

Et les « réserves » en énergies renouvelables ?

La principale énergie renouvelable utilisée aujourd'hui dans le monde est la biomasse, et plus principalement le bois. Ce dernier représente 10% de la production mondiale d'électricité primaire. Le bois peut être considéré comme une énergie renouvelable si les plantations de forêt compensent les abattages. Il n'est pas certain que l'ensemble du bois de chauffe consommé sur la planète satisfasse ce critère : une partie non négligeable provient de la déforestation et ne peut pas être comptabilisé en renouvelable.

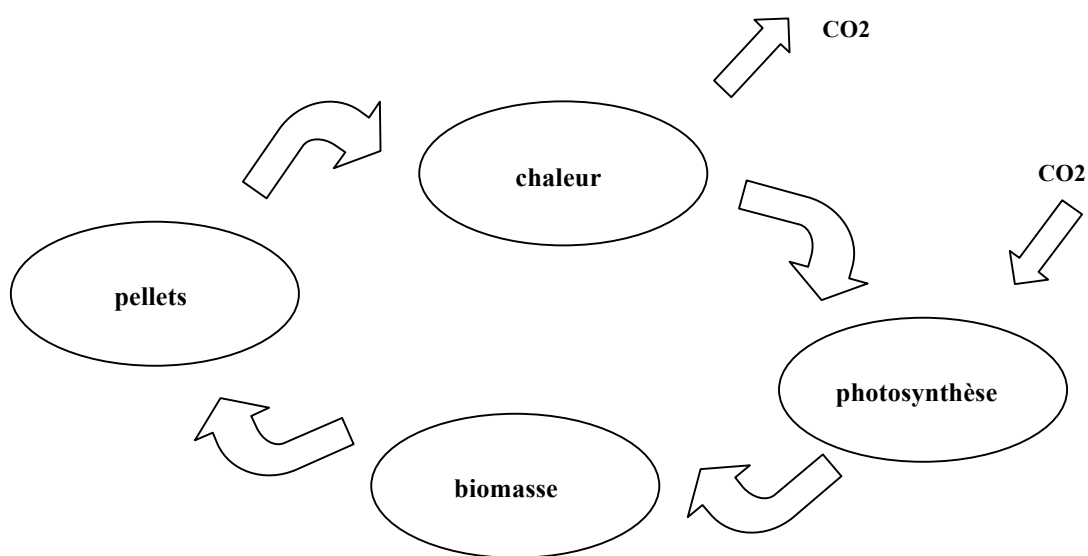
Au-delà du bois, il existe d'autres formes de production d'énergie à partir de « biomasse », c'est-à-dire de plantes cultivées telles que la canne à sucre, les céréales, le colza ... On peut utiliser la biomasse comme combustible, soit directement pour produire de la chaleur soit pour produire de l'électricité dans une centrale thermique. On peut aussi la transformer en biogaz (production de méthane par fermentation) ou en biocarburant (huile végétale, biodiesel, éthanol...).



Pellets de bois

Pour certains, le développement de ces nouvelles énergies constitue une réponse à l'épuisement des ressources en combustibles fossiles et à l'émission de gaz à effet de serre. En effet le gaz carbonique émis lors de l'utilisation de la biomasse est intégralement consommé lors de sa reconstitution, par la photosynthèse liée à la croissance des plantes.

Pour d'autres, le développement massif de la biomasse concurrencerait les cultures vivrières alors que les terres cultivées leur apparaissent déjà insuffisantes pour nourrir une population mondiale qui atteindra 10 milliards d'humains au cours de ce siècle. Cette menace pèse d'ores et déjà sur les pays les plus pauvres, notamment d'Afrique.



Le cycle de la biomasse

Les enjeux de l'ÉNERGIE



Même si leur part reste aujourd'hui marginale dans la production mondiale d'énergie, l'éolien et le solaire connaissent des développements importants. Ces ressources sont immenses ... mais difficiles à capter, car « diffuses » et « intermittentes ».

En une journée, le soleil déverse sur Terre 7.000 fois plus d'énergie que n'en consomme l'humanité ! Mais le soleil est une énergie très « diffuse ». En moyenne sur la terre, entre le jour et la nuit, les saisons et les latitudes, la puissance du rayonnement solaire se limite à 238 W/m^2 . En outre, un panneau solaire producteur d'eau chaude ne récupère que 30% de cette puissance ; une centrale solaire photovoltaïque ne fournit qu'environ 6W par mètre-carré d'implantation au sol, en raison des rendements de conversion et de l'espacement des panneaux. L'énergie qu'elle produit s'élève donc à $53 \text{ kWh / m}^2 / \text{an}$. Ainsi, pour répondre à la demande mondiale en énergie uniquement à partir du rayonnement solaire, il faudrait occuper 3 à 5 millions de km^2 , tout en évitant de faire concurrence aux terres cultivées¹. Ce ne serait pas formellement impossible, mais le gigantisme des installations de transformation de l'énergie solaire en électricité impliquerait un investissement massif en matériaux par unité d'énergie produite, ce qui se heurterait au problème de la limitation des ressources terrestres.

D'autre part le soleil est une énergie « intermittente ». Si sa puissance moyenne est de 238 W/m^2 , elle est toujours nulle la nuit et peut atteindre le triple de cette valeur à midi si le ciel est sans nuage. Il apparaît donc pour l'instant, assez peu adapté à la production massive d'électricité, qui est une énergie très difficilement stockable. Il l'est en revanche bien plus à la production directe de chaleur (eau chaude, chauffage résidentiel, voire certains procédés industriels) ou à des petites productions d'électricité locales, en particulier dans les régions à fort ensoleillement.

¹ La superficie mondiale des terres cultivées s'élève à 15 millions km^2 . S'y ajoutent 27 millions km^2 de terres cultivables non cultivées, mais concentrées à 90% en Afrique subsaharienne et en Amérique latine (source : Institut national d'agronomie).



panneaux photovoltaïques

L'énergie éolienne possède des caractéristiques similaires. La ressource éolienne, quoique très inférieure à celle du soleil, n'en est pas moins considérable. Le Conseil consultatif allemand sur le changement global (WBGU) évalue le potentiel éolien mobilisable au niveau mondial à 39.000 TWh par an, soit le tiers environ de la demande finale en énergie. Mais le vent est, comme le soleil, une énergie diffuse et intermittente. Sa vitesse est très variable et une éolienne ne fonctionne en moyenne annuelle qu'à 20% de sa capacité, un peu plus sur des sites particulièrement favorables et parfois presque le double en mer. Pour fonctionner correctement, les éoliennes doivent être espacées les unes des autres proportionnellement à leur taille. Ainsi un « parc éolien » terrestre composé de machines les plus performantes d'aujourd'hui – d'une puissance de 3 MW, d'un mât de 115m et de pales de 60m de longueur – compterait 2,5 unités par km² et produirait annuellement

Les enjeux de l'ÉNERGIE

13GWh. Il faudrait donc installer sur terre 7,5 millions de telles machines s'étendant sur 3 millions de km² pour atteindre le potentiel estimé par WBGU².

On peut se faire une idée plus locale des caractères diffus et intermittent de l'énergie éolienne à travers un exemple concret de parc éolien : le projet « offshore » de Courseuilles sur Mer, dans la Manche, en face de Caen. La puissance installée y sera de 450MW grâce à 75 éoliennes « Halade » fabriquées par Alstom. Elles feront 175 m de haut et seront déployées sur 50 km². La variabilité du vent sur ce site devrait conduire à un « facteur de charge » de 30% : en moyenne annuelle, le parc éolien devrait fonctionner à 38% de sa capacité. La production annuelle sera de donc 1,5 TWh, soit 0,3% de la production nationale d'électricité. A titre de comparaison, à proximité de Courseuilles sur mer, le site de la centrale nucléaire de Paluel s'étend sur 1,6 km² et produit annuellement 35 TWh, soit 7% de la production nationale.



Parc éolien

² Il est toute fois probable que le potentiel chiffré par cet institut comprenne aussi de l'éolien « offshore » (installé en mer).

Les enjeux de l'ÉNERGIE



Malgré ces obstacles, des pays comme l'Allemagne et l'Espagne ont fortement développé les productions d'électricité éolienne et solaire. Leur cumul représente une part significative de la production électrique (en 2013 : 13,5% en Allemagne, 19,5% en Espagne). Ces 2 pays sont donc confrontés à la variabilité non demandée de ces sources d'énergie : les pics et creux de la production ne correspondent en général pas aux pics et creux de la consommation. Pour assurer l'équilibre, ils ont de plus en plus recours aux échanges avec les pays voisins et notamment la France (exportation des surplus, importation pour pallier le déficit de production). C'est la raison pour laquelle d'importants investissements pour renforcer les réseaux d'interconnexion sont en cours.

Ainsi, la question la plus cruciale posée par le recours massif à la production d'électricité par le vent et le soleil est le caractère intermittent de ces ressources. Si toute l'Europe s'équipe en éolien et solaire photovoltaïque comme l'Espagne et l'Allemagne, on ne pourra plus compter sur l'import-export pour compenser les décalages entre les pics et les creux de la production et ceux de la consommation. Il faudra donc renforcer et multiplier les lignes d'interconnexion pour mettre à profit le « foisonnement » (compensation permise par les décalages géographiques entre les pics et creux de production). Mais beaucoup estiment qu'il deviendrait problématique pour l'équilibre du réseau de dépasser 20 à 25% de production intermittente « non commandée ».

Afin de pouvoir dépasser cette limite, des solutions de stockage de l'électricité produite par les ressources intermittentes font ainsi l'objet d'études et recherches :

- stockage « gravitaire » par pompage d'eau dans une retenue en hauteur
- stockage « pneumatique » par compression d'air dans un réservoir souterrain, associé à une turbine à combustion, consommant un combustible fossile, nécessaire au processus de restitution ;
- stockage « chimique » : production d'hydrogène par électrolyse de l'eau, de méthane par la « réaction de Sabatier » ...

Le stockage gravitaire est limité par la possibilité de créer des lacs artificiels servant de réservoir. Les autres solutions n'en sont pas encore à un stade industriel. Elles renchérraient par ailleurs les coûts d'investissement par quantité d'énergie produite, et ce pour deux raisons :

- par le coût additionnel des installations de stockage / restitution
- par la réduction de la puissance restituée, du fait des pertes énergétiques lors des phases de stockage et de restitution.

En l'état actuel des sciences et techniques, cela confirme que la production d'électricité par l'éolien et le solaire photovoltaïque feront utilement partie du bouquet énergétique, sans toutefois pouvoir prétendre constituer la majorité des moyens de production d'électricité.

Les enjeux de l'ÉNERGIE



En revanche une utilisation nouvelle peut s'ouvrir à la filière éolienne lorsque, par suite de l'épuisement des ressources, la production de pétrole et gaz naturel deviendra sensiblement insuffisante au regard des besoins – ou lorsque les politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre limiteront le recours aux combustibles fossiles. La production de méthane ou d'hydrogène par l'électricité éolienne pourrait alors constituer une substitution utile, voire irremplaçable. L'hydrogène étant stockable, cela permettrait de résoudre le problème de l'intermittence du vent. On imagine que le coût des investissements, en matériaux et en travail humain, serait plus élevé que celui d'un forage de puits de pétrole ou de gaz. Il y aurait aussi un prix environnemental à payer : une importante surface d'occupation au sol des installations. Ce serait le prix de la raréfaction des ressources et de la lutte contre le réchauffement climatique.