'absence d'émissions en milieu urbain comparé à celles des moteurs thermiques à essence

³⁴ A. Prétat et S.Furfari, (Université Libre de Bruxelles) La surprise du gaz non conventionnel, Académie Royale de Belgique, Collège de Belgique, Bruxelles, 1^{er} mars 2012

³⁵ http://www.senat.fr/rap/r12-640/r12-640_mono.html

³⁶ Professeur Cyrès, et région Wallonne, ULB

(essentiellement dioxyde de carbone) et diesel (particules fines cancérigènes, oxydes d'azote, oxyde de soufre, ..).

6 - Conclusions

L'espoir réside dans les nombreuses solutions qui s'offrent à la Société pour relever les défis du futur, en intégrant la volonté de nombreux états de poser un moratoire sur le nucléaire. Les efforts en Recherche et Développement ont porté leurs fruits à voir les énormes progrès réalisés dans les solutions alternatives pour la production d'énergie.

Comme signalé *supra*, le charbon gardera une part belle dans le monde compte tenu des grandes ressources disponibles et du fait que de nombreux pays recourent à cette source d'énergie pour assurer leur autonomie énergétique à l'abri de l'épuisement des autres sources d'énergies fossiles et de l'instabilité de leur prix compte tenu des instabilités géopolitique dans les pays fournisseurs de pétrole.

Ne pas confondre « énergie renouvelable et énergie verte ». Avant de recourir aux alternatives risquées, continuons à faire appel aux ressources hydroélectriques et géothermiques et développons d'abord les technologies fiables, renouvelables, durables, et sans incidence climatique telles l'éolien et le photovoltaïque. A ce sujet, le développement des parcs éoliens en offshore semble une solution de taille à rivaliser avec les centrales nucléaires à démanteler. Le solaire a un réel avenir en tant que production décentralisée au niveau domestique (par la multiplication de petites unités) et de parcs solaires dans les régions caractérisées par des taux d'ensoleillement particulièrement élevés.

La valorisation des déchets pour produire des biocombustibles et biocarburants est une alternative de choix par rapport à leur incinération directe. A ce titre, les déchets issus du tri des plastiques, de l'industrie agro-alimentaire et de l'exploitation des forêts sont des sources pérennes.

L'accroissement de la population mondiale ne peut se réaliser dans la paix qu'à trois conditions préliminaires : accès à l'eau, à la nourriture et à l'énergie tout en protégeant l'espace vital et l'environnement. Toute intervention qui conduirait à une atteinte à l'une de ces conditions est à proscrire (par ex., produire du biocombustible à partir de surfaces cultivées, capter du gaz de schiste en portant atteinte aux nappes phréatiques, etc...)

La population mondiale devrait approcher les 10 milliards d'habitants en 2050 et l'Homme a entre ses mains son avenir dans une perspective de paix.