

LES SOURCES D'ÉNERGIES RENOUVELABLES

Thématique : *Les énergies renouvelables*

↪ **Chapitre :** *Les enjeux*

↪ **Section :**

Type ressource : *Exposé* *Laboratoire virtuel / Exercice* *Qcm*

Dans ce cours,

- *pré requis : aucun*
- *niveau : 1. Introduction, premier cycle*
- *durée estimée : 10 minutes*
- *auteur(s) : Benoît Robyns (HEI)*
- *réalisation : Sophie Labrique*



Les sources d'énergies renouvelables

Les énergies renouvelables sont, à notre échelle de temps, celles qui sont dispensées continûment par la nature. Elles sont issues du rayonnement solaire, du noyau terrestre et des interactions gravitationnelles de la lune et du soleil avec les océans. On distingue les énergies renouvelables d'origine éolienne, solaire, hydraulique, géothermique et issues de la biomasse.

1. L'éolien

La ressource éolienne disponible est évaluée à l'échelle mondiale à 57.000 TWh par an. La contribution de l'éolien off shore (en mer) est estimée de 25.000 à 30.000 TWh par an en se limitant aux sites dont la profondeur n'excède pas 50 m. La production mondiale d'électricité en 2000 était de 15.000 TWh (ce qui correspond à une énergie primaire consommée de 40.000 TWh suite au faible rendement des cycles thermo-mécaniques de 30 à 40%). En théorie, l'énergie d'origine éolienne pourrait satisfaire la demande mondiale d'électricité. Cependant, le principal inconvénient de cette source d'énergie est l'instabilité du vent. Les périodes de grand froid, comme de canicule, qui se traduisent par une demande accrue d'énergie s'accompagnent fréquemment de vent faible, voire nul. C'est pourquoi, un développement important de l'éolien est envisageable en l'associant avec d'autres sources d'énergie renouvelable moins aléatoire ou des sources conventionnelles, ou encore en y associant des systèmes de stockage de l'énergie électrique. Cependant, si les concepts permettant le stockage de l'énergie électrique en grande quantité existent, leur mise en oeuvre nécessite encore certains progrès technologiques et une baisse des coûts.

L'Europe ne représente que 9% du potentiel éolien disponible dans le monde, mais 72% de la puissance installée en 2002. Elle a produit 50 TWh d'électricité d'origine éolienne en 2002, pour une production mondiale de 70 TWh. La ressource éolienne techniquement disponible en Europe serait de 5000 TWh par an.

2. Le solaire

La durée de vie du soleil est d'environ 5 milliards d'année, ce qui en fait à notre échelle de temps une énergie inépuisable donc renouvelable. L'énergie totale reçue à la surface de la terre est de 720.106 TWh par an. Mais la disponibilité de cette énergie dépend du cycle jour-nuit, de la latitude de l'endroit où elle est captée, des saisons et de la couverture nuageuse.

Le *solaire thermique* consiste à produire de l'eau chaude utilisable dans des bâtiments ou permettant d'actionner des turbines comme dans les centrales thermiques classiques pour produire de l'électricité. Cette technique de production de l'électricité a fait l'objet de centrales expérimentales dont le rendement net de 15% s'avère faible. Les eaux de surface des mers sont naturellement chauffées par le soleil, ce qui représente un gigantesque réservoir d'énergie en zone tropicale. Des projets d'extraction de cette "énergie thermique des mers" ont été menés, en mettant en oeuvre des machines thermodynamiques fonctionnant sur la faible différence existant entre surface (25 à 30°C) et profondeur (5°C à 1000 m). Pour que cette solution soit exploitable, il faut que la différence de température soit supérieure à 20°C, mais le rendement autour de 2% est très faible.

Le *solaire photovoltaïque* consiste à produire directement de l'électricité au moyen de cellules au silicium. Lorsqu'il brille et que les conditions climatiques sont favorables, le soleil fournit une puissance de 1 kW/m². Les panneaux photovoltaïques commercialisés permettent de convertir directement en électricité 10 à 15% de cette puissance. La production d'un panneau photovoltaïque varie avec l'ensoleillement : 100 kWh/m²/an en Europe du Nord, deux fois plus en région méditerranéenne. Un toit photovoltaïque de 5x4 mètres a une puissance de 3 kW et produit de 2 à 6 MWh/an, suivant l'ensoleillement. Si les 10.000 km² de toitures existantes en France étaient utilisées comme générateur solaire, la production serait de 1000 TWh par an, soit plus du double de la consommation annuelle finale d'électricité en France au début des années 2000 (450 TWh).

Les principaux freins à l'utilisation massive du solaire photovoltaïque (et thermique) sont la disponibilité de la puissance fournie qui contraint au stockage de l'électricité pour une utilisation autonome ou à l'utilisation de solutions énergétiques complémentaires, d'une part, et de la compétitivité économique, d'autre part.

3. L'hydraulique

L'hydraulique est actuellement la première source renouvelable d'électricité. Le potentiel mondial pourrait cependant être davantage exploité. La production mondiale au début des années 2000 est de 2700 TWh par an, avec une capacité installée de 740 GW. Elle pourrait passer à 8100 TWh à l'horizon 2050 avec un doublement économique compétitif de la capacité installée. 14.000 TWh seraient techniquement exploitables et le potentiel théorique serait de 36.000 TWh.

La *grande hydraulique* (d'une puissance supérieure à 10 MW) est exploitée au voisinage du maximum de son potentiel dans les pays industrialisés. Les barrages permettent de stocker l'énergie et de la fournir dans les moments de forte demande. Dans certains cas, des bassins de stockage haut et bas permettent d'effectuer un véritable stockage d'énergie en utilisant des groupes turbo-alternateurs réversibles qui réalise le pompage en période creuse. Cette forme de stockage est très utilisée dans le monde. En France, 4200 MW sont installés pour cette fonction.

La *petite hydraulique* (d'une puissance inférieure à 10 MW) est constituée en partie de centrales au fil de l'eau qui sont fortement dépendantes du débit des cours d'eau. Ces petites centrales sont attractives pour une production décentralisée. La production mondiale est estimée à 85 TWh. En France, alors que la grande hydraulique a quasiment atteint la saturation, il reste un potentiel d'évolution de la petite hydraulique estimé à 4 TWh/an provenant d'un tiers de l'amélioration des installations existantes, et pour les deux tiers restant de nouvelles installations.

L'*énergie des marées* peut être utilisée pour produire de l'électricité. En France, l'usine marémotrice de la Rance (240 MW) a montré la faisabilité de cette technique de production d'électricité. D'autres projets importants sont à l'étude au Canada et en Angleterre. Mais la réalisation de ces projets n'est pas certain, car ils modifieraient considérablement les écosystèmes locaux.

La *houle* représente un immense gisement d'énergie. La puissance moyenne annuelle sur les côtes de la façade Atlantique est comprise entre 15 et 80 kW/m de côte. L'énergie des vagues est très diluées et n'est pas encore exploitable à grande échelle. Des prototypes de centrales houlomotrices sont cependant testés.

4. La géothermie

La température de notre planète augmente considérablement lorsque l'on se rapproche de son centre. Dans certaines zones de notre planète se trouve en profondeur de l'eau à température élevée. La *géothermie haute température* (150 à 300°C) consiste à pomper cette eau vers la surface, à produire de la vapeur via des échangeurs pour ensuite turbiner cette vapeur comme dans les centrales thermiques classiques et ainsi produire de l'électricité.

Les ressources *géothermiques à basse température* (inférieure à 100°C) sont valorisées avec des pompes à chaleur pour les besoins de chauffage.

Le potentiel de la géothermie naturelle est cependant limité, car il existe de nombreux sites où la température est élevée (supérieure à 200°C) mais sans eau. Cette ressource thermique peut être exploitée au moyen de la technologie dite des "*roches chaudes et sèches*" en cours de développement. Elle consiste à injecter par un premier puits de l'eau sous pression dans des zones profondes (supérieures à 3000 m) de roches fracturées. Cette eau réchauffée remonte par un second puits et permet de produire de l'électricité comme dans les centrales thermiques classiques. Toutefois, la part de ce potentiel qui sera techniquement accessible n'est pas encore précisée.

5. La biomasse

La biomasse est, sous réserve d'une exploitation durable de la ressource, une énergie renouvelable qui fournit des biocombustibles généralement sous forme solide et des biocarburants généralement sous forme liquide.

Le *bois* couvre plus de 10% de la demande en énergie primaire dans beaucoup de pays d'Asie, d'Afrique et d'Amérique Latine, et certains pays d'Europe (Suède, Finlande, Autriche). L'usage du bois dans les pays en développement a fortement augmenté ces dernières décennies, mais cette ressource n'a pas toujours été exploitée durablement entraînant la déforestation. Les émissions de combustion du bois dans une chaudière industrielle moderne sont avantageuses par rapport aux combustibles fossiles. Si les forêts dont provient le bois sont gérées durablement, les émissions de CO_2 de la chaîne bois énergie sont seulement

celles correspondant au gazole utilisé lors des opérations de plantation, récolte et commercialisation. Ceci représente environ 5% du combustible vendu. On peut noter qu'une énergie renouvelable n'est pas nécessairement une énergie totalement non polluante.

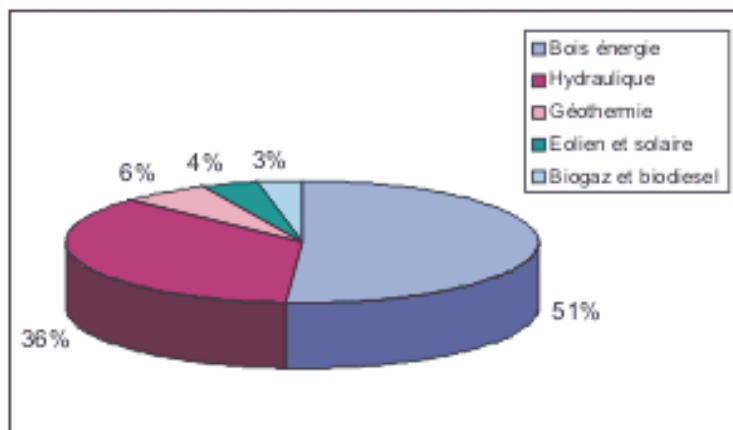
La consommation de biomasse en France en énergie primaire est de 10-11 Mtep (début des années 2000), principalement le bois. Sans culture énergétique spécifique, le potentiel de la biomasse pourrait être doublé par une récupération systématique de tous les déchets organiques : *déchets ménagers et industriels* non recyclables, traitement par méthanisation des *boues d'épurations et des déchets agricoles* générant du *biogaz*. Le potentiel énergétique est de 60 TWh/an, soit 15% de la consommation finale d'électricité en France.

La biomasse est fréquemment utilisée dans des systèmes de cogénération qui produisent de l'électricité comme les centrales classiques tout en valorisant la chaleur, habituellement perdue, dans des applications variées : chauffage des locaux, besoins industriels, agriculture, ... Cette technologie permet d'accroître l'efficacité de la conversion énergétique.

Les *biocarburants* liquides, plus coûteux à l'obtention et industriellement produits à partir de culture énergétique (colza, tournesol, betterave, blé, orge, maïs, ...), sont mieux valorisés dans les applications de transports. Ils sont actuellement utilisés dans des moteurs thermiques essentiellement en étant mélangé en faible quantité dans les carburants traditionnels dans le but d'améliorer leurs caractéristiques.

5. La biomasse

En 2002, les parts des différentes filières renouvelables dans la production d'énergie primaire de l'Union Européenne étaient les suivantes :



Sources d'information

[1] T. Chambolle et F. Meaux, Rapport sur les Nouvelles Technologies de l'Energie, Paris, Ministère délégué à la recherche et aux nouvelles technologies, 2004.

[2] Rapport de la Commission pour l'Analyse des Modes de Production de l'Électricité et le Redéploiement des Energies (AMPERE), Belgique, octobre 2002, www.mineco.fgov.be/ampere

[3] L'électronique de puissance vecteur d'optimisation pour les énergies renouvelables, ECRIN, mai 2002, ISBN : 2-912154-08-1.

[4] Revue Systèmes Solaires, www.energies-renouvelables.org

[5] B. Multon, Production d'énergie électrique par sources renouvelables, Techniques de l'Ingénieur, Traité de Génie Électrique, mai 2003, D 4 005 et D 4 006.

[6] M. Crappe, Commande et régulation des réseaux électriques, Hermès Science, Paris 2003.