

**Fiche N° 19 : EnR, mix énergétique et production d'électricité**

## 1. LES EnR

Pour les médias et le grand public, les EnR (Energies Renouvelables) sont constituées d'éolien et de solaire photovoltaïque, utilisées pour produire de l'électricité. Rappelons de prime abord que les énergies renouvelables sont diversifiées, qu'elles peuvent être décarbonées ou pas, pilotables ou intermittentes. Les énergies pilotables sont celles qu'on peut stocker, les intermittentes dépendent des conditions météorologiques (vent, soleil, température de l'air, de l'eau ou du sol). (V. infra notre documentation). On peut les classer en décarboné, pilotable et selon leur faible impact sur l'environnement (Oui/Non).

Source d'énergie	décarb.	pilotable	env <sup>T</sup>	Source d'énergie	décarb.	pilotable	env <sup>T</sup>
Eolien	O	N	N	Hydraulique de barrage	O	O	N
Solaire PV	O	N	O	Hydraulique au fil de l'eau	O	N	O
Solaire thermique	O	N	O	Géothermie	O	O	O
Biomasse	N	O	O				

Toutes les EnR listées peuvent produire in fine de l'électricité, avec des rendements qui dépendent du procédé mis en œuvre. L'hydraulique de barrage inclut le fluvial et les usines marémotrices ; la géothermie est celle des profondeurs ; la biomasse inclut le bois – énergie et le gaz de méthanisation, pour autant qu'ils ne sont pas utilisés directement sous forme de chaleur (en raison des impuretés qu'ils contiennent).

## 2. L'ÉLECTRICITÉ : UN VECTEUR ÉNERGÉTIQUE DE FLUX

L'électricité résulte d'un déplacement d'électrons dans un conducteur, en général le cuivre. En tant que telle, elle est difficilement stockable : dans des accumulateurs électrochimiques, sinon il faut la transformer : en énergie cinétique, dans les stations de pompage hydrauliques, ou en énergie chimique sous forme d'hydrogène (voir FA GAENA N°26).

L'électricité est distribuée par des réseaux : haute tension (réseau maillé des producteurs) et basse tension (réseau hiérarchisé des consommateurs). À tout instant sur ces réseaux, on doit respecter l'égalité : production = consommation, sous peine dans un premier temps de dériver en fréquence (en Europe, la fréquence de 50 Hz doit être respectée à ± 1 Hz, sinon l'électricité est coupée pour protéger le réseau : délestage, sinon coupure généralisée) (Voir FA GAENA N° 57).

Rappelons enfin les unités : la puissance s'exprime en watts (kW, MW) ; l'énergie en kWh (MWh, TWh). Les confondre revient à confondre vitesse et distance !

## 3. LES ÉNERGIES RENOUVELABLES SONT- ELLES PILOTABLES ?

Lorsqu'on utilisait les moulins à vent pour moudre le blé ou remonter l'eau des polders, produits stockables, il n'y avait pas de problème : le meunier pouvait dormir en attendant que le vent se lève ! S'agissant d'électricité, la question se pose de l'insertion des sources intermittentes dans le réseau.

En outre, contrairement aux turbogénérateurs, les aérogénérateurs des éoliennes et les panneaux photovoltaïques n'ont pas d'inertie. Il est donc impossible avec eux seuls de maintenir la consigne de régulation dans les limites de fréquence ; il faut leur adjoindre des sources pilotables, qui peuvent être renouvelables comme l'hydraulique et la biomasse.

## 4. LES ÉNERGIES RENOUVELABLES ONT UN PIÈTRE FACTEUR DE CHARGE

On le sait : les panneaux photovoltaïques ne produisent pas la nuit ! En moyenne sur la France métropolitaine, leur facteur de charge est de 13 %, 11 % au nord et 15 % au sud. C'est-à-dire qu'il faut investir 7 fois plus que la puissance-crête annoncée, pour produire la quantité d'électricité visée.

Mais au moins peut-on penser qu'il y a toujours du vent quelque part, et que les éoliennes vont compenser : rien de plus faux ! D'une part, la puissance des éoliennes varie avec le cube de la vitesse du vent (quand le vent tombe de 30 à 15 km/h, la puissance est divisée par 8). D'autre part, le territoire métropolitain est petit par rapport aux phénomènes météorologiques, dépressions et anticyclones. Au total, le facteur de charge moyen est de 23 %, et l'expérience allemande montre qu'il ne faut pas compter sur les éoliennes maritimes pour le rehausser fortement. En gros, il faut investir 4 fois plus que pour la production visée.

#### 4. LES MODÈLES ALLEMANDS ET DANOIS NE SONT PAS VALABLES EN FRANCE Métro<sup>t</sup>

La volonté de faire baisser les émissions de CO<sub>2</sub> avec des éoliennes a du sens quand la production d'électricité est essentiellement carbonée, à partir de charbon, comme au Danemark et en Allemagne : les # 20 % de production éolienne (pour une même puissance installée) réduisent d'autant les émissions de CO<sub>2</sub>. Il faut noter que pour atteindre cette valeur, il est nécessaire de doubler la puissance de production installée, ce qui revient fort cher. En France, où l'électricité nucléaire est déjà décarbonée, on peut douter de l'utilité d'une telle dépense, d'autant que l'hydraulique produit suivant les années de 12 à 15 % de la consommation. La baisse des émissions de CO<sub>2</sub> du secteur électrique en France est au mieux actuellement de 8 à 10 millions de tonnes par an (voir FC n°4).

#### 5. LES CONCLUSIONS DE L'ÉTUDE PRÉCISE ET DÉTAILLÉE DE EDF- R&D

Les résultats de l'étude réalisée au pas de 30 min sur l'ensemble du réseau européen (34 pays) montrent que **l'insertion de 40 % d'EnRi est possible**, même si elle entraîne une plus grande instabilité du réseau, aux **conditions** suivantes :

- Gérer les surplus d'EnRi, par déconnexion du réseau. Cette déconnexion peut être obtenue par écrêtage (mise à l'arrêt), ou stockage (STEP<sup>1</sup>, ou production d'hydrogène, par exemple) ;
- Gérer activement la demande, par effacement et reports de consommation (c'est un des objectifs des compteurs Linky, qui étend aux particuliers une pratique commerciale qui existe déjà pour les industriels) ;
- Augmenter les stockages d'énergie (on utilise actuellement principalement les STEP) ;
- Utiliser l'inertie synthétique des éoliennes pour accroître l'inertie globale du système ;
- Renforcer les interconnexions entre pays, pour faciliter l'import-export ;
- Gérer l'introduction des sources EnRi dans les réseaux de distribution (rendre les réseaux « intelligents » : « smart grids »).

#### 6. D'AUTRES PRIORITÉS POUR LA FRANCE

Si le modèle danois peut s'appliquer aux territoires isolés d'outre-mer, par contre pour la Métropole d'autres priorités peuvent être définies, qui permettront d'atteindre des résultats effectifs sur les émissions de CO<sub>2</sub> : 1) pour le chauffage, utiliser les énergies thermiques renouvelables (géothermie, solaire thermique, biomasse-combustible et biomasse-gaz) ; 2) pour le transport, poursuivre les études sur la production d'hydrogène à partir des excédents des éoliennes, ainsi que sur les biocarburants de 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> génération.

#### 7. BIBLIOGRAPHIE

Fiches argumentaires : FA 4 : France : quelle énergie pour demain ? ; FA 26 : Stockage de l'énergie électrique ; FA 31 : L'Énergie Éolienne ; FA 37 : Énergie solaire thermique et thermodynamique ; FA 40 : La biomasse ; FA 44 : Énergie marine ; FA 54 : L'énergie géothermique ; FA 57 : Équilibre du réseau électrique.

Fiches de synthèse : N°1 : Généralités ; N°5 : Biomasse ; N°7 : Eolien ; N°8 : Photovoltaïque ; N°9 : Solaire thermique ; N°10 : Géothermie ; N°11 : Hydraulique continentale ; N°12 : Énergie marine ; N°13 : Production d'électricité.

<sup>1</sup> STEP : Station de Transfert d'Énergie par Pompage ; la plus importante en Europe est celle de Grandmaison (P = 1700 MW) dont le lac contient 137 millions de m<sup>3</sup> d'eau et qui turbine 700 millions de m<sup>3</sup> d'eau par an, sur une hauteur de chute pondérée de 940 m ; une journée moyenne de consommation d'électricité en France correspondrait pour cette hauteur de chute à 640 millions de m<sup>3</sup> d'eau, plus de 4 fois la capacité du lac – ou près d'un an de turbinage, ce qui montre l'impossibilité de stocker massivement l'énergie électrique pour suppléer à l'intermittence.