

LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ À PARTIR 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*



La production d'électricité à partir d'énergies renouvelables

1. Les chaînes de production de l'électricité

Le cycle de production de l'électricité le plus répandu nécessite de disposer d'une source de chaleur permettant de chauffer de l'eau afin d'obtenir de la vapeur sous pression. Cette vapeur, en se détendant dans une turbine, entraîne un alternateur qui génère de l'électricité. Après turbinage, cette vapeur est condensée au moyen d'une source froide qui est généralement une source d'eau froide (cours d'eau, mer) ou est constituée de tours de refroidissement. La figure 1 représente le cycle de production classique de l'électricité.

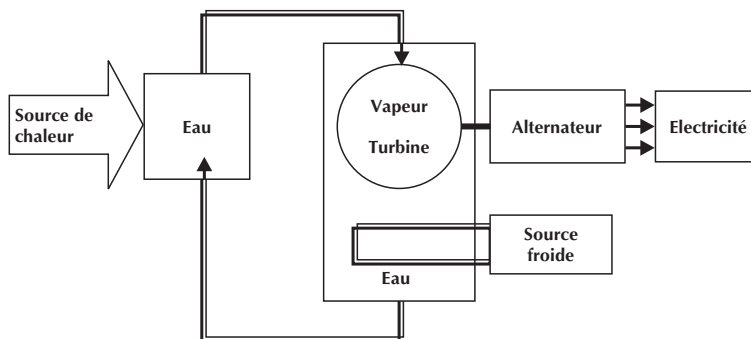


Figure 1. Cycle classique de production de l'électricité.

Lorsque la chaleur dégagée par la condensation de la vapeur est récupérée pour des besoins de chauffage, on parle de cogénération.

La source de chaleur est classiquement obtenue par la combustion de combustibles fossiles (pétrole, gaz, charbon) ou par une réaction de fission nucléaire dans des réacteurs conçus pour maîtriser l'ampleur de cette réaction.

Les combustibles fossiles ou l'uranium utilisés dans ces cycles classiques peuvent être remplacés par des sources à énergie renouvelable. La source de chaleur peut alors être obtenue par

- la combustion de biomasse (bois, biogaz, déchets organiques);
- la chaleur se trouvant en profondeur dans notre planète soit en pompant directement de l'eau chaude vers la surface, soit en exploitant la température élevée des roches en profondeur en y injectant de l'eau depuis la surface;
- le soleil en concentrant ses rayons au moyen de miroirs ou en exploitant l'eau chauffée en surface des mers en zone tropicale.

Avec certaines énergies renouvelables, la chaîne de production de l'électricité ne nécessite pas de source de chaleur. C'est le cas des énergies éolienne, hydraulique et solaire photovoltaïque.

Dans le cas des énergies éolienne et hydraulique, c'est la pression du vent ou de l'eau qui entraîne la rotation d'une turbine entraînant à son tour un alternateur produisant de l'électricité. La figure 2 représente cette chaîne de conversion énergétique.

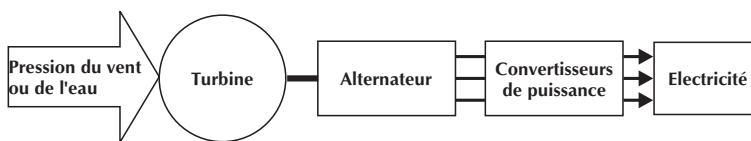


Figure 2. Chaîne éolienne ou hydraulique de production d'électricité.

La pression du vent résulte de son énergie cinétique. La pression de l'eau résulte de son énergie potentielle et de son énergie cinétique.

L'électricité générée par l'alternateur peut être directement envoyée sur le réseau électrique sans passer par des convertisseurs de puissance comme indiqué à la figure 2, mais dans ce cas, afin de maintenir la fréquence des tensions et courants générés constants à 50 ou 60 Hz, la vitesse de l'alternateur doit être maintenue constante en agissant sur l'orientation des pales de la turbine ou dans le cas de l'hydraulique par vannage en amont de la turbine.

L'intérêt des convertisseurs de puissance est de permettre à l'alternateur de fonctionner à vitesse variable et ainsi d'augmenter l'efficacité de la conversion énergétique tout en réduisant les besoins de contrôle mécanique de la turbine et de vannage dans le cas de l'hydraulique. Ce fonctionnement à vitesse variable se développe dans le domaine de l'hydraulique (en particulier en petite hydraulique), et tend à s'imposer dans l'éolien où ce type de fonctionnement apparaît naturel du fait des fortes variations de la vitesse du vent.

Dans le cas du solaire photovoltaïque, l'électricité est produite directement au moyen de cellules au silicium à partir de l'énergie contenue dans le rayonnement solaire. Des convertisseurs de puissance sont généralement utilisés pour assurer l'optimisation de la conversion énergétique. La figure 3 représente cette chaîne de conversion énergétique.

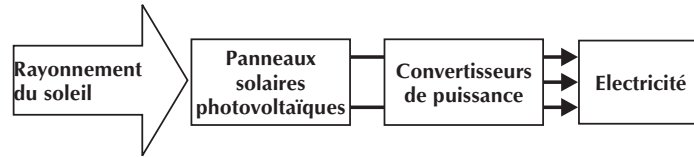


Figure 3. Chaîne solaire photovoltaïque de production de l'électricité.

L'électricité peut également être produite au moyen d'un moteur diesel ou d'une turbine à gaz (dérivée d'un réacteur d'avion) entraînant un alternateur. La source d'énergie primaire est généralement constituée de combustibles fossiles, mais il est envisageable de les remplacer par du biocarburant ou du biogaz.

2. Facteur de rendement

Le facteur clé pour la compétitivité des systèmes de production énergétique basés sur des énergies renouvelables est le coût du kilowattheure produit. Ce coût se calcule à partir du coût d'investissement du système de génération, de sa durée de vie, des taux d'intérêt de l'emprunt éventuellement contracté et des coûts de fonctionnement liés à la maintenance, de l'énergie primaire qui est gratuite, lorsqu'il s'agit du soleil, du vent, ..., et payante dans le cas des combustibles fossiles, nucléaire,...

Dans les systèmes fonctionnant au gré d'une nature changeante (éolien, solaire, hydraulique au fil de l'eau, ...), la productivité du système dépend fondamentalement des conditions naturelles (nombre d'heures d'ensoleillement par exemple) alors que le coût d'investissement dépend essentiellement de la puissance crête. Une éolienne de 1 MW pourra fournir au maximum une puissance de 1 MW, mais elle ne pourra pas produire cette puissance en permanence, à cause du caractère fluctuant de la vitesse du vent, contrairement aux centrales classiques utilisant les combustibles fossiles ou le nucléaire. Pour cette éolienne, tout comme pour le solaire et la petite hydraulique, c'est l'énergie produite qui est importante.

Le tableau 1 présente le facteur de rendement des chaînes de production d'électricité à partir d'énergie renouvelable qui ne sont pas basées sur le cycle classique eau-vapeur. Le facteur de rendement est le ratio entre l'énergie fournie par le système de production durant toute sa durée de vie et l'énergie consommée pour construire le système de production.

Installation	Facteur de rendement
Grande hydraulique	100 - 200
Petite hydraulique	80 - 100
Eolien	10 - 30
Solaire photovoltaïque	3 - 6

Tableau 1. Facteur de rendement des systèmes de production d'énergie électrique à partir d'énergies renouvelables.

Le facteur de rendement est meilleur pour les grandes installations comme c'est le cas de la grande hydraulique (durée de vie de 30 à 50 ans) par rapport à la petite hydraulique (durée de vie de 20 à 50 ans).

La puissance des éoliennes est passée de quelques centaines de kW avant 2000 à quelques MW après 2000 et pourrait se stabiliser autour de 5 MW d'ici 2010. La durée de vie d'une éolienne est de 20 à 25 ans.

Les systèmes photovoltaïques présentent le facteur de rendement le plus faible, car la fabrication des cellules au silicium nécessite beaucoup d'énergie. Une cellule rembourse entre 4 et 5 ans l'énergie nécessaire à sa fabrication. Comme la durée de vie d'un système photovoltaïque est de 20 à 30 ans, le facteur de rendement pourrait donc être dans les meilleurs des cas sensiblement supérieur à 6.

3. Objectifs européens

La figure 1 représente la répartition entre les différentes sources d'énergie renouvelable (géothermie, biomasse, éolien, hydraulique) des parts d'électricité produite au sein de chaque pays et au sein de la CEE en 1999.

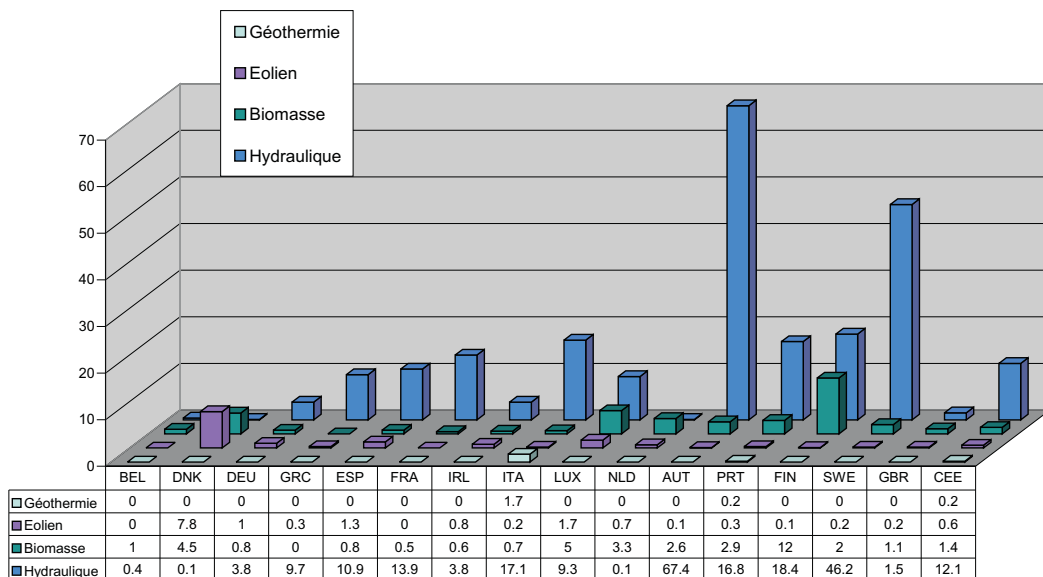


Figure 1. Répartition des parts d'électricité (en %) entre les différentes sources d'énergie renouvelable produites en 1999 dans les différents pays de l'union européenne.

Au début des années 2000, la Commission Européenne a décidé d'encourager l'accroissement de la part d'électricité d'origine renouvelable au sein de l'Union Européenne. L'Europe des 15 devrait accroître cette part de 14,2% en 1999 à 22,1% en 2010. La figure 2 compare, pour chaque pays, les parts d'électricité d'origine renouvelable produites en 1999 aux objectifs fixés pour 2010.

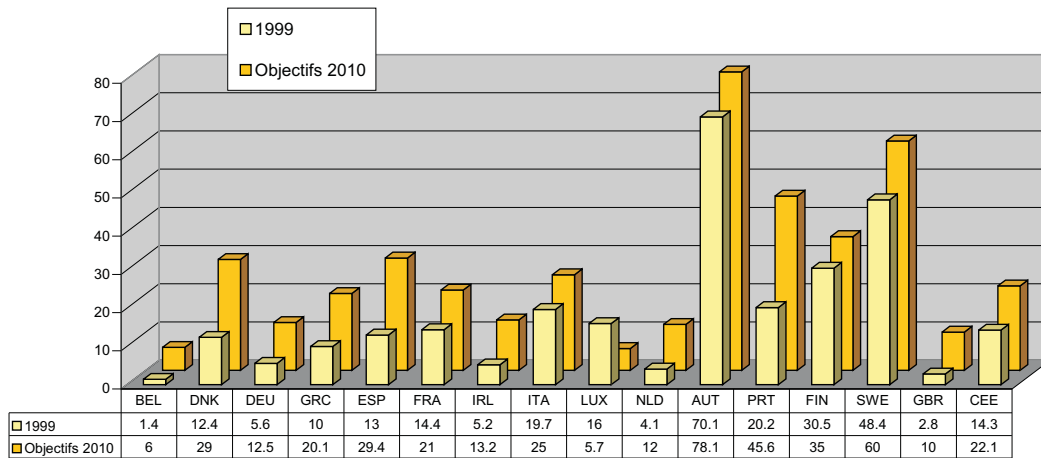


Figure 2. Parts d'électricité d'origine renouvelable produite en 1999 et objectifs européens pour 2010.

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.