

# Les énergies renouvelables

Jean-Louis Bal<sup>1</sup>.

Sont considérées comme énergies renouvelables (EnR) toutes les énergies issues du soleil, directement (énergie solaire) ou indirectement (énergie éolienne, hydraulique et biomasse), l'énergie issue du magma terrestre (géothermie), et l'énergie issue de la gravitation (énergie marémotrice). Les diverses énergies que l'on pourrait tirer des océans telles que l'énergie de la houle, des courants marins ou du gradient thermique des mers sont également issues indirectement de l'énergie solaire et font partie du champ des énergies renouvelables. Par biomasse, on entend la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture (comprenant les substances animales et végétales), de la sylviculture et des industries connexes, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux.

Les utilisations de l'énergie sont de trois types : chaleur, électricité et carburant pour transport. L'énergie solaire, la géothermie et la combustion de la biomasse peuvent fournir de la chaleur. L'énergie solaire, via la conversion photovoltaïque ou la voie thermodynamique, peut produire de l'électricité de même que l'énergie éolienne, l'hydraulique ou les diverses énergies marines. De même, la géothermie ou la combustion de la biomasse peuvent fournir des températures suffisamment élevées pour produire de l'électricité.

À ce jour, seule la biomasse est à même de fournir de l'énergie pour les transports par la transformation de matières organiques en biocarburants.

## Des énergies renouvelables mais pas toujours renouvelées

**Les énergies renouvelables sont théoriquement inépuisables** puisque reproductibles mais elles sont disponibles en quantité limitée à un endroit et un instant donné. La ressource en énergie solaire, qui est la base de toutes les autres hormis la géothermie et l'énergie marémotrice, est 12 000 fois supérieure à l'actuelle consommation d'énergie de l'humanité. **Dans le cas de la biomasse, le caractère renouvelable n'est réel que si l'on veille à la pérennité de la ressource.** C'est le cas dans un pays comme la France où la croissance en volume de la ressource végétale est supérieure à l'exploitation qui en est faite. Par contre, dans nombre de pays en développement,

notamment en Afrique, la forêt est en régression et seule une bonne gestion de la ressource permettra de considérer à nouveau la biomasse comme une source d'énergie renouvelable.

La géothermie est, quant à elle, une ressource renouvelable issue de la désintégration d'éléments radioactifs contenus dans le noyau terrestre, mais **c'est la chaleur stockée dans la croûte terrestre depuis des milliards d'années qui est exploitée, et non le flux de chaleur issu du noyau terrestre** qui est relativement faible, 42 Téra-Watts soit 4 000 fois moins que le flux d'énergie solaire. La chaleur accumulée dans la croûte terrestre représente une énergie considérable bien supérieure aux réserves d'énergies fossiles : la quantité d'énergie exploitable par km<sup>2</sup> sur une profondeur de 10 km est en moyenne de 12,5 millions de tonnes équivalent pétrole (12,5 Mtep). Sur la surface de la France (550 000 km<sup>2</sup>), cela signifie un stock équivalent à 26 000 ans de la consommation totale actuelle en énergie primaire. Ce stock peut toutefois localement s'épuiser et n'être renouvelé que très lentement. La gestion d'une **ressource géothermale** doit donc tenir compte du fait que celle-ci n'est pas nécessairement renouvelable localement à une échelle de temps humaine. On a affaire à une ressource naturelle souterraine et complexe dont seule une modélisation permet une bonne gestion.

## Des énergies propres, mais des impacts qui ne sont ni à négliger, ni à exagérer

**Les énergies renouvelables n'ont que peu d'impacts négatifs sur l'environnement.** En particulier, leur exploitation ne donne pas lieu à des émissions de gaz à effet de serre ou à des déchets dangereux. Dans le cas de la biomasse, qui émet du CO<sub>2</sub> lors de sa combustion, la même quantité de gaz carbonique est captée pendant la croissance des végétaux. Si ceux-ci sont gérés de manière renouvelable, il y a donc autant de carbone capté que de carbone émis et le bilan est donc nul. Dans le cas de cultures énergétiques telles que celles qui sont destinées à la production de biocarburants, la culture elle-même, la récolte et ensuite la transformation nécessitent de l'énergie qui émet du CO<sub>2</sub>. Néanmoins, le bilan global reste nettement positif : l'usage d'une unité de biocarburant dans les transport en substitution à un combustible fossile réduit les émissions de CO<sub>2</sub> de 60 à 70 %.

<sup>1</sup> Directeur des Énergies renouvelables (ADEME). Courriel : jean-louis.bal@ademe.fr

Les EnR peuvent toutefois avoir des impacts, réels ou supposés, visuels, sonores ou sur la faune ou la flore. Leur utilisation doit donc répondre à certains principes et réglementations pour limiter ces impacts locaux. Les problèmes sont connus : impact paysager pour l'énergie éolienne ; émissions atmosphériques pour le bois combustible ; présence de contaminants dans le biogaz de décharge ; perturbation de l'écosystème local pour la petite hydraulique... Les impacts possibles sur l'avifaune, sur la flore et, bien entendu, sur l'activité humaine sont étudiés dans l'étude d'impact préalable à la délivrance des autorisations administratives de la plupart des projets d'exploitation d'énergie renouvelable. Tous les impacts sur le milieu naturel sont mesurés à cette occasion, y compris les atteintes dues aux travaux de construction.

La **superficie « consommée »** par la production d'énergies renouvelables peut être relativement grande mais il faut être prudent dans les comparaisons. Par exemple, la surface nécessaire à l'implantation d'une ferme éolienne est de 1 km<sup>2</sup> pour 8 MW, mais 99 % de cette surface reste utilisable pour d'autres fonctions telles que l'agriculture ou l'élevage.

De la même manière, il faut environ 10 m<sup>2</sup> de modules photovoltaïques pour produire 1 kW de puissance et 1 000 kWh d'énergie électrique par an (sous nos latitudes), mais ces 10 m<sup>2</sup> peuvent faire partie de surfaces ayant déjà une utilisation comme celle d'une toiture de bâtiment et la surface occupée peut alors être considérée comme nulle. La superficie totale des toitures françaises, qui est de l'ordre de 10 000 km<sup>2</sup>, pourrait donc produire chaque année 1 000 TWh, soit plus de deux fois la consommation actuelle d'électricité française. Un générateur photovoltaïque peut couvrir la totalité des besoins électriques d'une habitation en n'occupant qu'une faible partie de la surface de toiture.

Si les cultures énergétiques peuvent occuper de larges superficies, il faut rappeler que la valorisation énergétique de la biomasse (de 1 à 4 voire 10 tep/ha) concerne majoritairement des déchets ou sous-produits d'activités agricoles, forestières ou industrielles.

### Des énergies propres mais pas sans contraintes.

Un élément important pour évaluer la valeur d'un type d'énergie est la **puissance** qui peut être considérée comme **garantie** par cette énergie, c'est-à-dire fournie au moment où les consommateurs en ont besoin, en particulier pour les usages de l'électricité, énergie difficilement stockable. De ce point de vue, la situation des EnR est

extrêmement variable d'une technologie à l'autre et d'un contexte à l'autre.

La géothermie fournit une énergie et une puissance garantie et peut donc fonctionner en base, alors que le solaire et l'éolien sont des énergies intermittentes. Entre les deux, l'hydroélectricité et les bioénergies offrent plus de souplesse avec des capacités de stockage variables suivant les contextes et les saisons. Le solaire et l'éolien, même s'ils sont variables, mais pas aléatoires car prévisibles, peuvent avoir une valeur en terme de puissance électrique conventionnelle que les réseaux n'ont pas besoin d'assurer si les pointes de consommation sont simultanées à l'occurrence de ces énergies et que le foisonnement des sources dispersées est suffisant. Ce peut être le cas du solaire et de la consommation engendrée par la climatisation, ou de l'éolien et de la pointe de consommation en hiver.

On conçoit néanmoins que le stockage de l'énergie, particulièrement électrique, même sur quelques heures, puisse apporter une grande valeur ajoutée aux EnR et que cela sera un important thème de recherche pour les années à venir.

### Les seules lois du marché ne suffisent pas au développement des énergies renouvelables.

En dehors de quelques segments de marché particuliers (bois énergie, sites isolés) et hormis l'hydroélectricité, les EnR ne sont pas encore pleinement compétitives sur un plan économique. Leur développement demandera encore un soutien financier public continu, à tout le moins tant que leurs avantages environnementaux et sociaux n'auront pas reçu de contrepartie économique ou tant que les impacts négatifs des autres énergies, notamment les émissions de gaz à effet de serre, n'auront pas été intégrés dans leurs coûts.

En effet, le marché ne prend pas en compte naturellement des technologies dont les avantages économiques ne seront visibles qu'à long terme et dont les avantages sociaux, environnementaux et stratégiques ne reçoivent pas de valorisation financière. Il en a été de même pour l'énergie nucléaire qui a fait l'objet d'un vigoureux effort public initial sans lequel elle n'aurait pas atteint le développement qu'elle connaît en France aujourd'hui.

## La contribution des énergies renouvelables à la consommation française : minoritaire et stable

La contribution des énergies renouvelables est très inégale selon les usages et les filières, comme l'indique le tableau ci-dessous.

|                         | 2001          |               | 2002          |              | 2003          |               |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
|                         | GWh           | ktep          | GWh           | ktep         | GWh           | ktep          |
| Hydraulique             | 80 257        |               | 67 571        |              | 65 867        |               |
| Éolien                  | 149           |               | 299           |              | 376           |               |
| Solaire                 | 13            | 25            | 15            | 25           | 19            | 28            |
| Géothermie              | 20            | 128           | 17            | 128          | 23            | 129           |
| Pompes à chaleur        |               | 231           |               | 233          |               | 253           |
| Déchets urbains solides | 2390          | 704           | 2900          | 779          | 3285          | 830           |
| Bois et déchets de bois | 1312          | 8806          | 1324          | 7983         | 1344          | 8759          |
| Résidus de récoltes     | 341           | 185           |               | 186          | 370           | 192           |
| Biogaz                  | 349           | 56            |               | 57           | 416           | 57            |
| Biocarburants           |               | 339           |               | 363          |               | 400           |
| <b>Total</b>            | <b>84 830</b> | <b>10 474</b> | <b>72 858</b> | <b>9 755</b> | <b>71 700</b> | <b>10 647</b> |

Les EnR représentent environ 6 % de la consommation totale d'énergie primaire en France.

Les usages thermiques, essentiellement le bois, fournissent environ 10,15 Mtep. Les usages électriques ont contribué en 2003 à la production de 71,7 TWh (soit 15 % de la consommation d'électricité), la contribution essentielle étant apportée par l'hydroélectricité (93 %). Enfin, les biocarburants sont aujourd'hui incorporés à hauteur de 0,4 Mtep, soit 0,8 % en moyenne dans les carburants routiers classiques. En dehors des variations de l'hydraulique dues à la pluviométrie, ces productions sont stables.

### Des objectifs ambitieux dans le projet de loi d'orientation sur l'énergie

Le projet de loi d'orientation sur l'énergie, qui doit être adopté au printemps, prévoit que le « bouquet énergétique » français doit ensuite être diversifié, tant en termes de types d'énergies que d'origine géographique et géopolitique de nos approvisionnements et en faisant une large place aux énergies non émettrices de gaz à effet

de serre et notamment aux énergies renouvelables :

- un développement volontariste des énergies renouvelables thermiques est en effet nécessaire (+ 50 % d'ici 2010), en particulier la biomasse et le solaire thermique, et les pompes à chaleur géothermales encore peu utilisés en France en dépit de potentiels intéressants ;
- de même l'objectif européen de produire 21 % de notre électricité à partir de sources renouvelables à l'horizon 2010 devra être atteint au lieu de 14 % actuellement ;
- la part des biocarburants dans la consommation de carburants routiers doit être de 5,75 % en 2010 contre 0,8 % actuellement.

Pour atteindre ces objectifs, diverses dispositions ont déjà été adoptées : tarif d'achat incitatif pour certaines filières de production d'électricité, appels d'offres pour d'autres, défiscalisation contingentée des biocarburants et crédit d'impôt de 40 % pour les particuliers qui s'équipent en énergies renouvelables en sont les principales et viendront s'ajouter aux programmes existants animés par l'ADEME comme la Plan Bois Energie et le Plan Soleil.

## Annexe

Les énergies renouvelables en Europe : capacité installée ou production par type d'énergie en 2003. Source : EurObserv'ER, le baromètre européen 2004 des énergies renouvelables.

### Légende.

1. Éolien (puissance installée en MW). 2. Photovoltaïque (puissance installée en MWc, raccordé ou non). 3. Solaire thermique (parc cumulé de capteurs, en m<sup>2</sup>). 4. Petite hydraulique (puissance installée en MW). 5. Biogaz (production brute en milliers de tep). 6. Bois-énergie (production d'énergie primaire en millions de tep). 7. Biodiésel (production en tonnes). 8. Éthanol, ETBE (Ethyl Tertio Butyl Ether) entre parenthèses (production en tonnes). 9. Géothermie moyenne et basse énergie, hors pompes à chaleur (puissance installée en MWth). 10 Pompes à chaleur géothermales (puissance installée en MW).

## GÉNÉRALITÉS SUR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

| Pays         | 1             | 2             | 3                 | 4             | 5            | 6            | 7                | 8                            | 9               | 10           |
|--------------|---------------|---------------|-------------------|---------------|--------------|--------------|------------------|------------------------------|-----------------|--------------|
| Allemagne    | 14 609        | 410,30        | 5 442 100         | 1 630         | 685          | 4,81         | 715 000          |                              | 70,50           | 675          |
| Autriche     | 415           | 16,83         | 2 711 900         | 1 001         | 64           | 3,19         | 32 000           |                              | 100,00          | 640          |
| Belgique     | 67            | 1,06          | 50 100            | 60            | 56           | 0,40         |                  |                              | 9,00            | 25           |
| Danemark     | 3 110         | 1,89          | 306 200           | 11            | 62           | 1,09         | 41 000           |                              | 4,00            | 90           |
| Espagne      | 6 202         | 27,26         | 342 400           | 1 722         | 257          | 3,73         | 6 000            | 180 000<br>(383 400)         | 0,10            |              |
| Finlande     | 51            | 3,40          | 45 100            | 327           | 18           | 6,31         |                  |                              |                 | 360          |
| France       | 253           | 21,71         | 726 500           | 2 020         | 322          | 9,28         | 357 000          | 77 200<br>(164 250)          | 330,00          | 670          |
| Grèce        | 375           | 3,25          | 2 877 200         | 65            | 42           | 0,85         |                  |                              | 75,00           | 1,6          |
| Irlande      | 186           |               | 4 800             | 34            | 28           | 0,14         |                  |                              | 0,70            | 20           |
| Italie       | 904           | 26,02         | 449 900           | 2 330         | 155          | 1,46         | 273 000          |                              | 486,51          | 320          |
| Luxembourg   | 22            | 3,50          |                   | 21            | 2            | 0,01         |                  |                              |                 |              |
| Pays-Bas     | 912           | 45,92         | 449 000           | 2             | 154          | 0,46         |                  |                              |                 | 80           |
| Portugal     | 299           | 2,07          | 179 800           | 301           | 76           | 2,41         |                  |                              | 5,50            |              |
| Royaume-Uni  | 648           | 5,90          | 215 400           | 160           | 1 151        | 0,94         | 9 000            |                              | 2,30            | 1,2          |
| Suède        | 399           | 3,56          | 210 000           | 1 050         | 147          | 7,92         | 1 000            | 52 300<br>(o)                | 47,00           | 1 270        |
| <b>Total</b> | <b>28 452</b> | <b>572,67</b> | <b>14 010 400</b> | <b>10 734</b> | <b>3 219</b> | <b>43,00</b> | <b>1 434 000</b> | <b>309 500<br/>(547 650)</b> | <b>1 130,61</b> | <b>4 153</b> |