

Le savoir-faire français  
dans le domaine des  
**énergies renouvelables**





## Crédits photos

Fotolia.com : Andrei Merkulov, auremar, Frédéric Prochasson, chanelle, lamar, endostock, Pascal Demure, Chlorophylle, Lemonade, goodluz, Terrance Emerson, PixMedia, NLshop, matteo NATALE, andreas, rachwal, photlook, Pierre-Alain Dutheil, Cyril Comtat, Andrei Merkulov, christian42, iMAGINE, Jean-Paul Comparin, vb\_photo, Corbis, pf30 Olivier Sébart/ADEME  
Christian WEISS @ADEME, Roland Bourguet © ADEME, Christian WEISS @ADEME  
STEM, Hans Pattist/Senter Moven, O. Diaz/Sabella, Bertin Technologies, pl.ferrandez@balloide-photo.com





**Le terme « énergies renouvelables » désigne toutes les énergies issues de sources non fossiles renouvelables : énergie éolienne, énergie solaire, géothermie, bioénergies, hydroélectricité et énergies marines. Elles servent à produire de l'électricité, de la chaleur et des carburants. Ces énergies sont théoriquement inépuisables puisque renouvelables et n'ont qu'un faible impact sur l'environnement.**

## > Contexte

Le développement des énergies renouvelables a connu une impulsion majeure en France avec la mise en œuvre du « Grenelle Environnement » qui fixe à la France un objectif de 23 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie à atteindre en 2020.

En déployant des efforts considérables pour la promotion de ces énergies, la France vise à répondre à quatre grands enjeux :

### 1. la lutte contre le changement climatique

Les émissions des gaz à effet de serre, liées aux activités humaines et à l'exploitation des énergies fossiles conduisent à un réchauffement de la température sur terre. Ce phénomène risque d'avoir d'importantes conséquences en menaçant le climat, les écosystèmes et les sociétés humaines.

Face à ces défis, la communauté internationale s'est fixée pour objectif de diviser par 2 les émissions de gaz à effet de serre avant 2050. De son côté, la France s'est engagée à diviser par 4 ses émissions de gaz à effet de serre. Un premier jalon a été fixé à 2020 pour lequel la France doit réduire ses émissions de 20 %.

### 2. la sécurité d'approvisionnement

Très dépendante de l'importation de combustibles fossiles, la France souhaite diversifier son bouquet énergétique. Les énergies renouvelables constituent une alternative stratégique permettant de renforcer considérablement la sécurité d'approvisionnement.

### 3. la préservation de la santé humaine et de l'environnement

La production et la consommation des énergies fossiles ont un impact considérable sur l'environnement, notamment sur la qualité de l'air et donc la santé humaine, ainsi que sur les paysages et les écosystèmes.

En développant les énergies renouvelables, la France vise aussi à diminuer la pollution environnementale due à l'utilisation des énergies fossiles.

### 4. le développement des filières industrielles « vertes » en France

La promotion des énergies renouvelables est également un enjeu industriel et social. Le développement de ces nouvelles technologies contribue à moderniser le tissu industriel et à améliorer la compétitivité des entreprises. Elles sont un des piliers stratégiques dans la mise en place d'une économie verte.

Les enjeux sont considérables : en France, la production des éco-activités en général s'élevait en 2008 à 62,5 milliards d'euros. Elles ont dégagé un excédent commercial de l'ordre de 2 milliards d'euros, les exportations atteignant 6,9 milliards d'euros.

Les éco-activités ont mobilisé, en 2008, 405 000 emplois en hausse de 2,9 % par rapport à 2007. Cette croissance est tirée notamment par l'essor des énergies renouvelables qui représentaient plus de 50 000 emplois.

De nombreuses entreprises spécialisées dans le domaine des énergies renouvelables se sont développées en France ces dernières années. Ces entreprises proposent leurs services dans la fabrication, la pose et l'installation d'équipements, la maintenance des équipements de production et la vente d'énergie.

Pour les pays en développement et émergents, les énergies renouvelables offrent des perspectives très intéressantes. En visant en premier lieu ces énergies, il leur est possible d'éviter les inconvénients liés aux énergies fossiles et de s'engager immédiatement sur la voie du développement durable. Disposant d'importantes ressources naturelles, beaucoup de pays émergents peuvent tirer parti des énergies renouvelables.

Soucieuse de répondre aux besoins de ses pays partenaires dans le domaine des énergies renouvelables, la France met à disposition son savoir-faire pour la réalisation de projets à l'international, par le biais d'initiatives privées et avec le soutien des institutions publiques dédiées. Ces transferts de technologies contribuent à la protection de l'environnement et la lutte contre le changement climatique.

**Grâce à des politiques publiques favorables, la France compte désormais des centaines d'entreprises spécialisées dans le domaine des énergies renouvelables.**

**Un savoir-faire qui s'exporte de plus en plus dans le monde entier.**

## > L'Eolien s'affirme

Sur le plan mondial, l'énergie éolienne se développe aujourd'hui à un rythme de 30 % par an. Énergie abondante, bon marché, inépuisable, non polluante et sans impact sur le climat, l'énergie éolienne cumule de nombreux atouts. Les impacts de ces installations sur l'environnement (paysage, oiseaux, chauves-souris, etc) sont par ailleurs de mieux en mieux connus et maîtrisés.

L'énergie éolienne a également un impact économique et social positif. Elle représente aujourd'hui un marché très dynamique de plus de 50 milliards d'euros, employant plusieurs centaines de milliers de personnes dans le monde. En 2009, la capacité installée en énergie éolienne dans le monde atteignait ainsi plus de 159 GW, représentant environ 2 % de la consommation totale d'électricité dans le monde.

La France compte plus de 3 000 éoliennes avec une capacité installée de 4,7 GW. A elle seule, l'énergie éolienne permettra d'atteindre 25 % de l'objectif fixé par le Grenelle Environnement. En 2020, le parc français devra donc compter quelques 8 000 éoliennes pour une puissance totale de 25 GW. La dynamique est d'ores et déjà engagée : entre 400 et 500 éoliennes environ, soit 1 000 MW, sont mises en service tous les ans en France, soit l'équivalent de la puissance de 1,5 centrale thermique ou d'environ 1 réacteur nucléaire.

### Des technologies matures

Les éoliennes sont des équipements de production d'électricité extrêmement fiables. Le facteur de disponibilité des éoliennes (pourcentage du temps pendant laquelle une éolienne est en fonctionnement) atteint 98 %.

**L'éolien terrestre** représente la première forme d'exploitation de l'énergie éolienne, soit sous forme d'un parc éolien, soit sous forme isolée. Grâce aux progrès technologiques, la puissance des éoliennes a été multipliée par 10 entre 1997 et 2007. Aujourd'hui, une seule éolienne de 2 MW fournit de l'électricité pour 2 000 personnes, chauffage compris. Un parc éolien moyen de 12 MW permet d'éviter l'émission de 8 000 tonnes de CO<sub>2</sub>.

**L'éolien en mer ou offshore** présente beaucoup d'avantages grâce à la puissance et à la régularité des vents marins, à des impacts paysagers réduits, et à la possibilité de créer de grandes unités de production. Cette filière connaît actuellement une très forte croissance. Avec un objectif de croissance de 40 000 MW offshore, elle pourrait représenter 10 % de la production électrique de l'Union européenne à l'horizon 2020.

Le coût de l'électricité ainsi produite reste cependant élevé à ce jour (1,5 à 2 fois celui de l'électricité produite par l'éolien terrestre). La nécessité de diminuer les coûts fixes d'une installation éolienne offshore suppose notamment d'augmenter la puissance unitaire des machines, qui dépassera à moyen terme aisément 5 MW (à comparer avec une éolienne terrestre dont la puissance moyenne est d'environ 2 MW).

### Les entreprises Françaises investissent

Quelques 140 entreprises françaises contribuent actuellement à la filière éolienne, de la production de composants à l'ingénierie, l'installation et la maintenance des éoliennes. Près de 150 autres entreprises françaises ont par ailleurs manifesté un intérêt pour se diversifier dans le secteur.

Si la France compte peu de constructeur d'éoliennes, hormis Vergnet, Alizeo, Alstom-Wind et Areva-Multibrid, elle possède **un tissu d'industriels très riche disposant de l'ensemble des compétences et savoir-faire nécessaires à la fabrication des pièces entrant dans la composition d'une éolienne**, ainsi que les compétences pour répondre aux besoins de montage, d'installation et de maintenance d'éoliennes. L'entreprise française Rollix Defontaine est par exemple leader mondial des roulements à billes pour éoliennes. Nexans, leader mondial de l'industrie du câble est très actif dans le domaine des câbles sous-marins pour parcs éoliens.

### Le Groupe Vergnet, leader mondial de l'éolienne anti-cyclonique

Depuis plus de 20 ans, le groupe Vergnet conçoit, fabrique et commercialise des éoliennes pour les zones Proxwind® (génération électrique de proximité destinée aux zones rurales et proches des consommateurs) et pour les zones Farwind® (zones à infrastructures réduites ou aux conditions climatiques extrêmes). Les éoliennes bipales Vergnet, de 275 kW à 1 MW, s'installent sans grue lourde et sont rabattables au sol en cas d'alerte cyclonique ou pour des opérations de maintenance lourde. Plus de 650 éoliennes Vergnet sont actuellement en service dans le monde entier.

### Les entreprises françaises déploient des parcs éoliens à l'étranger

#### EDF EN : de nombreux parcs à l'étranger

Le groupe EDF Energies Nouvelles, filiale à 50 % d'EDF, a réalisé plusieurs parcs éoliens d'envergure notamment au Portugal avec Ventominho (240 MW-120 éoliennes), en Italie avec Monte Grighine (98,9 MW-43 éoliennes), ou aux États-Unis avec Shiloh II en Californie (150 MW-75 éoliennes).

Dans le solaire, EDF EN a également réalisé de nombreuses fermes photovoltaïques, comme Amprior au Canada (23,4 MWc-312 000 modules) et Casatejada en Espagne (11,4 MWc-152 400 modules).

#### La Compagnie du Vent, Groupe GDF SUEZ, au Maroc

Les parcs éoliens de La Compagnie du Vent sont construits, en France et à l'étranger, pour des tiers ou pour son propre compte.

Elle possède et exploite, en France, un ensemble de 16 parcs éoliens totalisant près de 192 MW. Au Maroc, la société s'est par exemple imposée grâce à l'installation de deux parcs représentant un total de 96 éoliennes et une puissance installée de plus de 60 MW.



## > L'énergie solaire : un potentiel considérable

### L'énergie solaire photovoltaïque en très forte croissance

L'énergie solaire photovoltaïque connaît actuellement une évolution fulgurante dans le monde. Depuis 1998, le parc solaire photovoltaïque mondial augmente à un rythme de 40 % par an. En 2009, la capacité mondiale de production d'énergie photovoltaïque atteignait 22 GW.

Suivant cette tendance, la France est devenue rapidement l'un des principaux marchés dans le domaine de l'énergie solaire. En 2009, la puissance installée atteint les 440 MW, soit une progression de 600 % par rapport à 2007. Le Grenelle Environnement a fixé un objectif de 5,4 GW de puissance installée, à atteindre en 2020.

Grâce à une longue expérience, au soutien des pouvoirs publics et à de forts investissements de recherche, **la filière française est devenue très performante, notamment dans le domaine de l'intégration au bâti**. Environ 150 acteurs industriels de toute taille, grands groupes et PME, sont désormais actifs dans cette filière. D'après le Syndicat des Energies Renouvelables, le nombre d'emplois de la filière française (environ 5 500 en 2009) pourrait atteindre 15 000 à l'horizon 2012.

Par ailleurs, l'ensemble des métiers qui constituent la chaîne de valeur du photovoltaïque cristallin continue de se mettre en place. La capacité industrielle de production de modules a ainsi fortement progressée et le positionnement sur la seconde génération de solutions photovoltaïques, constitue un des enjeux majeurs du développement de la filière en France.

#### Les différents systèmes

L'énergie photovoltaïque est exploitée de diverses manières, soit sur des sites isolés, soit raccordés au réseau électrique, dans de grandes centrales photovoltaïques ou chez des particuliers.



Le potentiel d'installation de panneaux photovoltaïques sur le bâti est considérable, notamment sur les toitures des logements collectifs, des bâtiments commerciaux ou publics, des hangars agricoles ou des usines. Habituellement, les capteurs sont posés sur la couverture existante. Mais il est désormais possible de les intégrer aux tuiles ou aux ardoises afin de gagner en esthétique. La France dispose d'un savoir-faire très important en matière d'intégration au bâti.

Dans une centrale au sol, les panneaux photovoltaïques sont fixés selon un angle optimal d'exposition au soleil ou sont montés sur un ou deux axes motorisés. Ainsi les capteurs solaires suivent la trajectoire du soleil (systèmes de suiveurs solaires ou trackers). Le rendement est alors augmenté de près de 30 %.

### De très nombreuses applications profitent de l'énergie solaire photovoltaïque

#### Centrale photovoltaïque à Orange les Vignes (Aérowatt)

Bouygues Immobilier, promoteur du Parc Commercial « Orange les Vignes », a choisi Aérowatt pour l'installation et l'exploitation de 12 000 panneaux photovoltaïques intégrés aux bâtiments (puissance totale de 2,2 MW). Il s'agit aujourd'hui, pour un établissement accueillant du public, de la plus grande réalisation en intégré au bâti, en Europe.

#### Centrale photovoltaïque au sol à Lunel (Sud de la France)

S'étendant sur 1,5 hectares, cette centrale au sol compte 6 500 modules photovoltaïques, soit une puissance électrique maximum de 505 kW. D'après les simulations effectuées, la production de la centrale sera de 605 900 kWh électriques par an, soit l'équivalent de la consommation de 250 foyers. La centrale évitera le rejet de 546 tonnes de CO<sub>2</sub> par an.

#### Tenacos : l'un des principaux acteurs français du solaire photovoltaïque

Filiale des groupes EDF et Total, Tenacos conçoit, commercialise, installe et exploite des systèmes complets dans tous les domaines d'application du solaire photovoltaïque, dans 50 pays : connexion au réseau, sites isolés, chauffe-eau solaire. L'entreprise est en particulier impliquée dans l'électrification rurale des pays émergents (50 000 clients recensés au Maroc), le pompage d'eau grâce à l'énergie solaire (plus de 4 000 pompes installées soit 80 000 m<sup>3</sup> d'eau pompée par jour).

#### Le soleil au service de l'eau : les « pompes solaires » de Photowatt®

Unique fabricant français disposant d'une production verticalement intégrée dans le domaine du solaire photovoltaïque, Photowatt® a réalisé de nombreux projets ayant pour but de fournir de l'eau à des installations collectives éloignées du réseau principal, notamment en Afrique. C'est le cas au Niger, au Tchad ou encore au Burkina Faso avec l'installation de nombreux systèmes : « pompes solaires », canalisations et bornes fontaine (circuit de distribution), châteaux d'eau (stockage)... Photowatt® a aussi participé au développement de systèmes de pompage en Australie, en fournissant les modules nécessaires à son alimentation.

#### Systèmes de suivi solaire : l'exemple d'Exosun

Spécialisé dans la construction de parcs photovoltaïques au sol équipés de suiveurs solaires, Exosun a mis au point Exotrack, concept innovant de suivi solaire breveté qui permet d'augmenter de 20 à 40 % la production électrique des modules par rapport à une installation fixe.



Les panneaux photovoltaïques peuvent être utilisés en combinaison avec d'autres sources d'énergie. Ces systèmes hybrides, généralement couplés à des batteries, augmentent de manière considérable l'autonomie du producteur en zone isolée.

L'installation photovoltaïque n'a pas nécessairement à être raccordée à un réseau électrique. Elle est donc d'un grand intérêt pour l'électrification rurale, notamment dans les pays en développement où le raccordement au réseau électrique s'avère soit impossible soit économiquement peu rentable.

#### Des technologies qui s'imposent

L'énergie photovoltaïque repose sur la transformation du rayonnement solaire en énergie électrique. Elle est majoritairement obtenue grâce à deux types de cellules : le silicium cristallin et les cellules à couche mince.

Les **cellules en silicium cristallin** sont constituées de fines plaques de silicium, élément chimique très abondant extrait du sable ou du quartz. Ces cellules possèdent un bon rendement (14 à 15 % pour le multicristallin ; 16 à 19 % pour le monocristallin). Elles représentent 80 à 90 % du marché mondial.

Les **cellules en couches minces** sont obtenues en déposant une ou plusieurs couches semi-conductrices et photosensibles sur un support de verre, de plastique, d'acier, etc. Si le coût de fabrication est plus faible, le rendement des cellules en couches minces est pour l'instant inférieur à celui des cellules en silicium cristallin (5 à 13 %).

Trois technologies principales de couches minces existent : le Tellure de Cadmium développé principalement par l'américain First Solar ; le CIGS (cuivre indium sélénium) en cours de perfectionnement et sur lequel certains acteurs français (Saint Gobain, Total) se positionnent ; le silicium amorphe, en cours de développement et sur lequel travaillent plusieurs start-up françaises.



#### Une filière française très dynamique

En France, pour la filière silicium, technologie dominante, deux entreprises se distinguent : Photowatt et Emix pour la fabrication de lingots et de plaques. Une dizaine de sociétés sont très actives sur la production de cellules et de modules, parmi lesquelles : Auversun, Fonroche Energie, France Watts, Free Energy, Photowatt, PV Alliance, Sillia Energie, Solaire Direct, Solarezo, Solems, S'Tile Sunland 21, Tenesol, Voltec Solar.

S'agissant de la production de composants, des onduleurs et systèmes de monitoring sont produits par Tenesol. Prysmian produit et commercialise des connecteurs dédiés aux installations photovoltaïques. Le groupe Schneider Electric poursuit son développement dans ce secteur avec la mise en place de sites de production dédiés à des systèmes de monitoring, des postes de raccordement en béton spécifiquement conçus pour le photovoltaïque, des onduleurs, des coffrets et boîtes d'interconnexion. Enfin, de nombreuses entreprises françaises sont positionnées sur le développement, l'installation et l'exploitation de projets.

#### L'intégration au bâti : une spécificité française



La France dispose d'un savoir-faire très développé en matière d'intégration du photovoltaïque aux bâtiments, et, en a fait une priorité nationale.

Les critères d'intégration au bâti y ont été renforcés afin que les solutions photovoltaïques deviennent une partie à part entière de la couverture et non un ajout inesthétique. On recense sur le marché français en 2009, plus de 80 produits intégrant les fonctions combinées de production d'électricité et d'étanchéité de toiture et façade.

Par exemple, les sociétés Photowatt, Barusch et Fisch, SORA produisent des tuiles photovoltaïques. Urbasolar est spécialisée dans les membranes d'étanchéité photovoltaïques. Photon Power produit des tôles solaires et un système d'intégration en verrière. Kawneer et APEX BP SOLAR ont développé une solution photovoltaïque répondant aux besoins de protection d'intempéries et d'ombre. Midisolaire a développé un système d'intégration au bâti pour les bâtiments agricoles et industriels permettant de générer des effets de ventilation sous les modules.

Clipsol fabrique des générateurs complets essentiellement intégrés en toiture (capacité de 50 000 m<sup>2</sup>/an) ; Clipsol a développé avec Hiolle Industries une macrostructure d'intégration dont la mise en place se fait par champs de panneaux photovoltaïques pré-assemblés de 20m<sup>2</sup>. Tenesol développe des produits spéciaux adaptés à l'intégration au bâtiment en partenariat avec des industriels innovants du secteur du bâtiment (Arcelor MITTAL (tôles acier), Eternit (matériaux de construction pour la toiture) ou SMAC (enveloppe du bâtiment)).

#### Solaire thermique dans l'industrie agroalimentaire (Sicabat/La Réunion)

Aujourd'hui, la société Sicabat possède la plus grande installation solaire thermique de la Réunion. Celle-ci lui a permis d'augmenter la production d'eau chaude nécessaire à ses processus industriels.

Réalisée par Giordano avec un soutien financier de la région et de l'ADEME, l'installation permet d'éviter le rejet de 109 tonnes de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et d'économiser plus de 40 000 litres de fioul par an (30 % de réduction). Le temps du retour sur investissement après subventions a été de cinq ans.

#### Programme de 85 maisons individuelles locatives à La Bâtie-Neuve dans les Hautes-Alpes

Destinés à des familles à petits budgets, ce programme a reçu le label très haute performance énergétique (THPE) et se caractérise par le confort de son habitat.

Les maisons bénéficient non seulement d'une isolation performante par l'extérieur pour un bien-être acoustique et thermique mais également de capteurs solaires thermiques installés sur le toit, afin de couvrir plus de 50 % des besoins en eau chaude sanitaire.





## Le solaire thermique : de nombreuses applications pour le chauffage

L'énergie solaire thermique est une énergie inépuisable et aisément exploitable, qui ne produit ni déchets, ni gaz à effet de serre. Entre 1999 et 2006, la croissance du parc mondial était de 20 % par an. La puissance solaire thermique installée dans le monde fin 2006 s'élevait en 2009 à environ 174 GW.

La France a acquis un savoir-faire reconnu dans le solaire thermique. Fin 2009, le parc français représentait 1 396 MWth soit près de 2 millions de m<sup>2</sup> de panneaux. Le solaire thermique connaît une forte croissance tant auprès des particuliers que dans le collectif. Le tertiaire et l'industrie représentent un fort potentiel de développement. Pour y contribuer, les autorités françaises ont notamment créé le « Fonds Chaleur ». Mis en œuvre par l'ADEME, cet instrument incitatif finance des projets de production de chaleur à partir d'énergies renouvelables dans l'habitat collectif, les collectivités et les entreprises.

Pour accélérer la généralisation de l'eau chaude solaire collective, Enerplan (association professionnelle de l'énergie solaire) a lancé l'initiative « So Col ». Cette plateforme collaborative regroupe tous les métiers concernés (industriels, bureaux d'étude, installateurs et exploitants). Elle se concentre sur les aspects techniques, financiers et juridiques de la filière ainsi que sur la formation et la communication. Grâce à cet accélérateur de projets, Enerplan prévoit de passer de 57 000 m<sup>2</sup> installés en 2008 à 70 000 m<sup>2</sup> en 2010, 600 000 m<sup>2</sup> en 2015 et 745 000 m<sup>2</sup> en 2020.



### Des technologies aux rendements en fort progrès

L'énergie solaire thermique est fondée sur l'utilisation de capteurs qui convertissent le rayonnement solaire en chaleur utilisable. Aujourd'hui, plusieurs types de capteurs sont employés :

1. les **capteurs plan vitrés** figurent parmi les capteurs les plus répandus. Le fluide caloporteur, très souvent de l'eau mélangée à un anti-gel alimentaire, passe dans un serpentin plaqué sous une feuille absorbante, le tout derrière une vitre, dans un caisson isolé de laine minérale ou de mousses composites polyuréthanes.
2. les **capteurs à tube sous vide** se présentent sous la forme de panneaux composés de tubes transparents en verre de 5 à 15 cm. Leur conception permet de supprimer les pertes de chaleur dues à l'air. De fait, ils possèdent un rendement supérieur aux capteurs plans vitrés.
3. les **capteurs non vitrés** sont composés de tubes noirs en plastique non isolés, souvent accolés les uns aux autres. Ayant un très bon rendement, ils servent à produire des températures proches de la température de l'air ambiant.
4. les **capteurs à air** permettent d'augmenter la température de l'air de 5 à 10 °C. Ils sont souvent utilisés directement pour le chauffage ou le séchage de produits agricoles.

### Pour les particuliers ou le chauffage collectif

Les **chauffe-eau solaires individuels** développés depuis des années sont fiables et peuvent fournir entre 50 et 80 % des besoins en eau chaude sanitaire d'une maison.

Plus de 36 000 chauffe-eau solaires ont été installés en France en 2009.

Par ailleurs, de nombreux maîtres d'ouvrages choisissent désormais l'énergie solaire pour produire l'eau chaude sanitaire des immeubles. Pour que l'installation soit efficace et rentable, il est nécessaire que les besoins en eau chaude soient réguliers et répartis sur toute l'année y compris pendant l'été, saison où le système est le plus productif. **L'énergie solaire pour la production d'eau chaude sanitaire est donc particulièrement adaptée aux hôtels, hôpitaux ou maisons de retraite.**

De nombreuses sociétés françaises comme Clipsol et Giordano Industries fabriquent des systèmes complets, y compris les capteurs. Viessman est le premier fabricant français de capteurs solaires. La société Heliopac propose un système associant un capteur solaire thermique basse température et une pompe à chaleur.

## Le solaire thermodynamique : un potentiel très important dans les pays ensoleillés

Dans une centrale solaire thermodynamique (également appelée solaire à concentration ou centrale CSP pour Concentrating Solar Power), le rayonnement solaire reçu par des miroirs est concentré afin de chauffer un fluide caloporteur. A travers un cycle thermodynamique (chaudières à gaz, à vapeur, à cycles combinés), cette chaleur est ensuite transformée en énergie électrique. Le cas échéant, la chaleur résiduelle du cycle de production d'électricité peut permettre (par cogénération) de dessaler l'eau de mer ou de produire du froid.

Les quatre principaux procédés employés actuellement sont les suivants : Centrales à collecteurs cylindro-paraboliques, centrales solaires à miroir de Fresnel, centrales à tour, centrales à capteurs paraboliques.

### CNIM : une centrale solaire à miroirs de Fresnel

CNIM assure la conception, la réalisation et la mise en service de centrales solaires à concentration. Spécialisée dans la mécanique, la génération de vapeur, les cycles thermodynamiques et les ensembles clés en main, le groupe français a développé dans le sud de la France (la Seyne-sur-Mer) en 2009-2010 un pilote de module solaire à concentration fondé sur la technologie dite des miroirs de Fresnel. Construit sur fonds propres à l'échelle 1, ce prototype de 50x20 mètres dispose de 720 m<sup>2</sup> de miroirs produisant directement de la vapeur à 100 bar.

Cette réalisation permet de compléter l'expérience déjà acquise dans les centrales à tour avec la réalisation de la chaudière solaire de la centrale Thémis au début des années 1980.

Le potentiel de cette technologie est très important dans les pays où l'ensoleillement direct est supérieur à 2 000 kWh/m<sup>2</sup>/an (à savoir, certaines parties du sud de l'Europe, du Maghreb, de l'Asie centrale et orientale, de l'Océanie, de l'Amérique du nord, de l'Amérique du sud et de l'Afrique australe). Selon l'Agence Internationale de l'Energie, le solaire CSP pourrait représenter 11,3 % de la production mondiale d'électricité en 2050.

Ces technologies pourront en particulier répondre aux objectifs du Plan Solaire Méditerranéen. Ce projet européen lancé à l'initiative de la France, vise la construction additionnelle de 20 GW de capacités de production d'électricité renouvelables à horizon 2020 dans les pays des rives sud de la méditerranée concernés.

De nombreux acteurs industriels français sont positionnés sur ce secteur : la CNIM et sa filiale Bertin Technologies, la société Solar Euromed, Comeca, leader européen des systèmes et services basse tension, des bureaux d'études tels que Sogreah, ainsi que plusieurs grands groupes français leaders mondiaux dans le domaine de l'énergie : Alstom, Areva, EDF, GDF - Suez, Schneider Electric, Total.

## > Les bioénergies : bois, biomasse et biocarburants

Les bioénergies résultent de l'exploitation de végétaux à des fins de chauffage, de production d'électricité (par cogénération ou méthanisation) ou de transports (biocarburants).

Les sources de la biomasse sont multiples : agriculture, exploitation des forêts, milieux marins et aquatiques (algues), résidus des industries et activités humaines (industries agro-alimentaires, papeteries...), coproduits générés par la transformation du bois, déchets organiques comme les boues de stations d'épuration ou des effluents d'élevages.

### La production de chaleur et d'électricité à partir de la biomasse

Utilisée en tant que combustible pour la production de la chaleur ou d'électricité, la biomasse a de nombreux atouts : un bilan neutre en terme d'émission de gaz à effet de serre, des sources facilement accessibles et variées... De plus, le développement de combustibles de meilleure qualité et les progrès techniques réalisés ont permis par exemple de réduire de près de 55 % les émissions dues à la combustion du bois pour les appareils de chauffage de nouvelle génération dans le résidentiel.

#### Un savoir-faire français de pointe

Première source d'énergie renouvelable en France avec 46 % de la production (chaleur, électricité et carburants), la biomasse représente par ailleurs 71 % de la production de chaleur renouvelable.

Le bois y est tout d'abord utilisé comme combustible pour alimenter des chaudières au bois (sous forme de granulés de bois ou de briquettes) à différents niveaux : habitat particulier, chauffage collectif d'immeubles, réseaux de chaleur, usage industriel, notamment dans l'industrie agroalimentaire...

A l'échelle industrielle, les noyaux de fruits, les déchets d'usines papeteries, la bagasse de la canne à sucre, les déchets de collectivités ou encore le biogaz issu de la fermentation de déchets sont également utilisés comme combustibles.

**La France dispose d'une grande expérience dans le domaine du chauffage collectif**, avec plus de 1 500 références (villes, quartiers, écoles, piscines

ou hôpitaux...). **La filière française du chauffage au bois domestique est également l'une des plus dynamiques d'Europe** : environ 500 000 appareils sont vendus par an en France et 74 % de ces appareils sont de fabrication française. Par ailleurs, les fabricants français sont très présents à l'export (20 % de leur chiffre d'affaire) en particulier dans l'ensemble de l'Union européenne.

L'ensemble de la filière de l'exploitation, de la transformation et de l'utilisation du bois comme source d'énergie représente plus de 60 000 emplois en France. Le dynamisme des fabricants français est principalement lié au savoir-faire dans le secteur des produits en fonte.

Ainsi à côté des fabricants d'appareils (Brisach, Cheminées Philippe, Godin, Invicta, Richard le Droff, Supra...), la fabrication d'appareils de chauffage au bois domestique permet à un certain nombre de fonderies françaises de travailler pour le marché national et pour l'export (La Fonte Ardennoise, Fonderie de Niederbronn - filiale de De Dietrich, Pebeco). D'autres industriels gravitent directement autour de l'activité de fabrication des appareils de chauffage au bois domestique : Poujolat, leader européen du conduit de fumée, Eurokera leader mondial de produits vitrocéramiques, filiale de Saint-Gobain.

Enfin, des sociétés telles que Véolia/Dalkia et Gdf-Suez/Cofely disposent d'un savoir-faire reconnu dans le domaine de l'exploitation d'installations de chaleur collective renouvelable utilisant notamment de la biomasse ou de la géothermie directe ou assistée.

Pour exploiter pleinement le potentiel français en matière de bioénergies, des outils incitatifs ont été créés par le Grenelle Environnement qui prévoit :

- une augmentation de 90 % de la quantité du biocombustible utilisé par la filière entre 2006 et 2020,
- une augmentation de 50 % du nombre de logements individuels chauffés au bois à l'horizon 2020 (9 millions de foyers équipés, contre 6 millions actuellement),
- une production de chaleur collective/industrielle et de bioélectricité multipliée par 5 à l'horizon 2020.

### Des projets exemplaires

#### Chauffage collectif à Besançon

Réalisé en partenariat avec l'ADEME et les collectivités locales, cette chaufferie bois allie à un réseau de chaleur urbain produit de la chaleur pour un équivalent de 12 500 logements. Le projet évitera le rejet de plus de 10 000 tonnes de gaz carbonique par an.

#### Chaufferie bois dans un centre hospitalier

Une chaudière bois d'une puissance de 2,5 MW approvisionne en chaleur les 2 500 lits du centre hospitalier de Pontorson (Basse Normandie). La chaudière permet d'éviter l'émission de 1000 tonnes de CO<sub>2</sub>/an.

#### Centrale thermique du Moule, Guadeloupe

La bagasse, résidu du traitement de la canne à sucre, constitue une matière première atypique pour produire de l'énergie. La centrale thermique de cogénération Du Moule, en Guadeloupe, permet de valoriser l'ensemble de la bagasse produite par l'île, soit environ 430 000 tonnes.

#### Cofely : développement d'un réseau de chaleur à Soissons

Leader européen des services en efficacité énergétique et environnementale, Cofely s'est vu confier la conception, la réalisation, le financement et l'exploitation d'une chaufferie bois de 5 MW et de son réseau de distribution de 6 km.

Cette biomasse permettra de chauffer l'équivalent de 2 000 logements et d'éviter l'émission d'environ 95 200 tonnes de CO<sub>2</sub> sur toute la durée du contrat.







## La production de biocarburants à partir de la biomasse

Produits à partir de la biomasse, les **biocarburants** se répartissent en deux filières :

1. le biodiesel (destiné aux moteurs Diesel) issu de l'huile de colza, de tournesol, de soja ou de palme,
2. le bioéthanol (moteurs à essence) issu de la fermentation de canne à sucre ou de betterave.

Grâce à une politique volontariste dans ces secteurs, la France est aujourd'hui leader européen pour les biocarburants de première génération.

Les biocarburants sont développés afin de proposer une solution alternative aux carburants d'origine fossile. Ils se divisent entre les esters et les huiles d'une part et l'éthanol et les éthers d'autre part.

Les esters et les huiles sont utilisés pour « additiver » et compléter le gazole routier ou le fioul de chauffage. Avec 21 unités industrielles d'estérification, la France dispose d'une expérience considérable dans cette filière.

L'éthanol et les éthers sont utilisés comme additif oxygéné dans la formulation des essences sans plomb. Ces biocarburants, issus de la betterave ou du blé, sont produits dans 20 unités industrielles de production de bioéthanol et 4 unités industrielles de transformation d'ETBE (Ethyle-Tertio-Butyle-Ether).

**De nombreuses entreprises françaises sont leaders dans ce secteur**, Diester Industrie et Saipol pour la production de biodiesels ou encore Tereos et Cristal Union pour l'éthanol. L'utilisation actuelle des biocarburants en France représente chaque année environ 2 900 000 tonnes équivalent pétrole (tep).

D'après une récente étude de l'ADEME, les critères de durabilité fixés au niveau européen pour les biocarburants sont en grande partie respectés en France. A partir de 2011, seuls les biocarburants respectant ces critères de durabilité pourront être comptabilisés et bénéficier des dispositifs de soutien.

**Le développement de biocarburants dits « de seconde génération » à partir de matières celluloseuses telles que la paille et le bois fait actuellement l'objet de nombreux projets de recherche en France.**

Cette nouvelle génération permettra d'utiliser d'autres ressources que les cultures alimentaires et de limiter la concurrence entre usages. Une troisième génération de biocarburants actuellement à l'étude permettra de créer des carburants à partir de micro-algues dont la croissance aura été accélérée par l'absorption de CO<sub>2</sub>.

## La France en première ligne

### Dalkia, leader français de la production d'énergie à partir de biomasse

Dalkia a inauguré en 2009 la plus grande chaufferie biomasse raccordée à un réseau de chaleur urbain à Cergy Pontoise, d'une puissance thermique de 25 MW. En Pologne, ses installations valorisent 700 000 tonnes de biomasse et se substituent au charbon (460 000 tonnes de CO<sub>2</sub> évitées par an). En France, Dalkia construit actuellement la plus importante centrale de cogénération biomasse (140 MW thermiques et 69 MW électriques) sur le site du papetier Smurfit, qui valorisera chaque année près de 500 000 tonnes de sous-produits du bois issus du site et de la biomasse forestière.

### Tereos – Deinove

Le groupe agro-industriel Tereos est spécialisé dans la production de bioéthanol à partir de betterave, de canne à sucre et de céréales. Les 18 unités installées en Europe et au Brésil produisent 1,8 million de m<sup>3</sup> d'alcool-éthanol par an. Le groupe est par ailleurs associé avec l'entreprise Deinove dans un partenariat de recherche visant à produire du bioéthanol de manière industrielle par fermentation à partir de céréales fourragères d'ici 2014. Ce partenariat s'inscrit dans le cadre du projet Deinol, qui a pour objectif d'ouvrir la voie à la production d'éthanol ligno-cellulosique (de 2<sup>ème</sup> génération) dans des installations industrielles existantes.

### Biocarburants (Maguin-Interis)

Akteur majeur de la production de bioéthanol et d'alcools, Maguin-Interis est spécialisé dans la transformation de matières végétales comme la betterave, la canne à sucre et les céréales, mais aussi le sorgho céréalier ou sucrier et le manioc qualifiés de « nouvelles matières premières ». Maguin Département Alcool propose à l'international la réalisation d'unités d'alcool sur le concept «Process Turn-Key».

L'entreprise participe également à plusieurs programmes de recherche sur les biocarburants de 2<sup>ème</sup> génération ; elle étudie en particulier l'industrialisation de nouveaux procédés de transformation de biomasse lignocellulosique.

## > L'énergie hydraulique est très développée en France

Fondée sur la force motrice de l'eau, l'énergie hydraulique est la troisième source de production d'électricité au monde derrière le charbon et le gaz.

Avec une production annuelle d'environ 3 000 TWh, l'énergie hydraulique fournit un cinquième des capacités électriques mondiales.

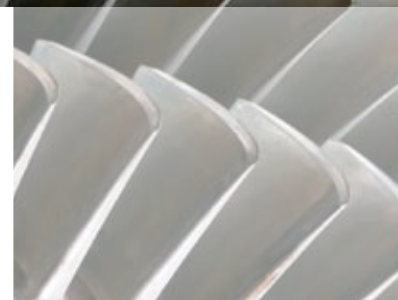
Les capacités mondiales en énergie hydraulique sont passées de 1 000 TWh en 1965 à 3 000 TWh aujourd'hui. Cette forte croissance est particulièrement marquée en Amérique du sud et en Asie, premier producteur d'hydroélectricité avec 27 % de la production mondiale. Le potentiel de développement demeure très important en Asie, Amérique latine, et Afrique.

**En France, l'énergie hydraulique arrive en deuxième position derrière le nucléaire (12 %) en termes de production d'électricité.** Actuellement, les capacités de production françaises totalisent 23 500 MW pour une production de 69 TWh/an.



Fort de l'expérience acquise dans ce domaine, la France prévoit d'ici 2020 d'augmenter encore ses capacités de production d'environ 2 500 MW (optimisation du parc existant, développement de la petite hydroélectricité...).

En France, l'hydroélectricité est exploitée depuis la fin du 19<sup>e</sup> siècle. EDF exploite 640 barrages dont 150 d'une hauteur supérieure à 20 m.





## Des technologies éprouvées pour exploiter l'énergie de l'eau douce

Les technologies permettant d'exploiter l'énergie hydraulique sont très matures. L'énergie cinétique de l'eau est transformée en énergie électrique par l'intermédiaire d'un rotor d'alternateur relié à une turbine.

Il existe différents types de centrales hydroélectriques conçues habituellement en fonction des caractéristiques géographiques des sites :

- 1. la centrale de lac :** la retenue d'eau créée par un barrage permet d'alimenter les turbines de la centrale ; elle produit très rapidement une grande quantité d'énergie. Ce type de centrale, qui permet d'une certaine manière de stocker l'énergie, peut être sollicité aux moments les plus adéquats pour répondre à la demande du réseau. La France dispose d'une centaine de centrales de lac ; la moitié du parc hydraulique est constituée de centrales possédant un réservoir.
- 2. Les centrales au fil de l'eau :** dépourvues de réservoir, elles fournissent une énergie non modulable et non stockable, consommée immédiatement sur le réseau. 55 % de la puissance est garantie toute l'année. Plus de 2 000 centrales au fil de l'eau sont opérationnelles en France dont près de 1 700 centrales de petite hydroélectricité.
- 3. La centrale d'écluse :** fonctionne avec une réserve d'eau qui correspond à une période d'accumulation assez courte. Les heures moins chargées de la journée sont l'occasion de reconstituer la réserve qui est ensuite utilisée dans les heures de pointe.

## Une très large expérience

### Mecamidi

Fondée en 1860, Mecamidi conçoit et fabrique des centrales hydroélectriques jusqu'à 30 MW. Spécialisée dans la fabrication de turbines, l'entreprise a installé plus de 500 sites dans 80 pays et poursuit dorénavant son développement international pour la fourniture de centrales « clé en main ». Mecamidi apporte également des solutions de financement à ses clients et prend des participations dans les centrales réalisées afin d'être un réel partenaire économique.

### Alstom Hydro

Premier fournisseur mondial de matériel et de services hydroélectriques, Alstom a fourni des turbines et des alternateurs dans le monde entier pour une production de plus de 450 GW, soit plus de 25 % de la capacité totale installée en matière d'hydroélectricité. Alstom propose des produits et des solutions clés en main répondant à toute la gamme des systèmes hydroélectriques.

### VLH de MJ2 Technologies à Millau : un projet pilote

La société MJ2 Technologies, a réalisé l'installation du premier système d'exploitation d'énergie hydroélectrique de très basses chutes d'eau sur le Tarn à Millau. La puissance installée de 410 kW équivaut à la consommation de 200 familles sur une année.

Le procédé « Very Low Head » (VLH) mis au point par MJ2 Technologies avec l'aide de l'Institut National Polytechnique de Grenoble évite la construction de grandes infrastructures.

De plus, la technologie VLH présente un niveau d'ichtyophilie (« fish friendly ») inégalé et un impact environnemental très réduit.



## > La Géothermie s'affirme comme solution énergétique

La géothermie permet de capter en profondeur la chaleur terrestre et de l'exploiter en surface sous forme d'électricité ou de chaleur.

Exploitée dans plus de 70 pays, l'énergie géothermale représente une puissance totale de 27 GW (hors pompes à chaleur).

En 2007, 350 installations géothermiques haute et moyenne énergie étaient installées dans le monde, avec une puissance d'environ 10 GW.

Situé au 3ème rang européen en termes de capacité installée, la France joue un rôle important dans le développement de cette énergie. Le Grenelle Environnement prévoit par ailleurs qu'en

2020, la géothermie contribuera au mix énergétique français à hauteur de plus de 1,3 million de tonnes équivalent pétrole.

### Des technologies bien au point

**La géothermie très basse énergie** (température inférieure à 30 °C) : fondée sur l'utilisation de pompes à chaleur, cette technologie est largement développée pour les maisons individuelles.

Deux sondes géothermiques d'une profondeur de 50 m couplées à une pompe à chaleur permettent par exemple de chauffer ou de refroidir une maison de 120 m².

**La géothermie basse énergie** (température entre 30 et 150 °C), est utilisée pour le chauffage de réseaux de chaleur (réseaux de chauffage urbains) ou dans des installations industrielles et agricoles (chauffage de serres par exemple).

**La géothermie haute énergie** (température supérieure à 150 °C) permet, en milieu volcanique, de transformer la chaleur de milieux volcaniques en électricité. La chaleur n'est pas le seul « produit » à récupérer, il est possible parfois de récupérer des sous-produits ou gaz dissous dans l'eau géothermale.







## Un savoir-faire français reconnu

La France dispose de tout le tissu industriel nécessaire pour produire les composants des boucles géothermiques (tubes de forages, échangeurs, vannes, turbines, alternateurs, systèmes de régulation, systèmes de traitement contre la corrosion, boucles binaires, etc.) pour la production d'électricité ou l'alimentation de réseaux de chaleur. A cela s'ajoutent de grandes compétences en matière de gestion des services énergétiques, d'études des ressources géothermiques et le savoir faire de sociétés aptes à réaliser les forages les plus complexes à grande profondeur. Des opérateurs pétroliers français (TOTAL) et ingénieries spécialisées comme TECHNIP disposent également de ces compétences.

**Le Bassin Parisien dispose du plus grand nombre de systèmes géothermiques au monde.** Il s'agit essentiellement de géothermie basse énergie (réseaux de chaleur) destinée au chauffage collectif. Ces réseaux de chaleur sont essentiellement exploités par les sociétés CFG Services, Dalkia ou Cofely. 166 000 équivalents logement sont chauffés par des réseaux de chaleur géothermique. Une opération type de la région parisienne permet de chauffer environ 4 000 à 5 000 équivalent-logements. Nombre de ces installations fonctionnent depuis une vingtaine d'années.



Dans le domaine des installations géothermiques à haute température pour la production d'électricité, ALSTOM a plusieurs références importantes à son actif en Indonésie, en Guadeloupe et au Mexique notamment. Site pionnier pour les Caraïbes, la centrale de Bouillante fournit 6 % de l'électricité consommée en Guadeloupe.

## CFG Services et le BRGM : une expertise transversale dans le domaine de la géothermie

CFG Services, filiale du groupe BRGM développe et maintient depuis 1980 des installations géothermiques basse énergie (réseaux de chaleur) dans le bassin parisien, exploitées principalement pour le chauffage collectif. A l'échelle internationale, CFG Services a notamment accompagné un projet géothermique de 105 MW à El Salvador et supervisé la construction d'une centrale géothermique de 20 MW en Indonésie. En 2009, la société a mené des études sur la possibilité de chauffer les grandes villes en Chine du Nord grâce à la géothermie afin de remplacer le charbon. CFG Services est également partie prenante avec le BRGM de la centrale géothermique de Bouillante, projet pilote unique dans les Caraïbes qui fournit environ 6% de l'électricité consommée en Guadeloupe.

**La France est également pionnière en matière de recherche sur l'extraction de la chaleur des roches chaudes fracturées** («Hot Fractured Rocks»). Mené avec l'Allemagne, le projet pilote de Soultz-sous-Forêts en Alsace est l'une des principales expérimentations de cette technologie au niveau mondial.

# > La France investit dans les énergies marines

## Des solutions innovantes

### Usine marémotrice de La Rance (Bretagne)

Fondée sur le principe de la transformation de l'énergie des marées en électricité, l'usine marémotrice de La Rance (Bretagne), lancée en 1966, constitue une première mondiale.

Avec une puissance installée de 240 MW, l'usine produit 550 GWh/an et répond aux besoins de 220 000 habitants. Près de 45 ans après sa mise en service, l'usine marémotrice de la Rance reste une référence industrielle et économique de premier plan.

### EDF : un projet pilote de parc hydrolien en Bretagne

Après un premier test de machine en 2011, les 4 hydrolennes de Paimpol-Bréhat (Côtes d'Armor - France), cumulant 2 MW de puissance, seront raccordées au réseau en 2012, via un convertisseur sous-marin dimensionné spécialement.

Une première machine-test sera installée sur site dès 2011. EDF mettra son expérience d'architecte industriel et d'exploitant de l'usine marémotrice de la Rance au service de ce premier parc hydrolien pré-industriel dans le monde, réalisé dans la concertation avec l'ensemble des acteurs locaux.

La mer est un milieu riche en flux énergétiques qui peuvent être exploités sous diverses formes : énergie des courants marins, énergie des marées, énergie des vagues, énergie éolienne en mer, énergie thermique des mers, biomasse marine, énergie osmotique.

Dans le monde, les marées ont une puissance estimée à 100 GW. Quant à l'énergie des vagues, les ressources exploitables au niveau mondial seraient de 140 à 750 TWh/an. Elles pourraient répondre à 10 % de la demande annuelle mondiale en électricité d'après le Conseil mondial de l'énergie.

### La France dispose de la 2<sup>ème</sup> surface maritime

**au niveau mondial.** Le potentiel énergétique exploitable est donc considérable : le long de la Manche ou sur la façade Atlantique.

La Grande-Bretagne possède le plus grand potentiel européen, estimé à plus de 10 GW. La France arrive en 2<sup>ème</sup> position en Europe avec un potentiel de 3 à 5 GW à installer.

## Des technologies très prometteuses

**L'énergie des courants** (hydrocinétique) correspond à l'exploitation de l'énergie cinétique des masses d'eau mises en mouvement par les courants provoqués par les variations de la gravitation, dues notamment au mouvement de la Terre par rapport au Soleil et à la Lune. Elle est exploitée par des hydrolennes qui transforment l'énergie mécanique en énergie électrique ou en énergie hydraulique ramenée à terre.

**L'énergie des marées** (marémotrice) est fondée sur l'exploitation de l'énergie potentielle de la marée liée à une différence de niveaux entre deux masses d'eau. Le principe de l'exploitation de l'énergie marémotrice repose sur le remplissage de deux bassins de hauteurs différentes. L'énergie extraite est l'énergie potentielle entre les masses d'eau de deux bassins. Typiquement, le bassin supérieur est rempli à marée haute ; le bassin inférieur est vidé à marée basse.

**L'énergie des vagues** (houlomotrice) est basée sur l'exploitation des vagues et de la houle générée par l'interaction des vents avec la surface marine. Les vagues ont le potentiel de fournir une source d'énergie durable qui peut être transformée au moyen de convertisseurs d'énergie en énergie électrique.

**L'énergie thermique des mers** (ETM) consiste à utiliser une différence de température d'au moins 20 °C entre l'eau en profondeur et l'eau chaude en surface pour produire de l'électricité ; elle permet de produire également de l'eau douce, du froid pour la climatisation et des produits dérivés pour l'aquaculture suivant le type de processus (cycle ouvert ou cycle fermé).





**Les énergies renouvelables occupent une place de plus en plus importante dans le dispositif français de soutien à la R&D et à l'innovation. Les projets de recherche se déploient dans les grands établissements publics comme le CNRS (Centre National de Recherche Scientifique) ou le Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives (CEA) ainsi que dans les établissements d'enseignement supérieur et les entreprises innovantes.**

## ➤ Innovation, Recherche et Développement

### Le Fonds démonstrateur de l'ADEME : un soutien aux projets en phase de pré-industrialisation

Créé en 2008, le Fonds démonstrateur de recherche, est doté d'une enveloppe de 325 millions d'euros pour la période 2009-2012. Il finance des projets de démonstration qui permettent l'expérimentation préindustrielle de technologies « de rupture ». Ces fonds permettent par ailleurs d'assumer une prise de risque technologique et financière pour des recherches très en amont d'une mise sur le marché.

Après la rédaction de « feuilles de route stratégiques » sur chacun des sujets prioritaires, des appels à manifestation d'intérêt (AMI) sont régulièrement lancés. En 2009, trois AMI portaient en particulier sur les énergies marines, les biocarburants de 2<sup>ème</sup> génération ou les réseaux et systèmes électriques intelligents intégrant les énergies renouvelables. Les feuilles de route 2009-2010 privilégient notamment le solaire thermodynamique ou les cellules et systèmes photovoltaïques.

Dans le cadre d'un grand emprunt national visant à relancer l'industrie française, près de 1,35 milliard d'euros seront investis dans les prochaines années par l'Etat et gérés par l'ADEME pour la mise en oeuvre de projets de démonstration sur les énergies renouvelables et décarbonées. Le développement de projets de démonstration à l'international permettra le cas échéant de tester certaines technologies dans un environnement plus propice à leur validation.

### Les pôles de compétitivité : clusters français pour la croissance et l'emploi

Pilier de la politique publique française en matière d'innovation et de R&D, ces pôles regroupent des entreprises, des laboratoires de recherche et des établissements de l'enseignement supérieur sur un même site et sur l'ensemble de la chaîne de valeur, unissant ainsi les capacités d'innovation publiques et privées autour de projets à fort potentiel. Cette « concentration de connaissances » permet de renforcer les efforts en R&D et d'améliorer la compétitivité et la croissance de l'industrie française.

Afin de stimuler l'émergence de projets, des appels d'offres sont lancés par les pouvoirs publics. Ceux-ci représentent 1,5 milliards d'euros de financements pour la période 2009 - 2011. En complément, les

collectivités territoriales françaises apportent leur soutien et les pôles bénéficient d'un régime fiscal spécifique. La France compte une dizaine de pôles travaillant sur les différentes filières des énergies renouvelables (Pôle Capenergie, Pôle Derbi, Pôle Mer Bretagne, Pôle Mer PACA...).

### Innovateurs et innovations

#### Bioénergies

#### Programme National de Recherche sur les Bioénergies (PNRB)

Financé par l'ANR (Agence Nationale de la Recherche) et mis en oeuvre par l'ADEME, ce programme de recherche porte sur la valorisation de la biomasse d'un point de vue énergétique. Il finance notamment des projets de développement de la conversion industrielle de la lignocellulose mais également de la production d'hydrogène et de lipides par des micro-organismes. Les impacts socio-économiques de ces éco-technologies sont également étudiés.

#### Le projet Safeoil - biocarburant algues (Pôle Mer Bretagne)

Mené en Bretagne, le projet Safeoil porte sur la production de biocarburants de 3<sup>ème</sup> génération. Safeoil vise à développer un pilote industriel de production de biodiesel à partir de micro-algues marines. Produites en bassins extérieurs dans d'anciennes carrières de Kaolin, ces algues contiennent de très fortes concentrations d'huile (jusqu'à 35 % de leur masse sèche) et ne nécessitent ni terrains agricoles ni matières premières alimentaires. Les recherches menées portent sur toute la chaîne de production et de valorisation. Au total, les 12 bassins aménagés (d'une surface de 50 ha) pourraient produire jusqu'à 14 200 l/ha de biodiesel par an.



#### Eolien

Si la technologie éolienne off-shore posée est actuellement limitée par la profondeur des fonds marins (environ 40 m), la technologie innovante des éoliennes flottantes permettra d'augmenter le potentiel d'exploitation de l'énergie éolienne à des profondeurs dépassant les 200 mètres.

#### Le projet VERTIWIND : L'éolienne flottante française à axe vertical

Dans le cadre d'un projet de R&D rassemblant partenaires industriels (notamment TECHNIP pour la conception et la fabrication du flotteur) et institutionnels, la société Nénuphar développe actuellement une éolienne flottante à axe vertical.

D'une hauteur de 90 m pour une puissance de 2 MW, dotée d'une structure à axe vertical pour accroître sa stabilité, l'éolienne disposera d'une flottaison ne nécessitant qu'un tirant d'eau d'une dizaine de mètres, une structure facilitant considérablement l'installation, l'entretien et le remorquage de l'éolienne.

#### Solaire photovoltaïque

La filière photovoltaïque est portée par de nombreux projets et Instituts de recherche comme l'IRDEP et l'INES. Cette filière concentre plus de la moitié du budget français pour la recherche sur les énergies renouvelables.

#### Le projet industriel Solar Nano Crystal

Coordonné par PV Alliance, filiale commune à EDF EN, Photowatt International et le CEA, le projet Solar Nano Crystal a pour objectif de développer puis de produire des cellules photovoltaïques à haut rendement. Sept acteurs industriels et scientifiques positionnés tout au long de la chaîne de valeur de l'industrie photovoltaïque participent à ce projet d'une durée de 5 ans.

Solar Nano Crystal débouchera sur la construction de plusieurs usines basées en France visant à produire 2 catégories de cellules solaires ; les premières fabriquées à base de silicium métallurgique purifié (à haut rendement), les secondes utilisant du polysilicium (à très haut rendement par l'apport de nano-technologies).



### Solaire thermodynamique

Après avoir figuré parmi les pionniers du solaire thermodynamique dans les années 80 avec le programme Thémis, la France a placé récemment le solaire CSP parmi ses priorités en matière de recherche et de démonstration sur les énergies renouvelables, notamment via le fonds démonstrateur de l'ADEME.

### MiCST : un projet de microcentrale solaire thermodynamique

Piloté par Schneider Electric en collaboration avec 11 partenaires français et le soutien de l'ADEME, le projet MiCST vise à développer une microcentrale solaire thermodynamique simple d'installation et de maintenance, adaptable à tout site non raccordé au réseau électrique. Le rayonnement solaire servira à chauffer une réserve d'énergie thermique alimentant une machine thermodynamique couplée à un alternateur de 10 kW.

### Instituts de recherche dans le domaine de l'énergie solaire

**IRDEP (Institut de Recherche et de Développement sur l'Energie Photovoltaïque)**  
L'IRDEP, fondé par EDF, le CNRS et l'ENSCP (Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Paris), a pour objectif de développer des systèmes à faible coût de production afin de contribuer à l'essor du photovoltaïque et d'augmenter sa part dans le mix énergétique. La recherche au sein de l'IRDEP porte sur deux grands domaines : les cellules solaires en couches minces à base du matériau CIS (Cuivre Indium Sélénium) préparé par électrochimie (projet CISEL) ; les cellules solaires à très haut rendement (projet PV-THR).

**INES (Institut National de l'Energie solaire)**  
Créé en 2006, l'INES est dédié à la recherche, l'innovation et la formation sur l'énergie solaire. L'Institut a notamment développé une plateforme Recherche Développement Innovation Industrielle qui vise à diminuer les coûts et augmenter les performances des systèmes photovoltaïques pour les bâtiments. L'INES développe également des outils de modélisation et établit des partenariats durables avec les industriels.

**CEA (Commissariat à l'Energie Atomique)**  
Cet établissement public mène des recherches sur différentes énergies renouvelables comme l'hydrogène, la pile à combustible, le solaire et la biomasse. Il travaille en étroite collaboration avec l'INES dans le cadre du solaire thermique et photovoltaïque. Le CEA est également associé à l'Institut Français du Pétrole (IFP) dans ses réflexions sur la lignocellulose en tant que source de biocarburants.



### Géothermie

#### BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières)

Le BRGM est l'établissement public français de référence dans le domaine des applications des sciences de la Terre pour gérer les ressources et les risques du sol et du sous-sol. Le département géothermie du BRGM participe au développement et à la promotion de cette source d'énergie, en France et à l'international.

Les recherches du BRGM en la matière s'orientent selon deux axes : développer la connaissance de la ressource géothermique et de son utilisation, sous toutes ses formes et intégrer la géothermie au bâtiment (pompes à chaleur, réseaux de chaleur).

#### Le Programme Européen de Géothermie Profonde, Soultz-sous-Forêts

Le concept des « Enhanced Geothermal Systems » (EGS) vise l'extraction en profondeur de la chaleur emmagasinée dans les roches chaudes fracturées par la circulation d'un fluide au travers d'un échangeur thermique naturel de grande capacité. Lancé en 1987, le programme franco-allemand Soultz-sous-Forêts, auxquels participent notamment l'ADEME et le BRGM, se focalise actuellement sur un réseau de trois puits profonds de plus de 5 000 m. Le système permet de récupérer par seconde 200 litres d'eau chauffée à 200 °C.

### Energies marines

#### L'IFREMER et la plateforme sur les énergies marines

L'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer pilote un projet de plateforme technologique sur les énergies marines renouvelables qui sera prochainement développée à Brest. Cette plateforme aura pour vocation de fédérer les compétences publiques et privées pour mener à bien des projets de R&D et sera notamment en charge de la conception, du financement et de la gestion des futurs sites d'essais en mer.

#### Le projet de démonstrateur d'énergie thermique des mers de DCNS : une première mondiale

Le groupe DCNS est engagé dans la réalisation d'une première centrale de démonstration de l'ETM (Energie Thermique des Mers) sur l'île de La Réunion. L'ETM consiste à utiliser la différence de température qui existe naturellement entre la surface et les profondeurs de l'océan pour faire fonctionner une machine thermique. D'une puissance de 10 MW, ce pilote, baptisé ESPADON, devrait être opérationnel vers 2014.

### Hydrolienne Sabella

Développée dans le cadre d'un partenariat alliant industriels et autorités publiques, l'hydrolienne commercialisée par Sabella se caractérise par une configuration de turbines juxtaposées sur le fond marin, sans emprise en surface. Contrairement aux autres technologies émergentes, ce concept allie simplicité, robustesse et fiabilité accrue. Sabella propose une solution clés en main, de l'étude de faisabilité jusqu'à la construction, l'installation, l'exploitation et la maintenance de ses hydroliennes.







**Suite au Grenelle Environnement et à l'adoption d'une directive européenne sur les énergies renouvelables, la France s'est fixée des objectifs ambitieux afin d'en augmenter la part dans son bouquet énergétique. Elle s'est dotée de mécanismes incitatifs tels que les crédits d'impôts ou l'obligation d'achat d'électricité issue des énergies renouvelables.**

**A travers des fonds spécifiques pour les pays en développement et émergents, la France finance des projets d'énergies renouvelables chez ses pays partenaires.**

## > Politiques Publiques

### Le Grenelle Environnement

Le Grenelle Environnement est un processus de concertation exemplaire. Son objectif : préparer de manière participative des décisions à long terme en matière d'environnement et de développement durable en France.

Initié en 2007, le Grenelle Environnement a été organisé en six groupes de travail répartis dans cinq collèges représentatifs (Etat, collectivités territoriales, employeurs, salariés et ONG environnementales). Après une phase intense de consultation des publics (19 réunions en région, 8 forums Internet avec 11 000 contributions, 2 débats au Parlement, saisine de 31 organes consultatifs), les cinq collèges se sont accordés sur 268 engagements précis.

Ces engagements ont ensuite été discutés au Parlement français. La loi Grenelle 1, qui fixe les objectifs et orientations principales a été votée à la quasi-unanimité en août 2009. La loi Grenelle 2, adoptée en mai 2010, définit quant à elle les mesures concrètes ainsi que leur mise en œuvre.

### Le Grenelle Environnement et les énergies renouvelables

Depuis 2007 et le Grenelle Environnement, la production d'énergies renouvelables est retenue comme l'un des deux piliers en matière énergétique, le second étant l'augmentation de l'efficacité énergétique des bâtiments.

Ainsi, la France s'est fixé un objectif de 23 % d'énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie en 2020. Cela implique d'augmenter de 20 millions de Tep la part des énergies renouvelables dans le bouquet énergétique, par rapport à 2006.

Afin d'atteindre cet objectif, la France a retenu une série de mesures :

- l'instauration d'un crédit d'impôt pour les moyens de production utilisant les énergies renouvelables,
- l'obligation d'achat de l'électricité produite avec des tarifs spécifiques pour chacune des filières (éolien, photovoltaïque, biomasse, etc.),

- la simplification des démarches administratives pour les projets domestiques,
- la mise en place de certification et de labels permettant de mieux identifier les acteurs et les technologies,
- le lancement d'appels d'offres via le fonds chaleur et le fonds démonstrateur afin de stimuler la R&D,
- la définition d'objectifs quantitatifs dans le cadre des Programmes Pluriannuels des Investissements (PPI),
- la création de zones de développement de l'éolien pour assurer un développement maîtrisé de l'énergie éolienne,
- la mise en place d'une réglementation en matière d'environnement et d'urbanisme pour les installations photovoltaïques au sol,
- la mise en place de schémas régionaux en matière de climat, d'air et d'énergie : les Plan Climat Energie Territorial (PCET).



### Le Plan solaire méditerranéen (PSM)

Le PSM constitue l'une des six initiatives majeures de l'Union pour la Méditerranée (UpM) lancée à Paris, le 13 juillet 2008. Il a pour objectif d'aider la région méditerranéenne et l'Union européenne à relever les grands défis de l'énergie et du climat.

Le PSM est bâti autour de deux objectifs majeurs :

- la construction additionnelle de 20 GW de capacités de production d'électricité renouvelables à horizon 2020 dans les pays méditerranéens concernés,
- la réalisation d'économies d'énergie significatives dans le pourtour méditerranéen d'ici 2020.

#### Objectifs de développement de la production électrique à partir des énergies renouvelables

Energies renouvelables		Objectifs au 31 décembre 2012 (MW)	Objectifs au 31 décembre 2020 (MW)
Energie radiative du soleil		1 100	5 400
Biomasse		520	2 300
Energies éolienne et marines	total	11 500	25 000
	à terre	10 500	19 000
	en mer	1 000	6 000
Production hydroélectrique		-	3 000





## La programmation pluriannuelle des investissements de production (PPI)

Au travers de la programmation pluriannuelle des investissements de production (PPI), la France planifie ses investissements en moyens de production d'électricité afin de garantir sa sécurité d'approvisionnement. Les aspects environnementaux et les énergies renouvelables occupent une place considérable dans la PPI, notamment pour le développement des énergies renouvelables.

## L'augmentation des capacités de production

Si les capacités de production d'électricité ne répondent pas aux objectifs de la PPI, l'Etat peut lancer des appels d'offre. Ils permettent aux installations retenues de bénéficier de tarifs préférentiels d'achat de l'électricité.

Dans le domaine des énergies renouvelables, plusieurs appels d'offres ont été lancés :

- deux appels d'offres pour des installations de production d'électricité d'origine éolienne (éoliennes terrestres et éoliennes en mer),
- trois appels d'offres pour des installations de production d'électricité à partir de biomasse,
- un appel d'offres pour la mise en service de centrales solaires.

Dans le cadre du fonds chaleur, l'ADEME a lancé un premier appel d'offres pour l'année 2009 réservé au secteur de l'industrie, de l'agriculture et du tertiaire privé sur l'ensemble du territoire national. L'ADEME prévoit de subventionner entre 50 et 100 installations produisant plus de 1 000 Tonnes équivalent Pétrole /an pour un budget de 50 millions d'euros environ.

## L'obligation d'achat d'électricité

Afin de créer les conditions propices au développement des énergies renouvelables, la France a mis en place une réglementation sur l'obligation d'achat d'électricité. Celle-ci prévoit que l'électricité produite par les installations d'énergies renouvelables est rachetée par EDF ou d'autres distributeurs à des tarifs fixés par l'Etat, et, à un niveau supérieur au niveau du prix de marché.

Chaque filière fait l'objet d'un arrêté tarifaire spécifique pris par les Ministres chargés de l'économie et de l'énergie, après avis du Conseil supérieur de l'énergie et de la Commission de régulation de l'énergie.

Les prix de rachat sont établis avec des durées de contrats de 15 à 20 ans et en fonction des spécificités de chaque énergie.

Par exemple, pour l'hydraulique, les prix fixés depuis le 1er mars 2007 sont de 6,07 c€/kWh + prime comprise entre 0,5 et 2,5 pour les petites installations + prime comprise entre 0 et 1,68 c€/kWh en hiver selon la régularité de la production ; pour l'éolien (terrestre), les prix fixés depuis le 17 novembre 2008 sont de 8,2 c€/kWh pendant 10 ans, puis entre 2,8 et 8,2 c€/kWh pendant 5 ans selon les sites.

## Le crédit d'impôt

En 2005, la France a instauré un crédit d'impôt destiné aux habitations des particuliers (jusqu'à 50 % des dépenses pour les équipements utilisant les énergies renouvelables ou renforçant l'efficacité énergétique). Il s'applique par exemple aux équipements de chauffage (chaudières à condensation), matériaux d'isolation, appareils de régulation de chauffage, équipements de raccordement à certains réseaux de chaleur alimentés par des énergies renouvelables ou des installations de cogénération.

Depuis l'instauration du crédit d'impôt et du tarif de rachat, le marché du photovoltaïque en France est par exemple en très forte croissance (augmentation du nombre d'installations en moyenne de plus de 100 % par an).

## Le Fonds Chaleur Renouvelable

Représentant environ un tiers de la consommation d'énergie finale en France, la chaleur est principalement produite par des énergies fossiles importées. La production de chaleur à partir d'énergies renouvelables a pourtant un fort potentiel en France.

Le « Fonds Chaleur » mis en place en France finance des projets dans ces secteurs. Doté d'une enveloppe d'un milliard d'euros pour la période 2009-2011, il prend la forme de subventions à l'investissement ou d'aide au kilowatt/heure renouvelable produit, voire par un mixte de ces deux types d'aides.

Les filières concernées sont la biomasse, le solaire thermique, la géothermie profonde, les pompes à chaleur géothermiques, les chaleurs fatales, comme celles qui sont issues des usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM), et le biogaz. La valorisation de la chaleur résiduelle issue de l'incinération des déchets urbains et assimilés, et la valorisation des biogaz issus de méthanisation constituent deux des priorités du Fonds Chaleur.



## Autres mesures pour favoriser le développement des énergies renouvelables

### • La loi de Programmation fixant les Orientations de la Politique Énergétique de la France (Loi POPE)

établit des objectifs quantitatifs ainsi que des programmes mobilisateurs pour les économies d'énergie et le développement des énergies renouvelables. Elle prévoit également un plan «énergie pour le développement» destiné à étendre l'accès aux services énergétiques des populations des pays en développement.

### • Les biocarburants bénéficient depuis 1992 d'une exonération partielle de la taxe intérieure de consommation (TIC)

qui compense le surcoût de production des biocarburants par rapport aux carburants d'origine fossile. Cette défiscalisation est accordée aux biocarburants produits par des unités agréées.

- Le développement de l'énergie hydraulique est facilité par différentes mesures inscrites dans les lois successives sur l'eau, la loi sur la pêche et les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE). De nombreuses installations hydroélectriques ont aussi obtenu la certification environnementale ISO 14 001 garantissant le respect de la réglementation et visant une amélioration continue des performances environnementales.





## Financements

### FIDEME (Fonds d'Investissement de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie)

Le FIDEME®, doté de 45 M€, est destiné à faciliter le financement de projets dans les secteurs de la maîtrise de l'énergie (y compris énergies renouvelables), de la valorisation des déchets, en France. Le FIDEME® intervient dans des projets d'investissements de plusieurs millions d'euros ; il apporte un financement intermédiaire entre les fonds propres des porteurs de projets et la dette bancaire classique.



### FASEP - Etudes et Innovation Verte (pour les pays émergents)

Le FASEP est un instrument de don pour le bénéficiaire local (gouvernement central, gouvernement provincial, municipalité, agence technique, etc...), d'un montant moyen d'environ 400 000 euros. Il permet le financement de prestations de services qui répondent à une demande du bénéficiaire local, et qui se situent en amont de projets de développement, susceptibles de faire appel au savoir-faire des entreprises françaises (ingénierie, équipementiers, exploitants), dont le financement est identifié (public ou privé, bilatéral ou multilatéral). Le budget alloué à la procédure FASEP s'élève à environ 20 M€ par an.

Sont notamment concernés les secteurs suivants : eau potable, assainissement, déchets solides, gestion des ressources en eau, protection de l'environnement (énergies renouvelables, mécanismes de projets), efficacité énergétique.

Sont notamment soutenus les types d'intervention suivants : études de préparation de projets de construction et/ou d'exploitation d'infrastructures ; études de faisabilité, avant-projets sommaires, avant-projets détaillés, etc ; assistance technique à la préparation ou à la réalisation de projets ; coopération institutionnelle à finalité économique.

**Le FASEP « innovation verte »** permet quant à lui de financer des projets pilotes de démonstration de technologie verte française et innovante dans les pays émergents.

### Mécanisme de Développement Propre (MDP)

Institué par le Protocole de Kyoto, le MDP permet à des entreprises issues de pays industrialisés de réaliser et/ou de cofinancer des projets de réduction des émissions de gaz à effet de serre dans des pays en développement. En contrepartie, l'investisseur obtient des « crédits carbone » correspondant aux émissions évitées grâce à la mise en œuvre du projet.

L'objectif est d'encourager les investissements dans les pays en développement et de favoriser le transfert de technologies respectueuses de l'environnement.

Jusqu'à présent, les deux tiers des projets enregistrés auprès des Nations Unies sont concentrés en Asie, le tiers restant se situant en Amérique latine. De même, près des deux tiers des projets relèvent de l'efficacité énergétique et de la substitution d'énergies renouvelables aux combustibles fossiles. Les entreprises françaises ont participé à un grand nombre de projets MDP sur les énergies renouvelables.

### FFEM (Fonds Français pour l'Environnement Mondial)

Le FFEM est un fonds public bilatéral créé en 1994 par le Gouvernement français à la suite du Sommet de Rio. Instrument de la politique française de coopération et de développement, limité à un montant maximum de 50 % du montant total du projet. Les cofinancements du FFEM ont pour objectif de soutenir les partenariats multi-acteurs et s'inscrivent dans les priorités stratégiques de l'aide française.

Il a pour vocation de lier la protection de l'environnement mondial et le développement local via des projets de développement durable sur les thématiques suivantes : la biodiversité, la lutte contre le changement climatique, la gestion des eaux internationales, la lutte contre la dégradation des terres, le traitement des polluants organiques persistants...

## Plan Climat-Air-Energie au Brésil

Pour le compte de l'Agence Régionale de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (FEPAM) de l'Etat du Rio Grande do Sul au Brésil, les sociétés françaises Voltalia et Enviroconsult réalisent une étude FASEP portant sur l'instauration d'un Plan Climat-Air-Energie.

Cette étude permet d'établir au niveau local un diagnostic et une cartographie des émissions de gaz à effet de serre et des émissions polluantes de la Région Métropolitaine de Porto Alegre. Elle contient également un plan de gestion de la qualité de l'air et un plan d'action de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>.

Au niveau régional, l'étude permet d'évaluer le potentiel de réductions de CO<sub>2</sub> réalisables à partir de la mise en place de projets à base d'énergies renouvelables (éolien, biomasse/biogaz, hydro), éligibles au Mécanisme de Développement Propre (MDP).

## Energies renouvelables en Chine

Le développement des énergies renouvelables est l'une des priorités du gouvernement chinois qui a prévu de porter la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique primaire à 10 % en 2010 et à 15 % en 2020.

Dans le cadre du MDP, l'Agence Française de Développement (AFD) a financé la construction d'un parc éolien dans la municipalité de Dali située dans la province du Yunnan. Le prêt d'un montant de 30 M€ a permis d'installer 41 éoliennes sur les hauteurs de la ville évitant ainsi l'émission d'environ 50 000 tonnes de CO<sub>2</sub> par an.

## Le projet « Maurice Ile Durable » (MID)

Lancé en 2007, le projet MID vise à réduire la dépendance de l'île Maurice à l'importation d'énergie fossile. Il permet en priorité de renforcer les capacités des autorités membres et du « MID Fund » et appuie le lancement d'opérations, en particulier dans le domaine des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique.

Avec une subvention d'1 million d'euros, la France apporte son soutien sous forme d'expertise et d'assistance. Le coût total du projet est estimé à 2,4 M€ auxquels s'ajoutent les investissements attendus des acteurs économiques, supérieurs à 80 M€.





**Dans le secteur des énergies renouvelables, plus de 700 cabinets de conseil et bureaux d'étude privés proposent en France leurs services en conseil, formation, audit et suivi de projet. Des organismes étatiques et semi-étatiques offrent également un service de très haute qualité en termes de conseil et de formation.**

## > Conseil et Formation

Près de 400 formations relatives aux métiers et techniques en France (du Certificat d'Aptitude Professionnel au Master Universitaire) sont déployées en France : des organisations professionnelles telle que Les Compagnons du Soleil, les grandes écoles (Ecoles des Mines, Supélec...), les Universités proposent des formations spécialisées. A noter que certaines écoles, comme Mines ParisTech, dispensent les cours en Anglais. Les écoles de commerce proposent des formations adaptées au développement des marchés. Les lycées professionnels préparent des techniciens et installateurs sur la base de Baccalauréats Professionnels. La formation continue des professionnels est également assurée par de nombreux organismes à la compétence reconnue sur le plan international comme l'ADEME, le CNAM, les Greta, le Cesi, etc. Des dispositifs des filières professionnelles (FEEBAT) renforcent la compétence des entreprises du Bâtiment.

### Etablissements publics

#### ADEME (L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise d'Energie)

propose des formations liées au domaine des énergies renouvelables qui s'adressent essentiellement aux acteurs privés et visent à améliorer leurs compétences mais également à instaurer des comportements durables :

- **Bois énergie dans le collectif et le tertiaire** : cette formation apprend notamment aux participants à dimensionner un système de chaufferie collective au bois et à analyser le projet d'un point de vue économique et environnemental. Elle apporte également des connaissances sur les concepts fondamentaux d'une chaufferie à bois collective ainsi que les différents moyens de gestion et de sécurisation des réserves de bois.
- **Grand Eolien** : formation totale ou partielle de professionnels sur la conduite d'un projet éolien. Elle commence par un « état des lieux » du marché de l'éolien et couvre tous les différents aspects institutionnels, techniques, réglementaires, administratifs et financiers. Les participants acquièrent des capacités d'analyse sur la faisabilité technique et économique du projet, la possibilité de raccordement, les coûts de maintenance, le choix de financement. Elle est réalisée par le Cabinet Métrol, spécialisé dans les formations dans le domaine des énergies renouvelables et éco-technologies.

Le **CNAM** (Conservatoire National des Arts et Métiers) de Nancy propose une formation de 360 heures pour former des Techniciens en Maîtrise des Energies, avec comme matières principales :

- Energies renouvelables
- Energies traditionnelles
- Pompe à chaleur
- Traitement de l'air
- Gestion, réglementation, hygiène et sécurité
- Technologies en froid et climatisation

#### BRGM

Actif dans plus de 40 pays, le BRGM propose ses services (expertise, assistance technique, formations) dans les domaines des sciences de la Terre aux industriels mais également aux gouvernements et aux différents acteurs de la société civile. En France, dans le domaine de la géothermie, le BRGM a développé deux modules de formation en collaboration avec l'ADEME :

- « Introduction et sensibilisation à la géothermie »,
- « Pompes à chaleur géothermiques en collectif et tertiaire : montage de projet ».

### Sociétés de conseil et bureaux d'études

#### ARTELIA

Société de conseil et d'ingénierie à l'échelle européenne, ARTELIA est spécialisée dans les domaines de l'eau, de l'environnement, de l'énergie et de l'aménagement urbain. Elle accompagne ses clients publics et privés dans la préparation, la conception et la réalisation de leurs stratégies, de leurs projets et de leurs investissements. Elle développe une politique d'innovation très dynamique et participe activement aux programmes de recherches nationaux et européens. Avec ses 8 filiales, ARTELIA est bien implantée à l'international (Algérie, Chine, Chypre, Égypte, Émirats Arabes, Madagascar, Maroc, Pologne). Elle dispose de références dans plus de 150 pays.

D'autres sociétés de dimension internationale assurent des formations spécialisées telles que Egis BCOM, Buregeap.

- **PHOTON : mise en œuvre technique et suivi des systèmes photovoltaïques.** Avec cette formation, les participants sont capables de comprendre la filière photovoltaïque en termes de réseau et d'extension de ligne, de réaliser une analyse de faisabilité du projet. Elle contient une méthodologie à appliquer lors de la conduite du projet (dimensionnement, mise en œuvre, fonctionnement, maintenance, suivi, promotion du système).
- **PHOTON RESEAU** : l'ADEME propose une formation axée sur les systèmes photovoltaïques raccordés au réseau de distribution d'électricité.
- **Solaire thermique : production d'eau chaude sanitaire collective.** L'ADEME déploie une formation sur l'utilisation de l'énergie solaire thermique pour la production d'eau chaude sanitaire collective. Les différentes étapes du montage d'un projet sont étudiées comme la faisabilité, le financement, le dimensionnement, la mise en œuvre et l'exploitation.
- **Pompes à chaleur géothermiques en collectif et tertiaire.** En partenariat avec le BRGM, l'ADEME propose une formation ciblant en priorité les professionnels de la filière géothermie. Elle vise à développer les compétences indispensables pour le montage d'un projet de pompes à chaleur géothermiques en collectif et tertiaire.





## > Institutions

### Institutions privées

Annuaire des professionnels français des énergies renouvelables - [www.energies-renouvelables.org](http://www.energies-renouvelables.org)  
Annuaire des éco-entreprises françaises - [www.eco-entreprises.fr](http://www.eco-entreprises.fr)

#### Syndicat des Energies Renouvelables (SER)

Regroupe plusieurs milliers d'entreprises, concepteurs, industriels, installateurs, associations professionnelles spécialisées, représentant les différentes filières des énergies renouvelables.  
[www.enr.fr](http://www.enr.fr)

#### Associations professionnelles sectorielles

- AFGth - Association Professionnelle de la géothermie
- AFPAC - Association Française pour les Pompes à Chaleur  
[www.afpac.org](http://www.afpac.org)
- SOLER - Groupement français des professionnels du solaire photovoltaïque
- ENERPLAN - association professionnelle de l'énergie solaire
- FEE - Association France Energie Eolienne  
[www.fee.asso.fr](http://www.fee.asso.fr)

#### Windustry France

Plate-forme collaborative développée et soutenue par le SER qui a pour objectif d'identifier et de sensibiliser les acteurs français susceptibles de prendre part au développement de la filière industrielle de l'éolien.

[www.windustry.fr](http://www.windustry.fr)  
[www.suivi-eolien.com](http://www.suivi-eolien.com)

#### Observ'ER

L'Observatoire des énergies renouvelables : surveillance, informe et propose des solutions dans le domaine des énergies renouvelables, quantifie et qualifie les progrès des sciences, des techniques et de l'industrie dans chacune des disciplines. L'Observatoire publie un baromètre des énergies renouvelables.

[www.energies-renouvelables.org](http://www.energies-renouvelables.org)

#### CLER (Comité de Liaison Energies Renouvelables)

Association composée de 180 professionnels français, développe des actions régionales, nationales et internationales dans le domaine des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie, en s'appuyant sur les membres de son réseau.

[www.cler.org](http://www.cler.org)

#### GERES

Association à but non lucratif créée en 1976, mène des projets de développement durable innovants, en France, en Europe et dans les pays d'Afrique et d'Asie).

[www.geres.eu](http://www.geres.eu)

#### Fondation Energies pour le Monde

ONG reconnue d'utilité publique, la fondation la Fondation met en œuvre des projets d'électricité rurale décentralisée en Afrique, Madagascar, Asie du sud-est, Inde, Chine, Caraïbes, zone Pacifique.

[www.energies-renouvelables.org](http://www.energies-renouvelables.org)

#### PEXE

Association pour la promotion et le développement international des éco-entreprises de France, a pour objectif de renforcer la compétitivité individuelle et collective des éco-entreprises, de créer une filière d'excellence dans le domaine des éco-activités. L'association fédère les réseaux d'éco-entreprises français, représentant plus de 2 000 éco-entreprises.

[www.pexe.fr](http://www.pexe.fr)



### Pôles de compétitivité

Clusters reconnus individuellement par l'État français, les « pôles de compétitivité » regroupent sur un même territoire des entreprises, établissements d'enseignement supérieur et organismes de recherche publics ou privés qui ont vocation à travailler en synergie pour mettre en œuvre des projets de développement économique pour l'innovation. Les principaux pôles de compétitivité dans le domaine des énergies renouvelables sont les suivants :

#### CAPENERGIES ([www.capenergies.fr](http://www.capenergies.fr))

Maîtrise de la demande en énergie et énergies renouvelables

Régions Provence-Alpes-Côte d'Azur, Corse, Guadeloupe, Réunion et Principauté de Monaco

#### DERBI ([www.pole-derbi.com](http://www.pole-derbi.com))

Energies renouvelables dans le bâtiment et l'industrie

Région Languedoc-Roussillon

#### TENERRDIS ([www.tenerrdis.fr](http://www.tenerrdis.fr))

Technologies énergies nouvelles, énergies renouvelables

Région Rhône-Alpes

#### Pôle Mer Bretagne (<http://www.pole-mer-bretagne.com>)

#### Pôle Mer PACA (<http://www.polemerpaca.com>)

Projets collaboratifs innovants, dans la filière maritime, y compris concernant l'exploitation des ressources énergétiques marines

Basé en Bretagne et Région Provence Alpes Côte d'Azur

#### IAR, Industrie et Agroressources ([www.iar-pole.com](http://www.iar-pole.com))

Valorisations non alimentaires du végétal

Régions Champagne-Ardenne et Picardie

## Institutions publiques

### Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM)

Définit et met en œuvre la politique publique française relative au développement durable. La Direction Générale de l'Énergie et du Climat (DGECL) y est notamment chargée de la définition des politiques d'orientation de l'offre d'énergie, y compris les énergies renouvelables. La Direction des Affaires Européennes et Internationale (DAEI) a vocation à promouvoir l'expérience française à l'international.

[www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr)

### Ministère de l'Économie, de l'Industrie et de l'Emploi

Chargé de la politique économique française et de la politique de l'emploi, ce ministère est notamment responsable de la politique industrielle, du soutien aux nouvelles technologies et aux entreprises.

[www.economie.gouv.fr](http://www.economie.gouv.fr)

### ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie)

Principal établissement public français pour la mise en œuvre des politiques publiques de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie. L'agence suscite, anime, coordonne, facilite ou réalise des opérations dans les domaines suivants : gestion des déchets, préservation des sols, efficacité énergétique et énergies renouvelables, qualité de l'air et lutte contre le bruit. L'agence met à disposition des entreprises, collectivités locales, pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil.

[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

### Club ADEME International

Réseau composé d'une centaine d'éco-entreprises Françaises actives sur le marché mondial du développement durable, accompagne ses adhérents dans le développement de projets et partenariats innovants à l'international.

[www.clubinternational.ademe.fr](http://www.clubinternational.ademe.fr)

### UbiFrance et les Missions Économiques

UBIFRANCE, l'Agence française pour le développement international des entreprises, est dotée de son propre réseau uniquement dédié à l'accompagnement des PME sur les marchés étrangers.

Les 22 directions régionales, partenaires des Chambres de Commerce et d'Industrie, contribuent à mobiliser les entreprises à potentiel export. Les 63 Missions économiques présentes dans 44 pays accompagnent les entreprises sur place.

[www.ubifrance.fr](http://www.ubifrance.fr)

### AFD (Agence Française de Développement)

Opérateur pivot de l'aide publique au développement, l'AFD est un établissement public chargé du financement de projets de développement économique et social dans de nombreux pays en développement.

[www.afd.fr](http://www.afd.fr)

### BRGM

Établissement public de référence dans le domaine des Sciences de la Terre pour la gestion des ressources et des risques (sol et sous-sol), en particulier dans le domaine de la géothermie.

[www.brgm.fr](http://www.brgm.fr) et [www.geothermie-perspectives.fr](http://www.geothermie-perspectives.fr)

### CEA2

Organisme public français de recherche scientifique dans les domaines de l'énergie, de la défense, des technologies de l'information, des sciences de la vie et de la santé, soutient l'essor des nouvelles technologies pour l'énergie : solaire photovoltaïque, batteries électriques, hydrogène, biomasse...

[www.cea.fr](http://www.cea.fr)



Station de mesure de la ressource solaire, Bertin Technologies



**ADEME**



Agence de l'Environnement  
 et de la Maîtrise de l'Energie

**UBIFRANCE**  
 ET LES  
 MISSIONS ÉCONOMIQUES

[www.ubifrance.fr](http://www.ubifrance.fr)

