

# 4

# L'ÉLECTRICITÉ



Le mystère de l'électricité.

## 4.1 Les différents moyens pour produire de l'électricité en France

Pour produire de l'électricité de manière industrielle, plusieurs moyens existent. Chacun possède ses avantages et ses inconvénients. En France, les centrales hydrauliques, nucléaires et thermiques à flamme assurent l'essentiel de la production. Les autres moyens de production, à partir des énergies renouvelables, se développent en utilisant des ressources locales (soleil, vent, biomasse, géothermie).

### ▣ Les centrales hydrauliques



Lâcher d'eau au barrage de Serre-Ponçon.

Les centrales hydrauliques utilisent l'énergie de l'eau des rivières, ou de la mer pour les usines marémotrices, pour produire l'électricité. Elles nécessitent généralement la construction d'infrastructures importantes. Les investissements rapportés à la puissance installée sont très élevés et les durées de construction très longues dans le cas des grands barrages. En France, tous les sites possibles pour des installations de forte puissance ont déjà été équipés.

Les différents aménagements hydrauliques sont conçus pour optimiser l'exploitation de la ressource en eau :

- les aménagements au "fil de l'eau" ne possèdent pas de capacité de stockage et produisent de l'énergie en fonction des apports d'eau du moment ;
- l'usine marémotrice, sur la Rance : elle utilise le mouvement ascendant et descendant de la marée pour créer le dénivelé indispensable à la production d'énergie, fournissant de cette manière de l'électricité de manière très régulière ;
- les éclusées font intervenir une réserve d'eau de moyenne importance (plus faible que celle d'un lac), destinée à une utilisation ponctuelle en cours de semaine ou de journée, pour couvrir les pointes de demande ;

- les Stations de Transfert d'Énergie par Pompage (STEP) se composent d'un bassin amont et d'un bassin aval. L'eau est pompée du bassin aval vers le bassin amont en période de faible consommation, de manière à constituer un stock, qui sera utilisé pour produire de l'énergie en période de pointe (l'eau sera alors "turbine" du bassin amont vers le bassin aval).
- les aménagements de "lacs" sont utilisés pour leur grande capacité de stockage de saison à saison, grâce à la retenue (ou réservoir) qui se trouve en amont du barrage. Ils peuvent ainsi, en fonction de la demande, profiter des périodes propices pour remplir leur réservoir et être disponibles en période de forte consommation ou pour garantir l'équilibre du système électrique.

La ressource hydraulique n'est pas la propriété du producteur, elle est cogérée par les parties prenantes (collectivités locales, industriels, associations...) au bénéfice de la collectivité. Cela restreint parfois les possibilités d'utilisation pour la production d'électricité.

#### ▣ Les centrales nucléaires

Les centrales nucléaires utilisent la chaleur dégagée par la fission de l'atome pour produire de la vapeur d'eau transformée en électricité dans un groupe turboalternateur. Cette technologie permet une production très importante sur une surface de quelques dizaines d'hectares (2 600 MW sur le site de Penly, 5 400 MW sur le site de Gravelines) et nécessite des investissements lourds. La construction des unités dure environ 5 ans, 8 ans si l'on compte les procédures administratives. L'exploitation nucléaire requiert un personnel très qualifié. Elle est soumise à un contrôle rigoureux à la fois de l'exploitant et de l'Autorité de sûreté nucléaire. Le per-



Centrale nucléaire de Civaux (Vienne).

sonnel permanent est de 800 personnes environ pour deux unités de 1 300 MW. Les centrales nucléaires n'émettent que très peu de gaz à effet de serre et produisent un très faible volume de déchets. Cependant, environ 10 % de ces déchets présentent une radioactivité importante.

#### ▣ Les cycles combinés à gaz

Les cycles combinés à gaz comportent une turbine à combustion (assez proche d'un réacteur d'avion) et une turbine à vapeur. Ils utilisent du gaz naturel comme combustible. L'énergie des gaz d'échappement de la turbine à combustion est utilisée pour produire la vapeur. Les turbines à combustion et à vapeur entraînent



Cycle combiné de Phu-my 2 (ViêtNam).

chacune un alternateur qui produit de l'électricité. À puissance identique, les installations sont un peu plus compactes que pour le nucléaire.

L'investissement est moins élevé que pour le nucléaire et les durées de construction plus faibles (3 à 4 ans, hors procédures). Le personnel permanent est d'environ 40 personnes pour une unité de 440 MW.

En exploitation, un cycle combiné à gaz produit très peu de déchets; il émet du CO<sub>2</sub> et des oxydes d'azote, mais en moindre quantité qu'une centrale thermique à flamme.

#### ▣ Les centrales thermiques à flamme

Dans les centrales thermiques à flamme, les combustibles fossiles servent à transformer de l'eau en vapeur qui produit de l'électricité via une turbine et un alternateur. En raison principalement de leur coût, le gaz et le pétrole sont moins utilisés en Europe où le charbon et le lignite sont très majoritaires dans ce type de centrale. Pour limiter le coût de transport du combustible, il est



Centrale thermique du Havre (Seine-Maritime).

préférable que la centrale soit implantée à proximité du lieu d'extraction ou d'un port. La compacité des installations est comparable à celle du nucléaire.

La durée de construction est intermédiaire entre celle du nucléaire et des cycles combinés. Le coût d'investissement est environ deux à trois fois plus élevé que celui des cycles combinés à gaz. Le personnel permanent est d'environ 80 personnes pour une centrale de 900 MW. L'exploitation produit plus de gaz à effet de serre que les cycles combinés à gaz et davantage de déchets (cendres, mâchefers et résidus de piégeage du dioxyde de soufre) : environ 500 tonnes par an et par MW pour les centrales à charbon (une partie de ces déchets peut être valorisée). Des améliorations techniques ont été réalisées ces dernières années pour augmenter l'efficacité et diminuer l'impact environnemental des centrales à charbon (unités dites à "charbon propre").

Des centrales thermiques à flamme peuvent également utiliser comme combustible des ordures ménagères, du bois, de la bagasse (résidu de canne à sucre) dans les DOM, d'autres combustibles végétaux (biomasse) ou encore du biogaz, dont l'électricité produite par ce moyen bénéficie de tarifs de rachat. Le coût de production, en général assez élevé, dépend largement du coût du combustible et, surtout, de celui de la dépollution associée.

## ▣ Les éoliennes

Les éoliennes utilisent l'énergie du vent, gratuite, renouvelable, mais non permanente : la production moyenne est de 25 à 30 % de la capacité théorique maximum. Cette intermittence de l'énergie impose de disposer d'équipements de substitution dans le cas où le vent est trop faible. Les éoliennes nécessitent une grande surface, plusieurs centaines de fois supérieure à l'emprise des centrales nucléaires ou à vapeur pour la même puissance installée. On peut cependant utiliser une grande partie de la surface d'une ferme éolienne pour l'agriculture. L'exploitation d'une ferme éolienne ne nécessite pas de personnel permanent et sa maintenance requiert environ une dizaine de personnes pour 100 MW. Elle ne produit aucun gaz à effet de serre. Le gisement potentiel de production français est assez important, particulièrement sur les côtes bretonnes, de la Manche et de la mer du Nord ainsi que dans la vallée du Rhône et dans le Roussillon.

La puissance installée en France était de 3 327 MW au 31 décembre 2008.



Éoliennes au Chemin d'Ablis, en Beauce (Eure-et-Loire).

Les éoliennes peuvent également être installées en mer sur des hauts-fonds. Dans ce cas, la productibilité est supérieure, mais le coût de revient est également plus élevé.

Le tarif de rachat de l'électricité produite par les éoliennes terrestres est de l'ordre de 86 €/MWh et celui de l'éolien en mer de 136 €/MWh.

## La géothermie



Centrale géothermique de Bouillante (Guadeloupe).

La géothermie (utilisation de la chaleur de la terre à grande profondeur) n'est utilisable pour la production d'électricité que dans des sites où la chaleur existe à haute température, comme en Guadeloupe, en Martinique et à La Réunion, en raison du caractère volcanique actif de ces îles.

En revanche, la géothermie utilisant de la chaleur à basse température se développe en métropole pour d'autres applications, notamment le chauffage urbain et individuel.

## Le solaire photovoltaïque

Cette source d'énergie est également intermittente. On distingue l'énergie solaire photovoltaïque (production directe d'électricité) de l'énergie solaire thermique (production de chaleur qui peut éventuellement ensuite être transformée en électricité).

Les panneaux photovoltaïques ont été développés à l'origine pour les applications autonomes sans connexion aux réseaux électriques. Cependant, ces dernières années, le marché du photovoltaïque, qui croît au rythme de 30 à 40 % par an, s'est surtout développé dans les applications raccordées aux réseaux sous l'impulsion des politiques en faveur des énergies renouvelables.

Selon le type d'installation (au sol ou intégré au bâti), les tarifs de rachat de l'électricité photovoltaïque varient de 314 à 580 €/MWh.



Ferme solaire de Narbonne (Aude).

### Comparaison des différents moyens de production d'électricité

Type	Finalité	Atouts	Emplois (exploitation)
Hydraulique	Base (fil de l'eau), pointes (réservoir)	Flexibilité pour les réservoirs, énergie renouvelable	Peu d'emplois, souvent automatisé
Nucléaire	Base	Production très importante, coût	800 personnes environ pour 2 600 MW
Cycle combiné à gaz	Base / semi-base	Flexibilité	40 personnes environ pour 440 MW
Thermique à flamme	Base / semi-base / pointe	Flexibilité	80 personnes environ pour 900 MW
Éoliennes	Base (production intermittente)	Énergie renouvelable	Une dizaine de personnes pour 100 MW <sup>1</sup>
Géothermie	Base	Énergie renouvelable	N.A.
Solaire photovoltaïque	Base (production intermittente)	Énergie renouvelable	Peu d'emplois, automatisé

1. Le site internet du Projet éolien en mer des deux côtes annonce 250 emplois pour 700MW.