



# PANORAMA DE L'ÉLECTRICITÉ *RENOUVELABLE 2014*



Le réseau  
de l'intelligence  
électrique



# Préambule

Le développement des installations de production d'électricité renouvelable et leur bonne insertion dans le système électrique représentent des enjeux importants en matière d'adaptation des infrastructures de réseau et de gestion du système électrique en France et en Europe.

La transparence, la concertation et l'innovation sont des leviers essentiels pour atteindre l'objectif que s'est fixé notre pays en termes de déploiement des installations de production d'électricité renouvelable. C'est dans cet esprit que RTE, le SER, ERDF et l'ADEEF ont engagé ensemble depuis 2013 une collaboration pour la publication d'un « Panorama de l'électricité renouvelable ».

## **Cette nouvelle édition couvre l'ensemble des filières de la production électrique renouvelable**

Après les premières éditions du Panorama consacrées aux filières éolienne, photovoltaïque et hydraulique, cette nouvelle parution intègre pour la première fois la production d'électricité à partir des bioénergies. L'ensemble des sources de production d'électricité renouvelable en France métropolitaine est désormais couvert.

Ce Panorama présente un état des lieux détaillé du développement de l'électricité renouvelable, à la maille nationale et à la maille régionale. Ces informations sont mises en regard des ambitions retenues par la France pour 2020 et du développement des énergies renouvelables en Europe.

## **La reprise du raccordement des installations éoliennes et photovoltaïques en 2014**

Après deux années de baisse de la croissance du parc photovoltaïque, on dénombre près de 927 MW raccordés en 2014 contre 639 MW en 2013. On note également une relance de la croissance du parc éolien avec près de 963 MW raccordés durant l'année 2014. Au 31 décembre 2014, les puissances des parcs éolien et photovoltaïque s'élèvent respectivement à 9 120 MW et 5 292 MW.

Pour la filière éolienne, cette reprise est notamment liée aux mesures de simplification des procédures administratives encadrant son développement. En ce qui concerne la filière solaire photovoltaïque, ces chiffres correspondent, en particulier, à la mise en service d'installations de grande puissance. Pour les deux filières, des mesures de relance sont prévues dans le cadre du projet de loi relatif à la transition énergétique pour la croissance verte en examen au Parlement.

La filière hydraulique demeure relativement stable, avec un parc raccordé de 25 391 MW. Le parc de production d'électricité à partir des bioénergies s'élève aujourd'hui à 1 579 MW.

La contribution de l'électricité renouvelable dans le mix énergétique poursuit sa croissance, et s'élève en 2014 à 19,5 % de la consommation électrique en France.

## **Les réseaux électriques anticipent les évolutions à venir**

Pour répondre aux objectifs de la transition énergétique, les réseaux de transport et de distribution doivent continuer à évoluer et proposer les solutions permettant à la fois le respect de la sécurité, la sûreté du système électrique et l'intégration des installations de production de source renouvelable, caractérisées par leur nombre important et leur répartition sur l'ensemble du territoire.

La mise en place de schémas régionaux de raccordement au réseau des énergies renouvelables assure une visibilité à long terme des capacités d'accueil spécifiquement réservées aux énergies renouvelables. Réalisés par RTE en accord avec ERDF et l'ensemble des gestionnaires de réseaux de distribution, ces schémas permettent une optimisation des développements des réseaux et une mutualisation des coûts.

La solidarité entre les régions doit également continuer à être renforcée pour garantir la sécurité et la sûreté du système. Or, l'incertitude juridique et la complexité administrative continuent de peser sur le développement du réseau de transport. De la décision à la construction d'une ligne à haute tension, il peut s'écouler plus de dix ans dont l'essentiel est consacré aux procédures préalables, les travaux en eux-mêmes durant moins de deux ans. Le projet de loi relatif à la transition énergétique pour la croissance verte est l'occasion de réaliser des avancées significatives dans ce domaine.

A l'heure où la France s'apprête à adopter la loi relative à la transition énergétique qui prévoit, d'ici 2030, de porter la part des énergies renouvelables à 32 % de la consommation finale brute d'énergie, le Panorama de l'électricité renouvelable se veut un outil d'accompagnement au service de toutes les parties prenantes.

# Note méthodologique

## **Périmètre et sources des données**

Le Panorama de l'électricité renouvelable fournit un ensemble d'indicateurs et de graphiques relatifs à l'électricité de source renouvelable produite en France métropolitaine, ainsi que dans les pays européens dont les gestionnaires de réseau sont membres de l'ENTSO-E<sup>(\*)</sup>.

### *Les données nationales et régionales*

Les informations relatives à la France continentale sont issues des systèmes d'informations de RTE, d'ERDF et de l'ADEeF. Celles relatives à la Corse sont construites à partir de données d'EDF-SEI.

Les données publiées portant sur un grand nombre d'installations de production nécessitent une période de consolidation au cours de laquelle elles sont susceptibles d'être corrigées. Les informations publiées dans cette édition du Panorama sont construites à partir de données arrêtées au 25 janvier 2015.

### *Les données européennes*

Les indicateurs et graphiques portant sur les pays européens sont construits sur la base de données disponibles sur le site de l'ENTSO-E.

A la date du 9 janvier 2015, les données du site de l'ENTSO-E couvrent partiellement l'année 2014, et les informations publiées sont susceptibles d'être corrigées. Ainsi, les dernières données relatives au parc installé disponibles sur le site de l'ENTSO-E et publiées dans le Panorama sont celles de fin 2013. Les indicateurs et graphiques relatifs à la production et aux taux de couverture portent sur la période allant du 1<sup>er</sup> juillet 2013 au 30 juin 2014.

## **Informations commercialement sensibles**

La publication de données statistiques de l'électricité est soumise à un encadrement juridique national et européen. Ces règles définissent les informations commercialement sensibles, soumises au secret statistique. Afin de respecter ces règles, les gestionnaires de réseau ne publient que des données agrégées. Pour être rendue publique, une donnée agrégée doit concerner a minima trois acteurs, et aucun des acteurs ne doit représenter plus de 85 % de la donnée.

## **Part renouvelable de la production d'électricité**

Au titre de la réglementation en vigueur<sup>(\*\*)</sup>, seule une part de la production hydraulique produite par des installations turbinant de l'eau remontée par pompage est considérée comme renouvelable. Elle correspond à la production totale de ce type d'installations diminuée du produit de la consommation du pompage par un rendement normatif de 70 %.

De même, seule une part de la production d'électricité d'une usine d'incinération d'ordures ménagères est considérée comme renouvelable. Elle correspond à 50 % de la production totale d'électricité de l'usine.

A l'exception des paragraphes relatifs aux données européennes, le Panorama présente exclusivement la part considérée renouvelable de la production d'électricité.

(\*) ENTSO-E est l'association européenne des gestionnaires de réseau de transport d'électricité. Cette association regroupe 41 gestionnaires de réseau de 34 pays.

(\*\*) Arrêté du 8 novembre 2007 pris en application de l'article 2 du décret n°2006 relatif aux garanties d'origine de l'électricité produite à partir de source renouvelable.



# L'ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE EN FRANCE EN 2014



## **1. Chiffres clefs et actualités de l'électricité renouvelable**

1.1. Chiffres clefs.....	3
1.2. Actualités.....	3

## **2. Le parc des installations de production d'électricité renouvelable**

2.1. Parc renouvelable raccordé au 31 décembre 2014.....	4
2.2. Répartition régionale du parc des installations de production d'électricité renouvelable.....	5

## **3. File d'attente et parc raccordé par rapport aux objectifs nationaux et régionaux.....6**

## **4. La production d'électricité renouvelable dans l'équilibre offre - demande.....8**

# 1. Chiffres clefs et actualités de l'électricité renouvelable

## 1.1. Chiffres clefs

### Installations de production d'électricité renouvelable raccordées au 31 décembre 2014

- Le parc des installations de production d'électricité renouvelable raccordées en France métropolitaine représente une puissance de **41 382 MW** dont **24 979 MW** sur le réseau de RTE, **15 201 MW** sur le réseau d'ERDF, **869 MW** sur les réseaux des ELD et **333 MW** sur le réseau d'EDF-SEI en Corse ;
- Le parc des installations de production d'électricité renouvelable raccordées depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2014 progresse de 1 938 MW soit 555 MW de plus que le volume raccordé en 2013.

### File d'attente de raccordement au 31 décembre 2014

- La file d'attente de raccordement des installations de production d'électricité renouvelable en France continentale

est de **13 026 MW** au 31 décembre 2014. Elle se compose de **5 996 MW** sur le réseau de RTE, **6 481 MW** sur le réseau d'ERDF et **549 MW** sur les réseaux des ELD.

### Production d'électricité renouvelable en 2014

- La production d'électricité renouvelable en 2014 s'élève à **91 TWh**, dont 63 TWh<sup>(\*)</sup> de production hydraulique, 17 TWh de production éolienne, 6 TWh de production photovoltaïque et 5 TWh<sup>(\*)</sup> produits par la bioénergie ;
- Le taux moyen de couverture de la consommation par la production d'électricité renouvelable en 2014 est de **19,5 %**.

## 1.2. Actualités

Le Gouvernement a annoncé le 16 janvier 2015 les évolutions du système de soutien aux énergies renouvelables. Ces évolutions, inscrites dans le projet de loi sur la transition énergétique, font suite aux décisions prises au niveau de la Commission européenne. Les mécanismes de soutien aux énergies renouvelables électriques des états membres vont évoluer dès 2016 et auront un impact sur les projets en cours. D'après ces lignes directrices, les deux évolutions majeures seront les suivantes :

- Dès le 1<sup>er</sup> janvier 2016<sup>(\*\*)</sup>, pour les installations supérieures à 0,5 MW, le mécanisme de soutien à appliquer prendra la forme d'un complément de rémunération qui s'ajoutera à la vente directe sur le marché (feed in premium). Il remplacera, pour les futures installations, le mécanisme actuel d'obligation d'achat ;
- Dès le 1<sup>er</sup> janvier 2017, les installations supérieures à 1 MW devront passer par des systèmes d'appel d'offres.

Ces dispositions constituent une évolution majeure du cadre économique des installations de production d'électricité renouvelable. On peut noter à ce titre que le projet de loi devrait privilégier la progressivité du dispositif, permettant ainsi de préserver tout projet ayant fait l'objet d'une demande de contrat d'achat avant le 1<sup>er</sup> janvier 2016.

Avec un objectif de porter la part des énergies renouvelables à 32 % de la consommation finale brute d'énergie en 2030, le projet de loi relatif à la transition énergétique pour la croissance verte, adopté en première lecture par l'Assemblée nationale le 14 octobre 2014, offre aux énergies renouvelables une perspective nouvelle. Cet objectif global sera la base de la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE) qui fixera des objectifs quinquennaux, « filière par filière » (électrique, thermique et carburant). Il se situe dans la continuité des objectifs 2020 précédemment adoptés et s'inscrit dans la réflexion relative au paquet climat énergie de l'Union Européenne. Une PPE spécifique aux DOM et à la Corse est par ailleurs prévue par le projet de loi.

Ce dernier prévoit en outre de confier au gestionnaire du réseau de transport de l'électricité l'établissement d'un registre des installations de production d'électricité et de stockage.

En matière de simplification administrative, une évolution notable est l'élargissement du périmètre de l'expérimentation de l'autorisation unique à l'ensemble du territoire pour les filières de l'éolien terrestre, de la méthanisation et de l'hydroélectricité.

(\*) Seule la part considérée comme renouvelable de l'électricité hydraulique et de l'électricité produite par les bioénergies est prise en compte (cf. note méthodologique de la page 1).  
(\*\*) Pour l'éolien terrestre, le ministre Ségolène Royal a indiqué le 16 janvier 2015 que le tarif éolien pourra être maintenu pendant 10 ans à compter de sa notification (mars 2014).



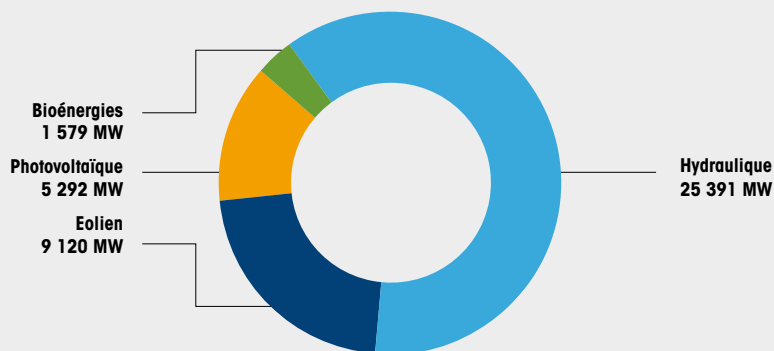
## 2. Le parc des installations de production d'électricité renouvelable

### 2.1. Parc renouvelable raccordé au 31 décembre 2014

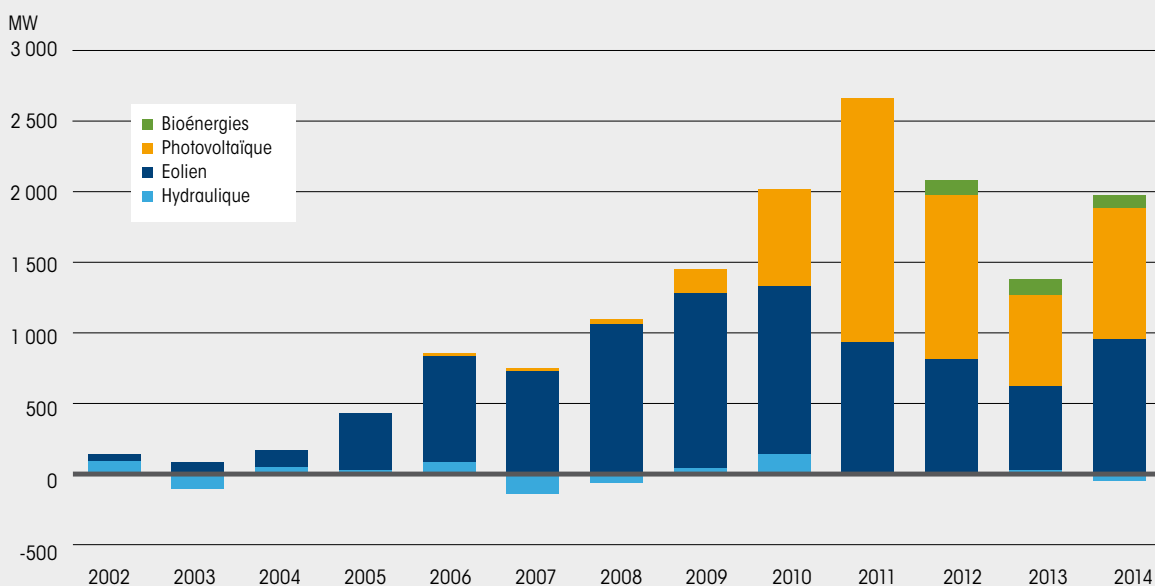
La puissance du parc de production d'électricité renouvelable en France métropolitaine s'élève à 41 382 MW, composé à plus de 60 % d'hydraulique. Les filières éolienne et photovoltaïque concentrent, quant à elles, un tiers de ces capacités.

La composition du parc de production d'électricité renouvelable continue d'évoluer en faveur des filières éolienne et photovoltaïque avec l'arrivée de 1 889 MW de capacité installée en 2014 contre 1 260 MW durant l'année 2013.

Parc renouvelable raccordé au 31 décembre 2014



Evolution de la puissance totale raccordée annuellement depuis 2002



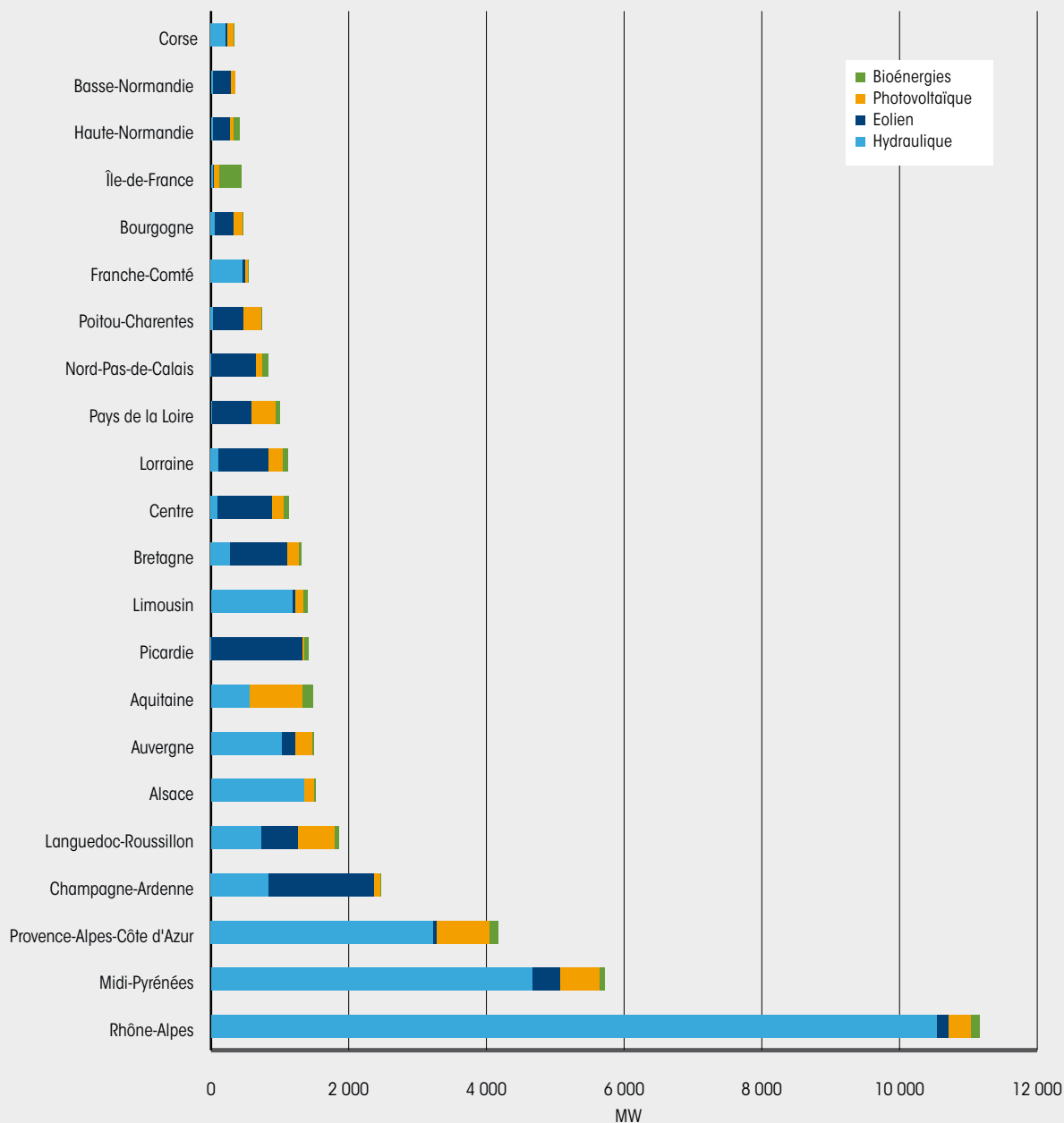
Les données relatives à la filière bioénergies ne sont pas disponibles avant 2012.

## 2.2. Répartition régionale du parc des installations de production d'électricité renouvelable

La Région Rhône-Alpes accueille le parc renouvelable le plus important, essentiellement grâce à l'hydroélectricité, et représente près de 28 % du parc renouvelable installé en France métropolitaine. Suivent les régions Midi-Pyrénées et Provence-Alpes-Côte d'Azur

dans lesquelles l'hydroélectricité et le solaire photovoltaïque sont très développés. La Champagne-Ardenne occupe la quatrième position, notamment grâce à son parc éolien, le plus important de France.

Répartition régionale des puissances raccordées par filière au 31 décembre 2014



### 3. File d'attente et parc raccordé par rapport aux objectifs nationaux et régionaux

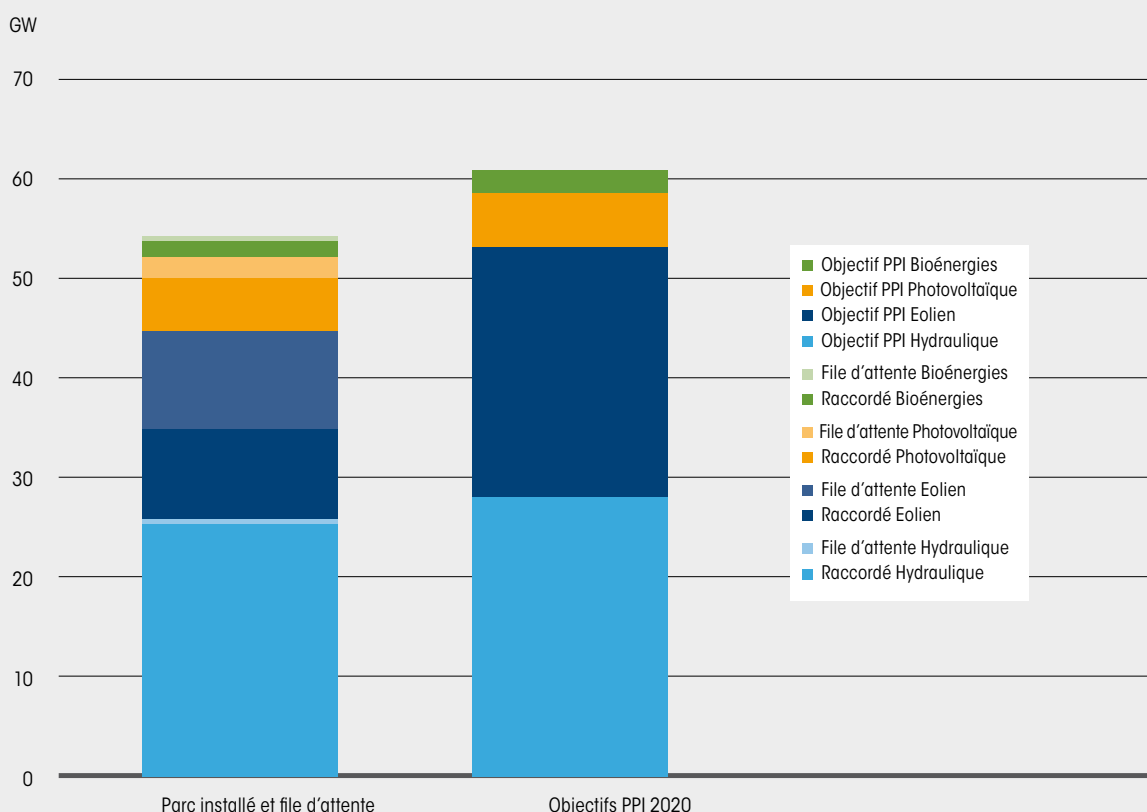
La file d'attente de raccordement des installations de production d'électricité renouvelable en France continentale est de 13 026 MW au 31 décembre 2014. Cette file d'attente est composée de 6 748 MW d'installations éoliennes terrestres, 3 123 MW d'installations éoliennes offshore, 2 107 MW d'installations photovoltaïques, 478 MW d'installations « bioénergies » et de 571 MW d'installations hydrauliques.

Chaque filière présente des spécificités par rapport à l'atteinte des objectifs nationaux et régionaux fixés à l'horizon 2020. En effet, le rythme de croissance de la filière photovoltaïque lui a permis d'atteindre, dès cette année, son objectif PPI de 5 400 MW<sup>(\*)</sup>.

Toutefois, les objectifs SRCAE de cette filière, correspondant environ au triple de l'objectif PPI, semblent aujourd'hui difficile à atteindre. Concernant l'éolien, le rythme actuel de raccordement ne paraît pas suffisant pour remplir l'objectif PPI ni, de fait, les objectifs SRCAE. En revanche, le parc hydraulique installé représente 90 % de l'objectif PPI et 95 % des objectifs SRCAE.

Le parc raccordé des installations de production d'électricité renouvelable représente deux tiers de la somme des objectifs PPI. La file d'attente de raccordement représente quant à elle 22 % des objectifs PPI.

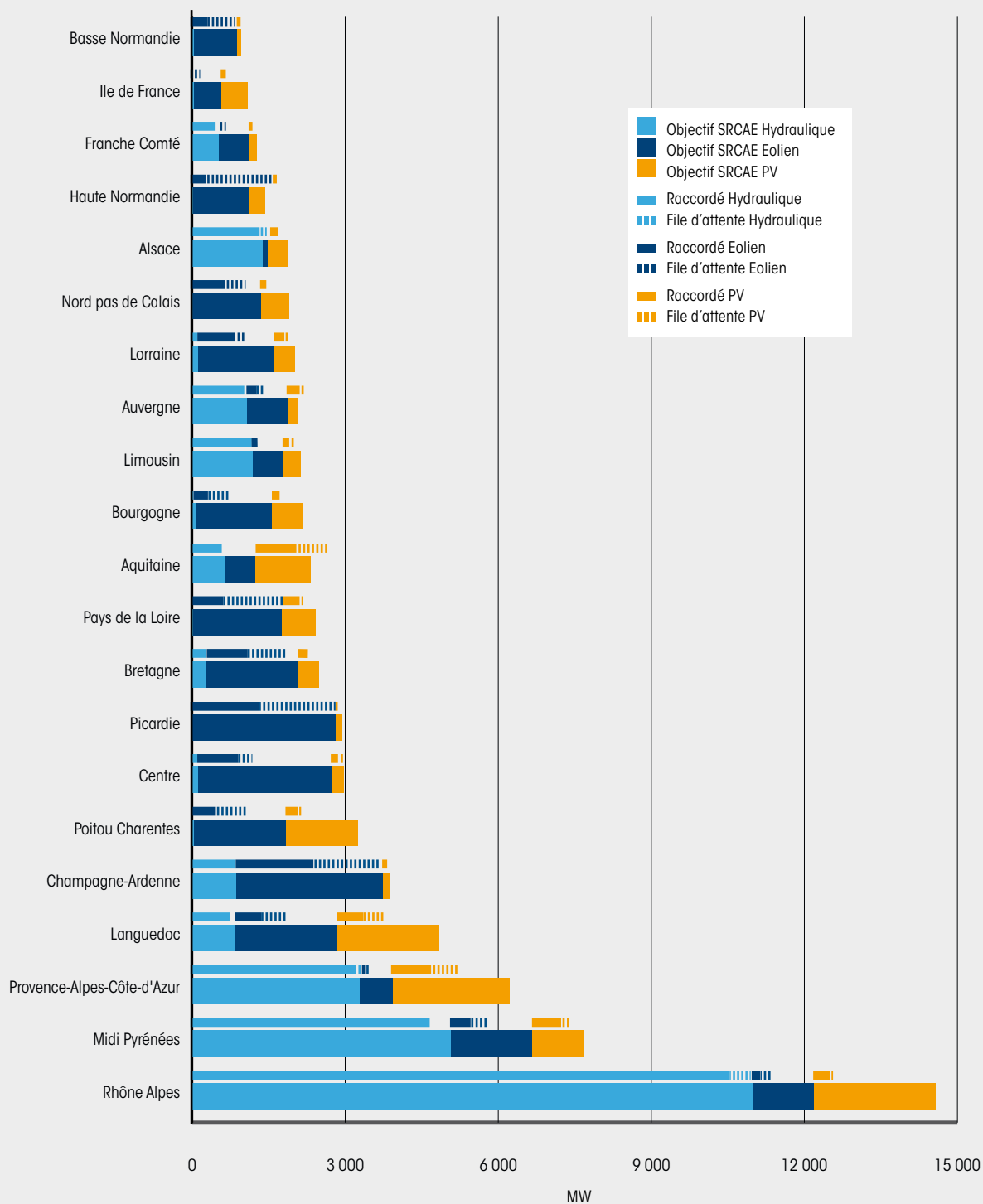
Parc installé et file d'attente au regard des objectifs PPI par filière



(\*) Les installations présentes hors France métropolitaine sont prises en compte dans l'atteinte de cet objectif, le parc des installations de France métropolitaine seule étant de 5292 MW. Cet objectif PPI a été fixé en 2009, époque où cette filière était encore dans les prémices de son développement.



### Comparaison des objectifs SRCAE, de la puissance raccordée et en file d'attente, par région et par filière au 31 décembre 2014



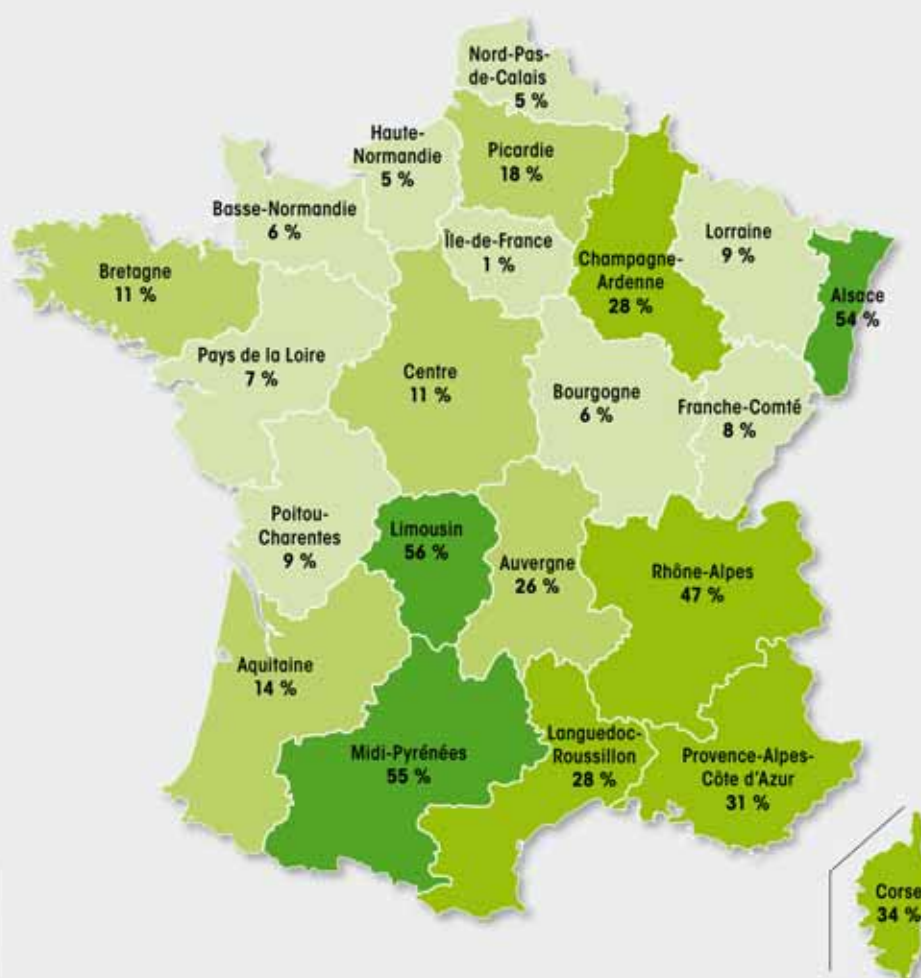
Les objectifs SRCAE de la filière bioénergies ne sont pas représentés sur le graphique ci-dessus par souci de lisibilité, et du fait d'une indisponibilité partielle des données.

## 4. La production d'électricité renouvelable dans l'équilibre offre - demande

Le taux de couverture moyen de la consommation électrique par les énergies électriques renouvelables a été de 19,5 % en 2014, dont 13,5 % assurés par la filière hydraulique, 3,7 % par la filière éolienne, 1,3 % par la filière photovoltaïque et 1,1 % par les bioénergies.

Le taux de couverture régional dépasse 50% dans les régions Limousin, Alsace et Midi-Pyrénées. Il reste cependant inférieur ou égal à 10 % dans dix régions.

Taux de couverture de la consommation par la production d'électricité renouvelable en 2014



# LA FILIÈRE ÉOLIENNE EN 2014



## **1. Chiffres clefs et actualités de la filière**

1.1. Chiffres clefs.....	10
1.2. Actualités.....	10

## **2. Le parc éolien en France**

2.1. Parc éolien raccordé au 31 décembre 2014 .....	11
2.2. Répartition régionale du parc éolien .....	12
2.3. Les technologies de production éolienne .....	15

## **3. Les perspectives de croissance du parc éolien**

3.1. File d'attente de raccordement aux réseaux publics de transport et de distribution .....	16
3.2. File d'attente par rapport aux objectifs nationaux et régionaux.....	17
3.3. Les perspectives et les défis de l'éolien en mer .....	18

## **4. La production éolienne dans l'équilibre offre-demande**

4.1. Production et facteur de charge du parc éolien .....	20
4.2. Répartition régionale de la production et du facteur de charge .....	21
4.3. Participation à la couverture de la consommation .....	24
4.4. Une production variable avec de fortes disparités régionales .....	26
4.5. La maîtrise des flux de production éolienne dans le système électrique .....	27

## **5. Principaux chiffres de la filière éolienne en Europe** ..... 28

## **Focus : l'industrie éolienne française**..... 31

# 1. Chiffres clefs et actualités de la filière

## 1.1. Chiffres clefs

### Puissance éolienne au 31 décembre 2014

- Le parc éolien raccordé représente une puissance de **9 120 MW** dont **414 MW** sur le réseau de RTE, **8 232 MW** sur le réseau d'ERDF et **457 MW** sur les réseaux des ELD ;
- Le parc éolien raccordé en 2014 progresse de **963 MW**. Ce volume raccordé au cours de l'année 2014 représente une progression de **12 %**.

### File d'attente de raccordement au 31 décembre 2014

- La file d'attente de raccordement des puissances éoliennes en France continentale est de **9 871 MW** au 31 décembre 2014 contre 10 285 MW au 31 décembre 2013 ;

- La file d'attente de raccordement sur le réseau de RTE est de 4 721 MW (dont 3 123 MW de puissances éoliennes offshore) ;
- La file d'attente sur les réseaux de distribution est de 5 150 MW au 31 décembre 2014 (dont 4 605 MW sur le réseau d'ERDF et 545 MW sur les réseaux des ELD).

### Production éolienne en 2014

- La production éolienne en 2014 s'élève à **17 TWh** soit une progression de 7 % par rapport à la période précédente ;
- Le facteur de charge moyen mensuel en 2014 est de **22,8 %** ;
- Le taux moyen de couverture de la consommation par la production éolienne en 2014 est de **3,7 %**.

## 1.2. Actualités

### Le cadre économique

A la suite de l'annulation par le Conseil d'Etat, pour défaut de notification, de l'arrêté tarifaire éolien en mai 2014, un nouvel arrêté validé par la Commission Européenne et conservant le même niveau de tarif a été publié le 1<sup>er</sup> juillet 2014. Cette publication a mis fin à une longue période d'incertitude pour la filière éolienne.

### Le cadre réglementaire

Plusieurs mesures de simplification administratives ont été adoptées au cours des deux dernières années :

- Les Zones de Développement de l'Eolien (ZDE) et la règle des 5 mâts ont été supprimées dans le cadre de la loi n°2013-312 du 15 avril 2013 visant à préparer la transition vers un système énergétique sobre et portant diverses dispositions sur la tarification de l'eau et sur les éoliennes, dite « loi Brottes ». Pour les DOM, cette même loi prévoit une mesure pour faciliter l'implantation des éoliennes, après autorisation, en zone littorale.
- Une autorisation unique est en cours d'expérimentation dans 7 régions depuis mai 2014 pour accélérer le traitement de l'instruction des dossiers et mieux encadrer les contentieux.

Ces expérimentations doivent être généralisées à l'ensemble du territoire national dans le cadre de la loi sur la transition énergétique. Le projet de Loi Macron prévoit par ailleurs de pérenniser cette nouvelle procédure dès la fin de l'expérimentation.

L'ensemble de ces mesures est de nature à redynamiser et à accompagner la reprise des raccordements de la filière éolienne qui connaissait, depuis 2011, un fort ralentissement de son rythme de développement.

Enfin, s'agissant des contraintes techniques, des travaux et réflexions menés depuis plusieurs années et visant à améliorer la cohabitation des éoliennes et des radars ainsi que des contraintes aéronautiques ont très récemment mené à des évolutions concrètes (révision des règles réglementaires d'implantation vis-à-vis des radars météorologiques). D'autres réflexions, tout aussi fondamentales pour la filière, sont actuellement en cours de concertation ou finalisées (révision en cours des règles de balisage des éoliennes ; redéfinition en cours des possibilités de développement éolien vis-à-vis de la Défense ; évaluation technique des avancées technologiques d'amélioration de la cohabitation éoliennes-radars).



## 2. Le parc éolien en France

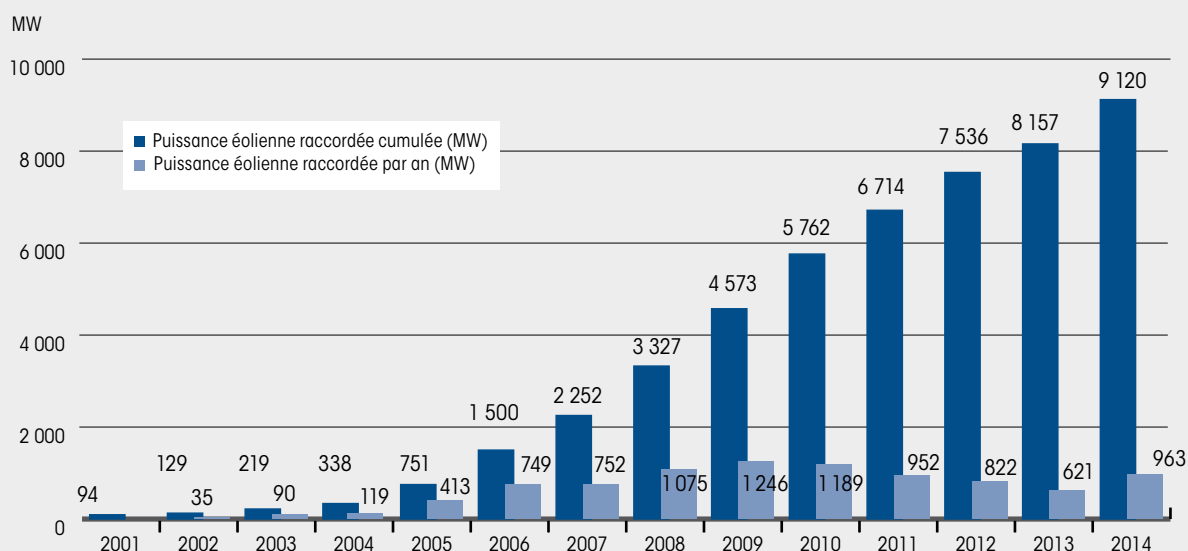
### 2.1. Parc éolien raccordé au 31 décembre 2014

La puissance éolienne raccordée aux réseaux électriques au 31 décembre 2014 est de 9 120 MW dont 414 MW pour le réseau de RTE, 8 232 MW pour le réseau d'ERDF, 457 MW pour les réseaux des ELD et 18 MW sur le réseau d'EDF-SEI en Corse. Le parc éolien

est en progression de 12 % pour l'année 2014 avec 963 MW nouvellement raccordés contre 621 MW en 2013.

Cette progression témoigne d'une relance de la filière après quatre années consécutives de baisse de la croissance du parc.

Evolution de la puissance éolienne raccordée

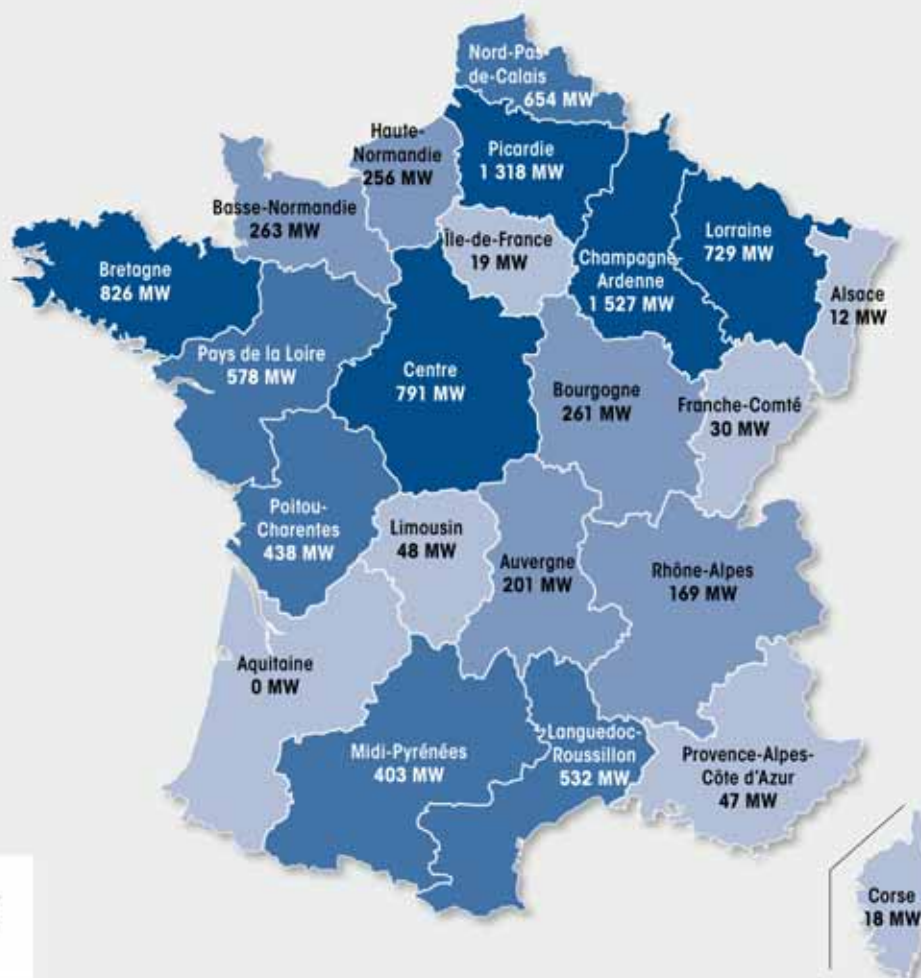


## 2.2. Répartition régionale du parc éolien

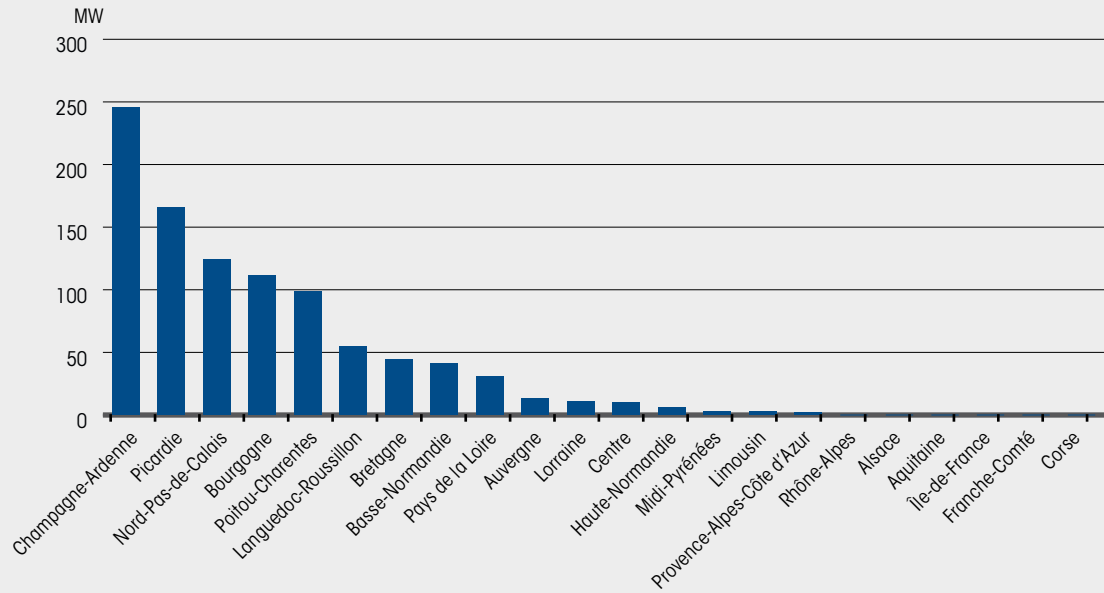
Cinq régions (Champagne-Ardenne, Picardie, Bretagne, Centre et Lorraine), dotées de plus de 700 MW chacune, représentent 57 % du parc total installé en France métropolitaine. La Champagne-Ardenne reste la région qui dispose du parc éolien le plus important avec 1 527 MW, suivie par la Picardie avec 1 318 MW. A l'inverse, sept régions possèdent un parc éolien inférieur à 50 MW et totalisent moins de 2 % des capacités raccordées en France métropolitaine.

Six régions ont connu une croissance de leur parc éolien supérieure à 50 MW au cours de l'année. La Champagne-Ardenne a connu la croissance la plus importante avec 245 MW de capacités éoliennes supplémentaires. Elle est suivie par la Picardie et le Nord-Pas-de-Calais avec respectivement 166 MW et 124 MW de puissances supplémentaires par rapport au 31 décembre 2013. Ces six régions concentrent 83 % des capacités raccordées au cours de l'année. A l'inverse, les régions Rhône-Alpes et Ile-de-France n'ont pas accueilli de nouvelles puissances depuis 2011 et l'Aquitaine ne dispose d'aucun parc éolien.

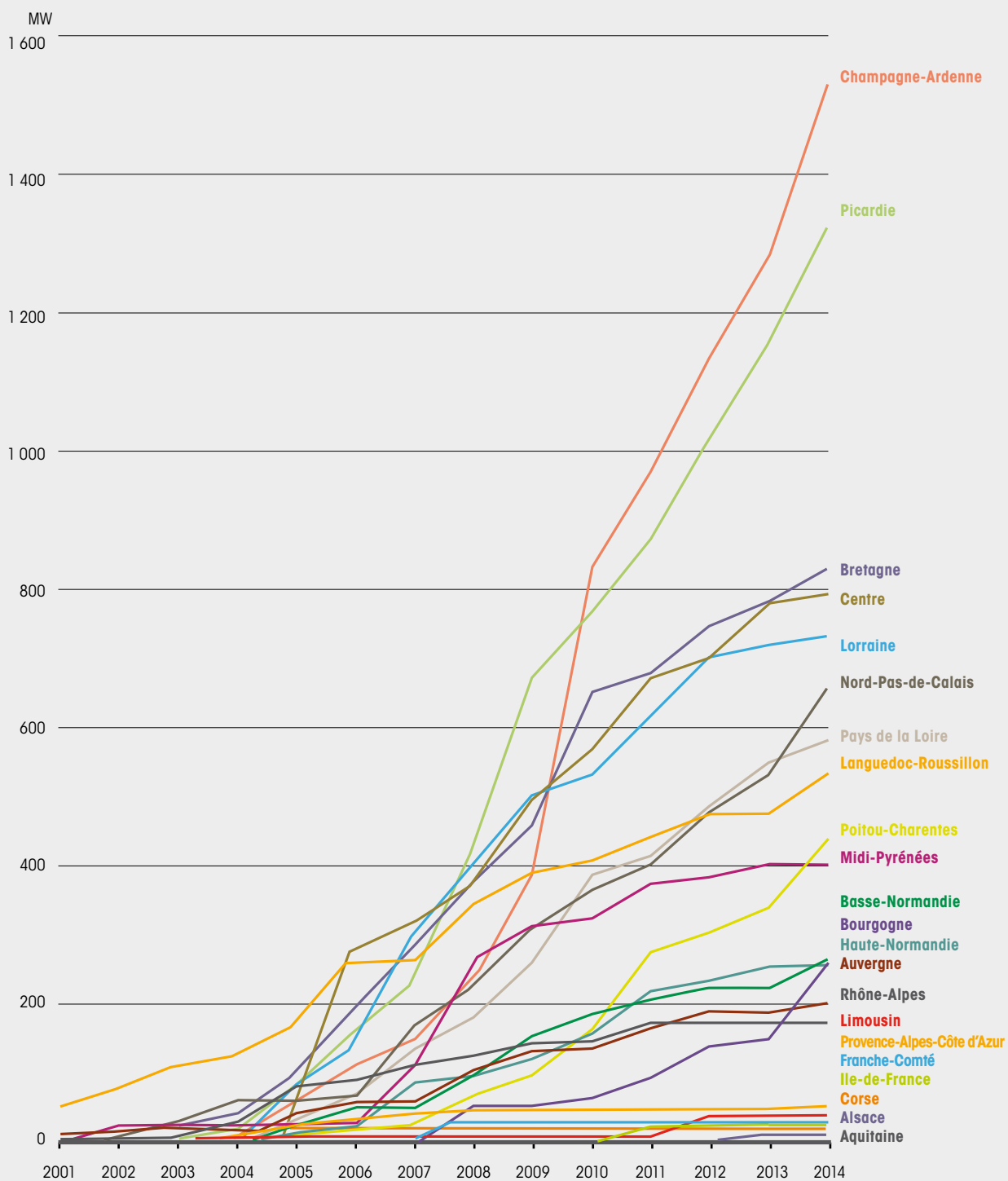
Puissance éolienne raccordée par région au 31 décembre 2014



## Répartition régionale des nouvelles puissances éoliennes raccordées en 2014



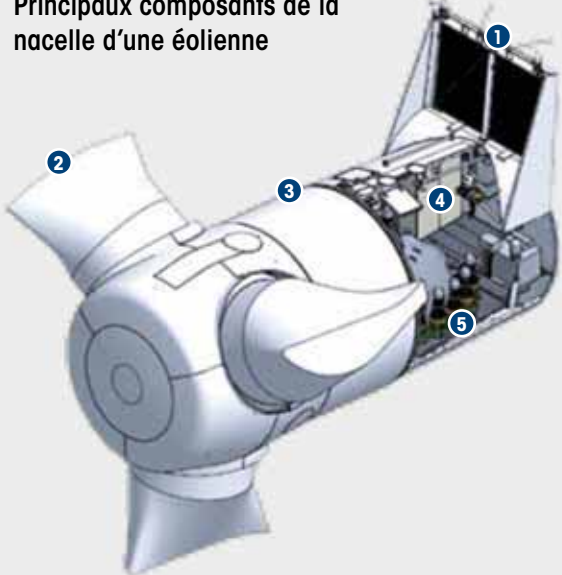
### Evolution de la puissance éolienne raccordée par région depuis 2001





## 2.3. Les technologies de production éolienne

### Principaux composants de la nacelle d'une éolienne



1. Anémomètre - 2. Pales - 3. Générateur - 4. Armoire de commande  
5. Dispositif d'orientation

© Siemens

### Caractéristiques et fonctionnement d'une éolienne

La technologie éolienne transforme l'énergie du vent en énergie électrique. Le vent met en mouvement le rotor permettant sa transformation en énergie mécanique. La vitesse de rotation de l'arbre entraîné par le mouvement des pales (5 à 15 tours par minute) est accélérée par un multiplicateur (technologie asynchrone). Cette énergie mécanique est transmise au générateur qui la transforme en énergie électrique. Dans le cas d'un générateur synchrone, l'énergie mécanique est directement transmise au générateur sans passer par un multiplicateur.

L'électricité produite par une éolienne transite par un transformateur situé dans la nacelle ou au pied du mât qui en élève la tension.

Un parc éolien est constitué de plusieurs aérogénérateurs, espacés de plusieurs centaines de mètres, connectés entre eux par un réseau interne souterrain et raccordés au réseau public par l'intermédiaire d'un poste de livraison.

S'agissant de l'évolution des caractéristiques des machines, si au début des années 2000, la hauteur moyenne des mâts installés en France se situait aux environs de 50 mètres<sup>(\*)</sup>, ce chiffre a régulièrement évolué pour atteindre 90 mètres<sup>(\*)</sup> en moyenne aujourd'hui. Le diamètre du rotor dépend quant à lui de la technologie de chaque aérogénérateur, mais également d'une adaptation des

pales aux conditions de vent propres à chaque site (pour un site peu venté, on utilisera des pales d'une surface importante afin de capter le maximum de puissance).

### Technologies de production

Les turbines actuellement proposées sur le marché se répartissent en deux grandes familles suivant l'architecture de leur système de production : celles équipées d'un générateur asynchrone (environ 80 % du marché<sup>(\*)</sup>), et celles équipées d'un générateur synchrone (environ 20 % du marché<sup>(\*)</sup>). Ces derniers modèles sont généralement dépourvus de multiplicateurs mais une gamme de générateurs synchrones équipés de multiplicateurs tend à se développer.

### Puissance des éoliennes

Les éoliennes installées aujourd'hui sont généralement d'une puissance de 2 à 3 MW en éolien terrestre et de 6 MW ou plus en éolien offshore. Cette puissance unitaire a été en augmentation constante au cours des dernières années en raison des avancées technologiques qu'a connues la filière. Les éoliennes installées sont ainsi passées d'une puissance de moins d'1 MW au début des années 2000 à près de 2,2 MW en moyenne aujourd'hui.

Plusieurs modèles de turbines actuellement commercialisées dépassent les 3 MW unitaires. On pourrait ainsi s'attendre à une poursuite de l'augmentation de la puissance moyenne des éoliennes dans les prochaines années. Néanmoins, les contraintes de transport et d'installation d'éoliennes de grande dimension pourraient atténuer cette tendance.

On assiste également à un développement des gammes d'éoliennes équipées d'un rotor (pales) de diamètre de plus en plus important par rapport à leur puissance nominale, en raison des progrès technologiques liés à la fabrication des pales, et de la demande concernant l'équipement de sites plus faiblement ventés.

### Raccordement d'un parc éolien

Les turbines éoliennes constituant le parc sont chacune équipées d'un transformateur qui élève la tension de sortie des générateurs, généralement de 400 ou 690 V, à une tension de niveau HTA (20 kV). Le réseau interne du parc éolien connecte les éoliennes du parc entre elles jusqu'au point de livraison, interface entre l'installation de production et le réseau public. Dans le cas d'une installation de production raccordée au RPT, le réseau interne intègre un poste de transformation HTA/HTB permettant d'élever la tension au niveau de celle du réseau de transport.

(\*) Source SER

# 3. Les perspectives de croissance du parc éolien

## 3.1. File d'attente de raccordement aux réseaux publics de transport et de distribution

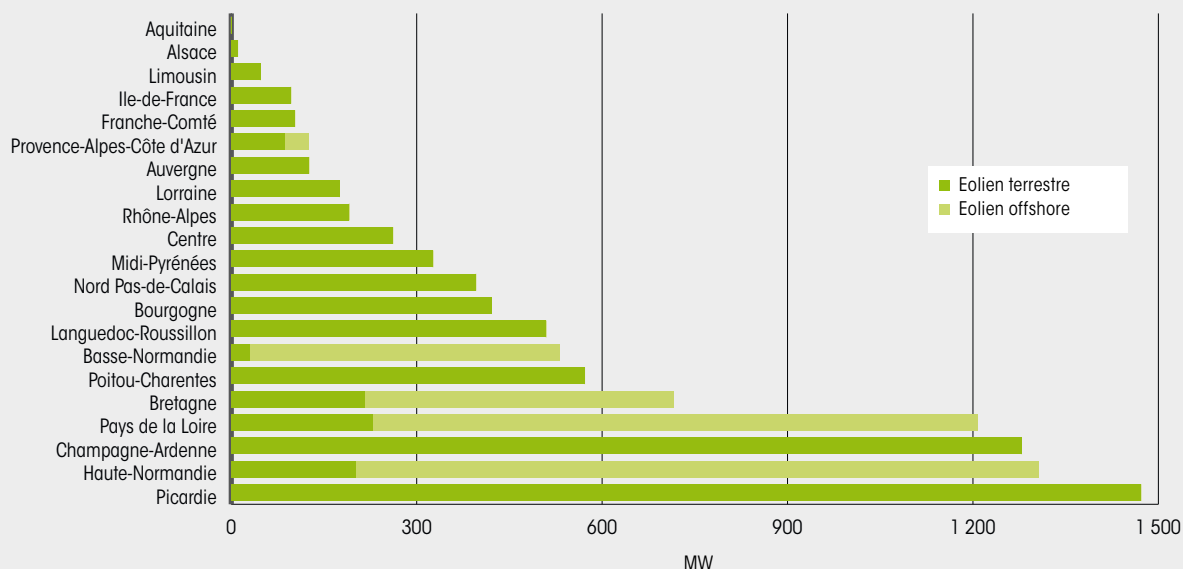
La file d'attente de raccordement des puissances éoliennes sur les réseaux de RTE, d'ERDF et des ELD est de 9 871 MW au 31 décembre 2014. Elle est constituée de 4 721 MW de puissances en attente de raccordement sur le réseau de RTE (dont 3 123 MW de puissances éoliennes *offshore*), de 4 605 MW pour le réseau d'ERDF et de 545 MW pour les réseaux des ELD.

On note une baisse des volumes en file d'attente durant l'année 2014. Elle s'explique par des abandons de projets d'installations d'éoliennes *offshore* : celles-ci sont passées de 4 153 MW au 31 décembre 2013 à 3 123 MW au 31 décembre 2014.

Evolution de la file d'attente par rapport au 31 décembre 2013 (MW)

	File d'attente au 31 décembre 2013	File d'attente au 31 décembre 2014
RPD	4 561	5 150
RPT	5 724	4 721
<b>Total</b>	<b>10 285</b>	<b>9 871</b>

File d'attente de raccordement des projets éoliens, par région, au 31 décembre 2014



Les données relatives à la file d'attente de la Corse ne sont pas disponibles

(\*) SRCAE : Schéma régional du climat de l'air et de l'énergie

## 3.2. File d'attente par rapport aux objectifs nationaux et régionaux

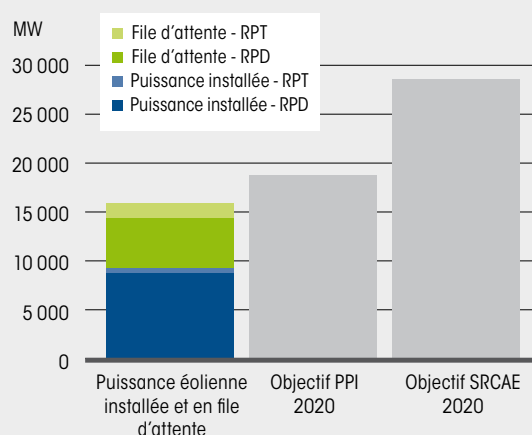
En 2014, le raccordement a atteint 963 MW. 2014 est ainsi l'année qui a vu le parc éolien le plus progresser depuis 2010. La croissance du parc s'approche aujourd'hui de celle de ses meilleures années, bien que le nombre de MW raccordés demeure inférieur aux 1 647 MW annuels nécessaires à l'atteinte de l'objectif PPI 2020.

De même, un retard est constaté en matière d'éolien offshore par rapport à l'objectif PPI de 6 000 MW. A ce jour, il n'existe aucun parc éolien offshore en service et 3 123 MW sont actuellement en file d'attente. Parmi ces dernières, 2 928 MW sont issus des appels d'offres lancés respectivement en juillet 2011 et janvier 2013. Les premières installations devraient être mises en service entre 2018 et 2020.

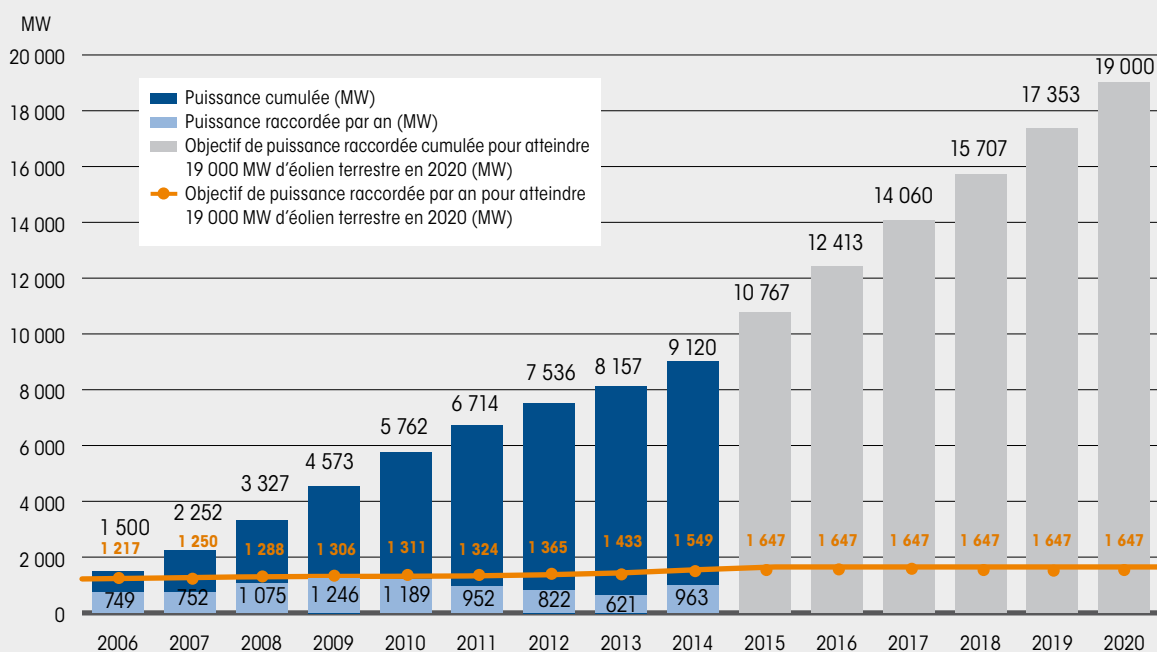
Au niveau régional, les objectifs en matière de développement des énergies renouvelables sont fixés par les SRCAE. En matière d'éolien terrestre, ces objectifs régionaux contrastés sont liés en grande partie aux gisements de vent disponibles. Quatre régions affichent un objectif supérieur à 2 000 MW telles que Champagne-Ardenne, Centre, Languedoc-Roussillon et la Picardie quand d'autres ont un objectif de quelques centaines de MW telles que l'Alsace et Ile-de-France avec respectivement 107 et 540 MW.

L'écart entre l'objectif régional et les capacités raccordées ou en file d'attente est variable d'une région à l'autre. Les capacités raccordées et en file d'attente représentent 98 % de l'objectif SRCAE en Champagne-Ardenne alors que ce taux est de 0 % en Aquitaine.

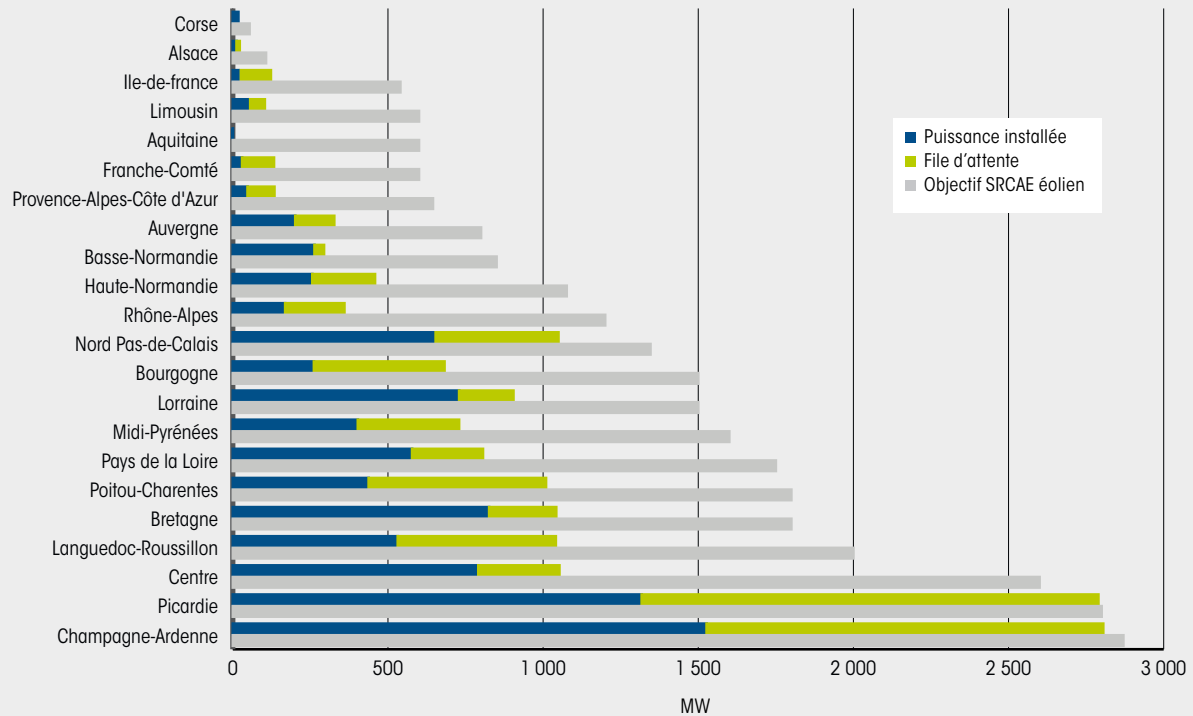
**Puissance éolienne terrestre installée et en file d'attente, objectifs PPI et SRCAE**



**Evolution des puissances éoliennes terrestres raccordées par rapport aux objectifs de 2020**



### Puissances installées et en file d'attente de l'éolien terrestre par rapport aux objectifs SRCAE



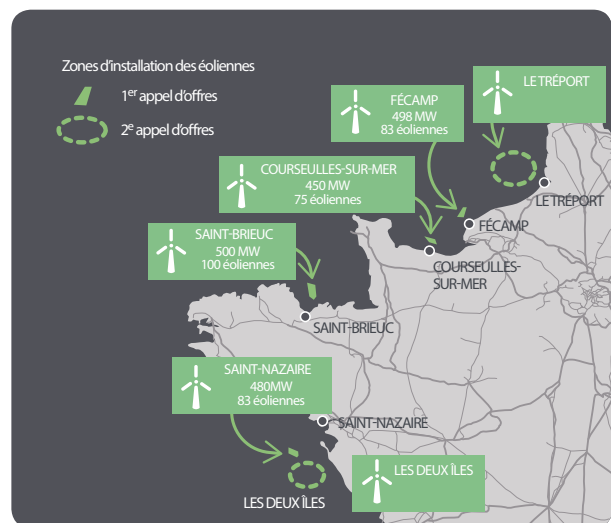
Les données relatives à la file d'attente de la Corse ne sont pas disponibles

## 3.3. Les perspectives et les défis de l'éolien en mer

Le plan de développement des Énergies Renouvelables de la France – issu du Grenelle de l'environnement et présenté le 17 novembre 2008 – vise, en cohérence avec le paquet « Énergie-Climat », à augmenter de 20 millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep) la production annuelle d'énergies renouvelables.

Ce plan, décliné par le Grenelle de la mer, ambitionne le développement de 6 000 MW d'installations éoliennes en mer et d'énergies marines en France à l'horizon 2020. Au printemps 2009, le gouvernement a engagé une concertation afin de définir, pour chaque façade maritime, les zones propices au développement de l'éolien offshore. Dans un premier temps, cinq zones ont été retenues en Manche et dans l'Atlantique. C'est sur ces cinq zones qu'a été lancé le 11 juillet 2011, le premier appel d'offres éolien offshore pour une puissance installée de 3 000 MW. Cette sélection a tenu compte des conditions maritimes (profondeur, vitesse du vent etc.), des usages de la mer (plus spécifiquement celles des professionnels de la mer) mais aussi des aspects relatifs à l'insertion dans le réseau électrique des futures unités de production.

### Un objectif de 6 GW d'installations éoliennes en mer à l'horizon 2020





Ce premier appel d'offres implique l'installation de plusieurs centaines d'éoliennes au large des côtes françaises avec pour objectif de produire l'équivalent de 1,75 % de la consommation française. Les lauréats ont été désignés par le gouvernement le 6 avril 2012 pour quatre zones sur les cinq. Cela représente une puissance totale de près de 2 000 MW. À l'issue d'une étape de « levée des risques » obligatoire achevée en octobre 2013, la faisabilité des projets a été confirmée.

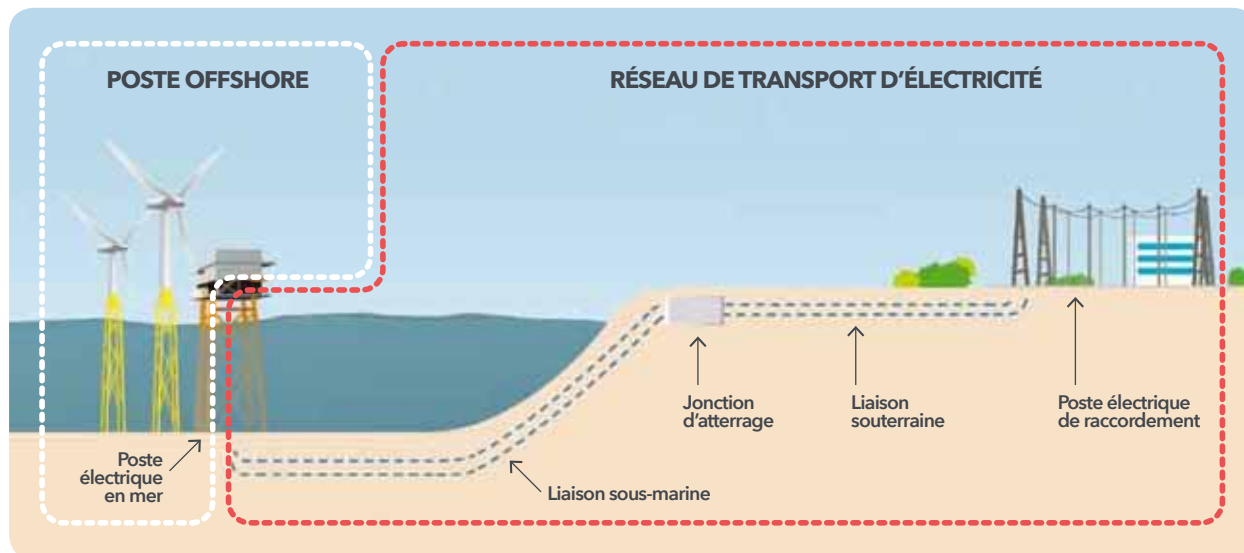
Conformément au cahier des charges de cet appel d'offres, RTE se voit confier la conception et la réalisation des raccordements.

### Un défi technologique

Les quatre parcs offshore seront raccordés au réseau terrestre par des câbles sous-marins 225 kV en courant alternatif. Longs de 45 à 60 km, ils comprendront une partie sous-marine, jusqu'à

deux jonctions d'atterrage construites sous terre sur le littoral, puis une partie terrestre souterraine jusqu'au réseau électrique existant. Compte tenu des longueurs et puissances en jeu, cette technologie est apparue la plus adaptée. Elle implique cependant la mise en œuvre de moyens de compensations et de contrôle-commande innovants notamment pour maîtriser le plan de tension. Les installations seront construites progressivement avec une mise en service échelonnée de 2018 à 2020.

Un second appel d'offres a été lancé début 2013. Il concerne les zones du littoral français du Tréport et de Yeu-Noirmoutier pour l'accueil de nouvelles installations. La puissance maximale de chaque zone a été fixée à 500 MW. Les candidats ont remis leurs dossiers en novembre 2013 et les lauréats ont été désignés en mai 2014. Comme pour le premier appel d'offres, RTE est chargé de réaliser le raccordement de ces futurs sites de production.



# 4. La production éolienne dans l'équilibre offre-demande

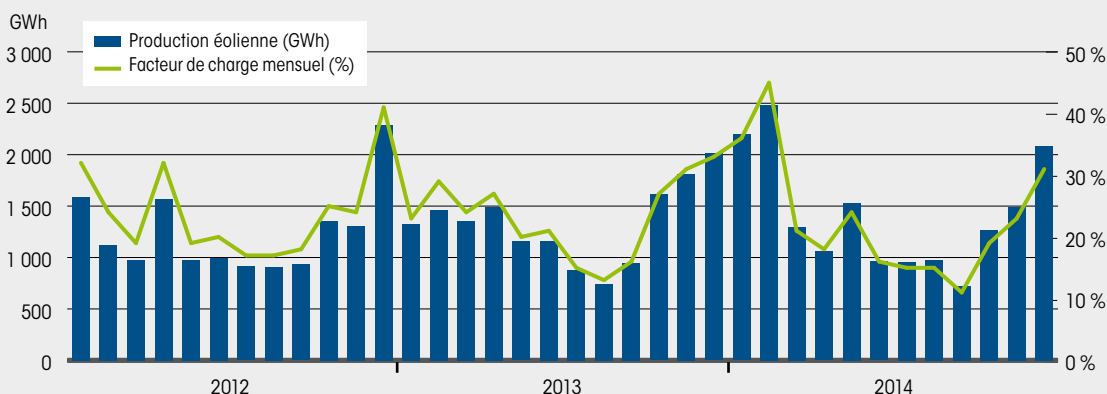
## 4.1. Production et facteur de charge du parc éolien

La production éolienne en 2014 est de 17 TWh, soit une progression de 7 % par rapport à la période précédente. La production éolienne durant l'année a varié entre une puissance maximum de 7 238 MW (le 27 décembre 2014 à 4 h) et un minimum de 42 MW (le 3 octobre 2014 à 12h30).

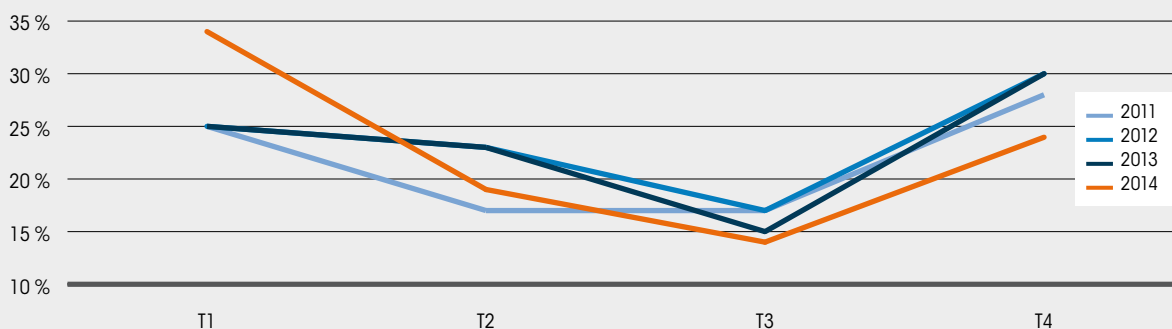
Le facteur de charge moyen mensuel en 2014 est de 23 %, identique à l'année précédente. L'observation des facteurs de charge moyens mensuels depuis 2011 révèle que ceux-ci varient entre un maximum

de 45 % (février 2014) et un minimum de 11 % (septembre 2014). On remarque également que le facteur de charge est plus élevé durant les mois d'hiver. Il est de 34 % au premier trimestre de l'année 2014 alors qu'il est de 14 % au troisième trimestre de la même année. L'année 2014 est marquée par une production et un facteur de charge particulièrement importants au premier trimestre et relativement faible aux troisième et quatrième trimestres.

Production éolienne mensuelle et facteur de charge mensuel moyen depuis 2012



Facteur de charge trimestriel moyen depuis 2011

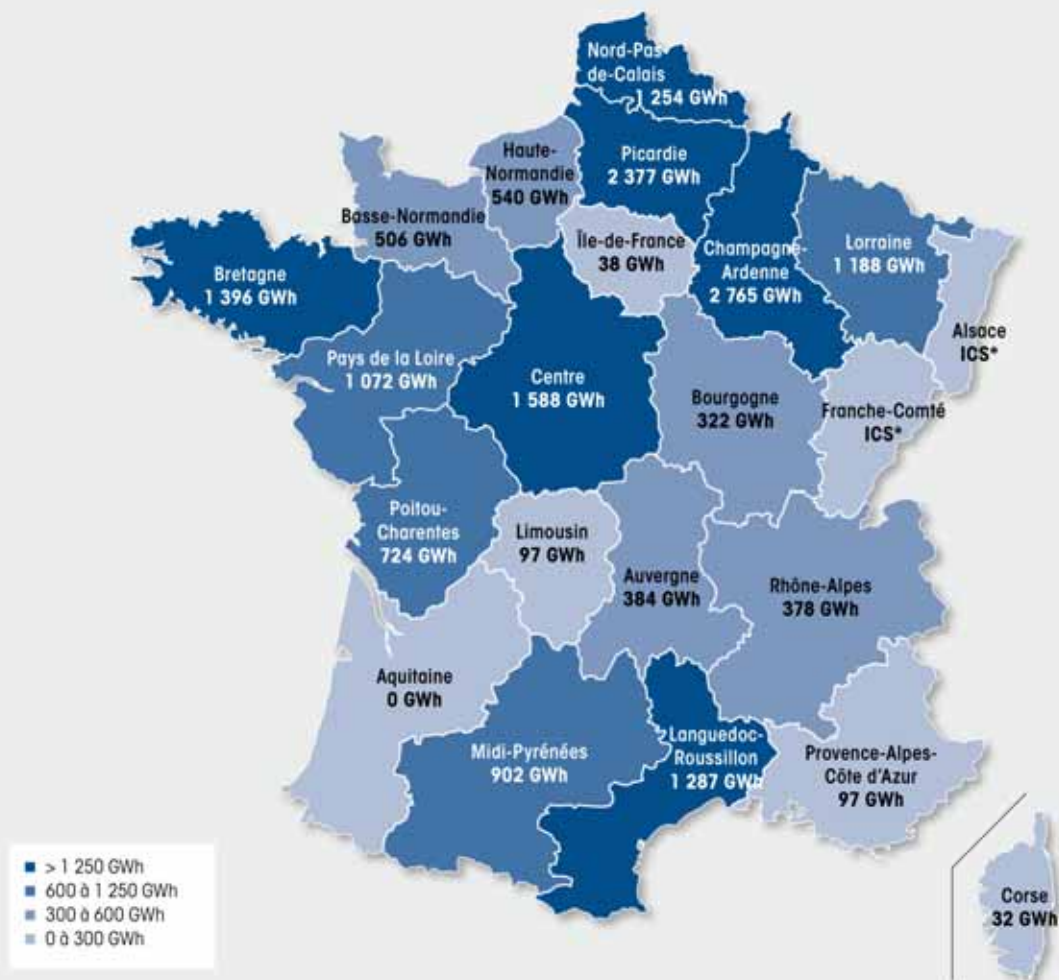


## 4.2. Répartition régionale de la production et du facteur de charge

Six régions contribuent à plus de 63 % de la production éolienne de France métropolitaine : la Champagne-Ardenne (2 765 GWh), la Picardie (2 377 GWh), le Centre (1 588 GWh), la Bretagne (1 396 GWh), le Languedoc-Roussillon (1 287 GWh) et le Nord-Pas-de-Calais (1 254 GWh).

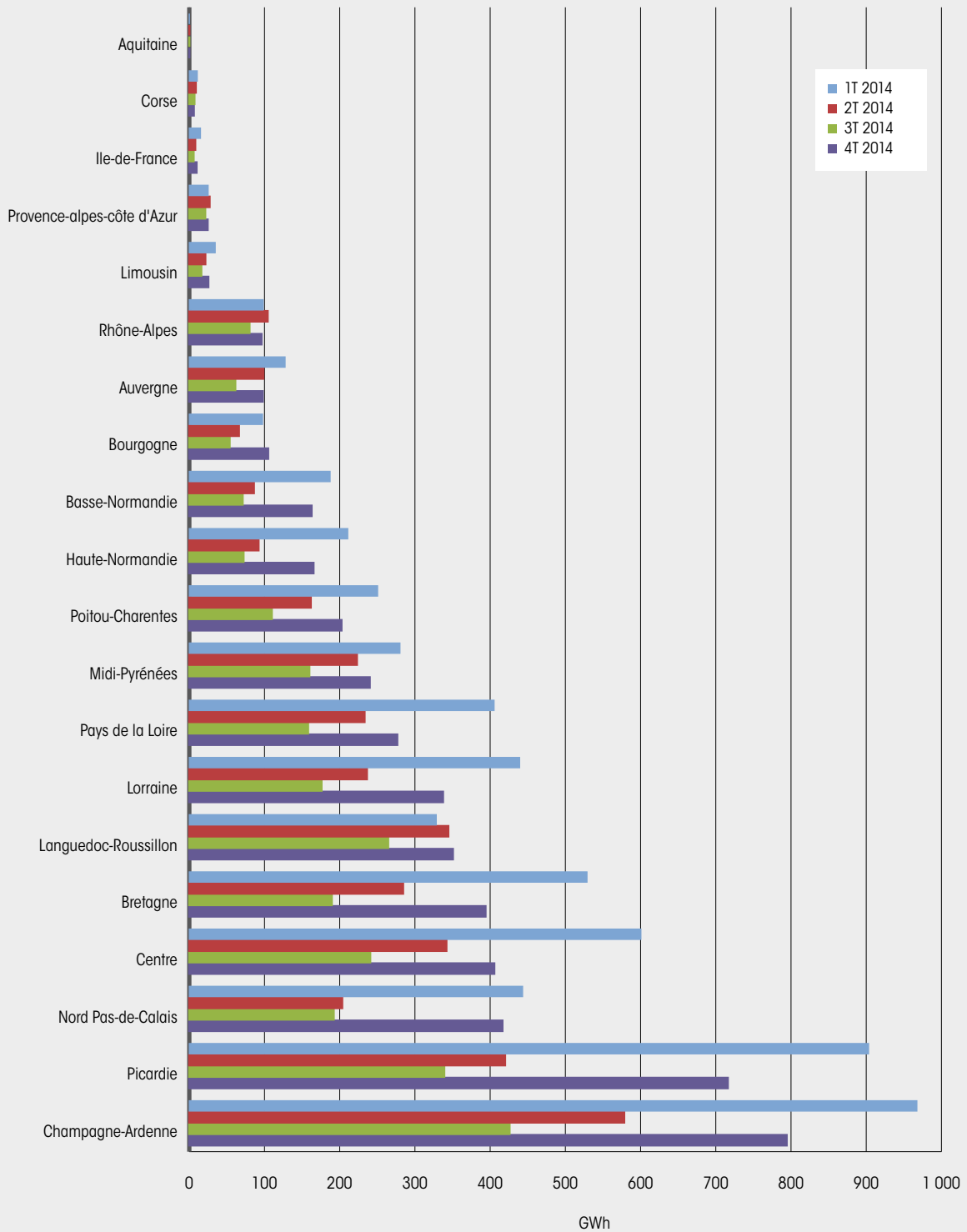
Les facteurs de charge régionaux moyens par trimestre témoignent d'un écart important entre le troisième trimestre de l'année 2014 et les trois autres. Ainsi, les facteurs de charge régionaux du troisième trimestre de l'année 2014 oscillent entre 11 et 23 % alors qu'ils varient entre 26 et 39 % pour le premier trimestre de l'année.

Production éolienne par région en 2014



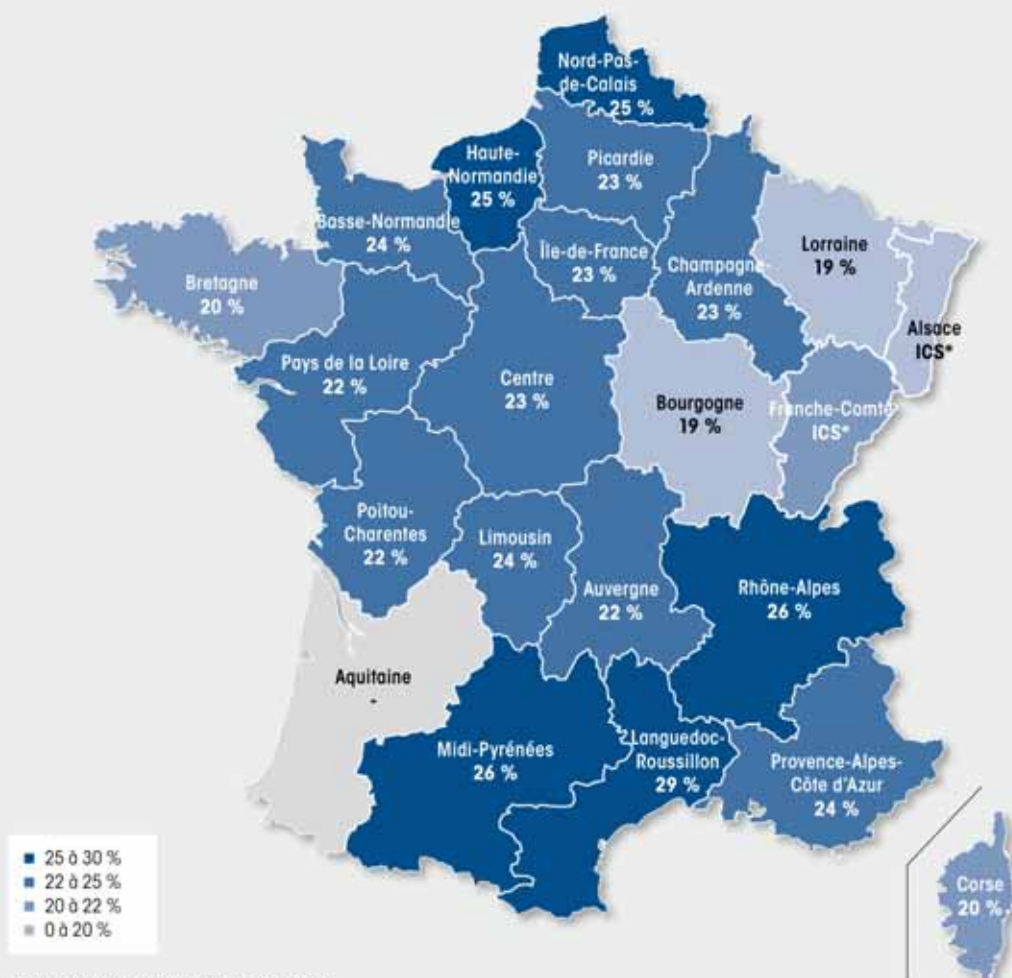
\* Informations Commercialement Sensibles

## Production éolienne trimestrielle en 2014





## Facteur de charge éolien moyen en 2014



\* Informations Commercialement Sensibles

*L'Aquitaine ne disposant pas de parc éolien, le facteur de charge ne peut pas être calculé.*

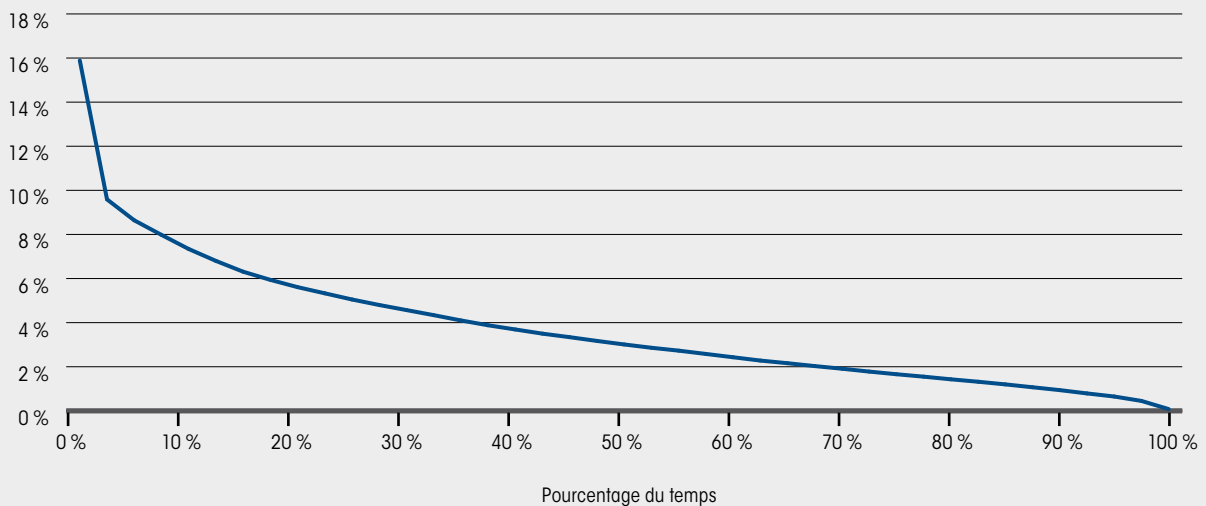
## 4.3. Participation à la couverture de la consommation

Le taux de couverture moyen de la consommation par la production éolienne a été en moyenne de 3,7 %. Ce taux a atteint 16 % le 11 mai à 17 h avec une production éolienne de 6 312 MW et une consommation de 39 541 MW.

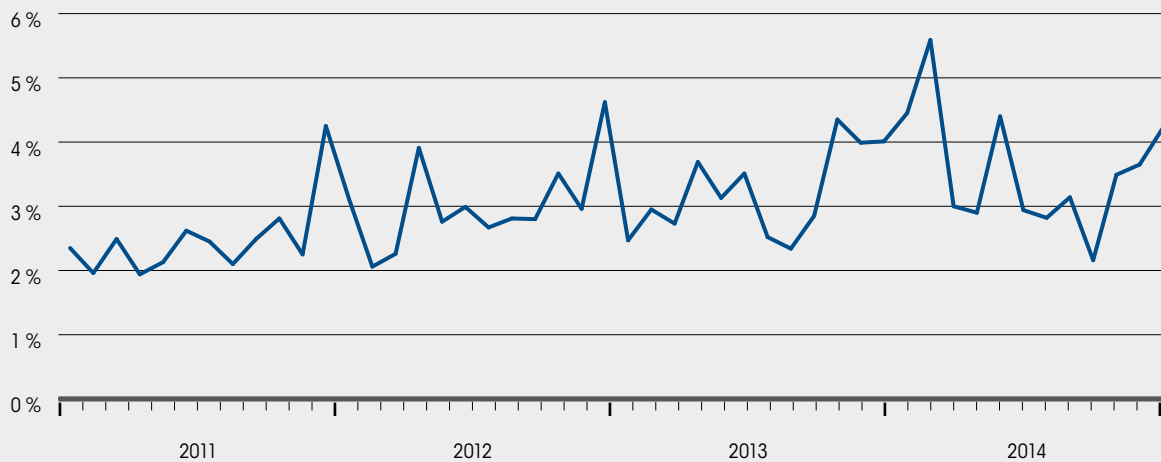
La production éolienne en 2014 a couvert plus d'un quart de la consommation en Champagne-Ardenne. Elle couvre plus de 5 % de la consommation dans six autres régions.

### Répartition du taux de couverture de la consommation par la production éolienne en 2014

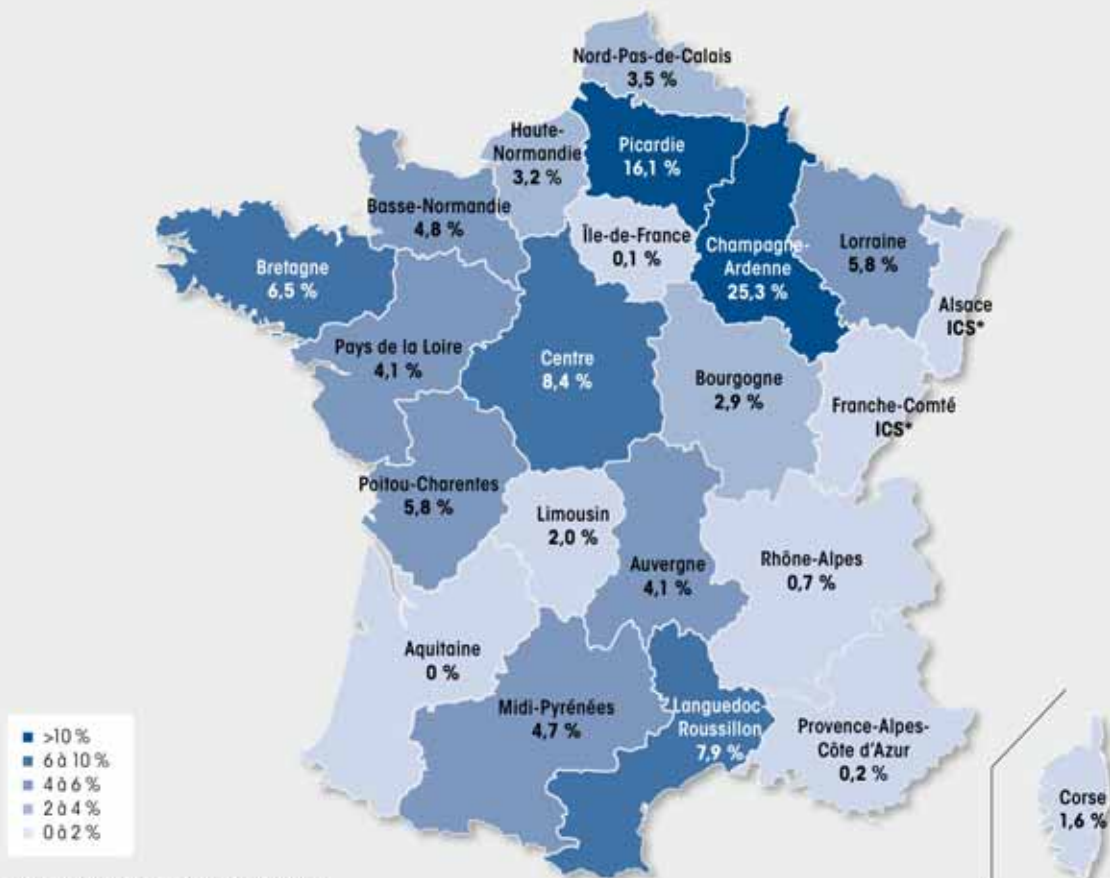
Taux de couverture de la consommation



### Taux de couverture mensuel moyen depuis 2011



### Taux de couverture moyen de la consommation par la production éolienne en 2014



\* Informations Commercialement Sensibles

## 4.4. Une production variable avec de fortes disparités régionales

Contrairement à la production de la filière photovoltaïque, il n'existe pas de profil journalier type de production éolienne, que ce soit à l'échelle nationale ou régionale. La production éolienne peut être stable au cours d'une journée ou connaître une grande variabilité. Néanmoins le profil de production annuel de la filière éolienne est similaire d'une année sur l'autre : la production est généralement plus élevée durant les mois les plus froids (voir paragraphe 4.2).

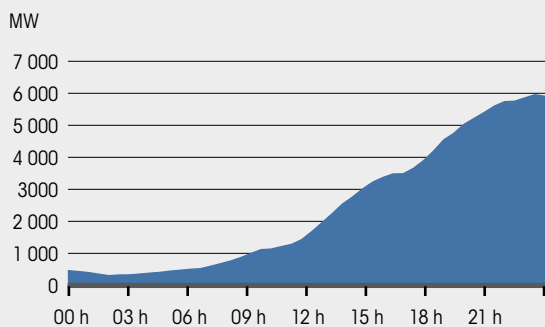
### De fortes variations de la production éolienne au cours d'une journée

La production injectée sur le réseau peut varier fortement d'un

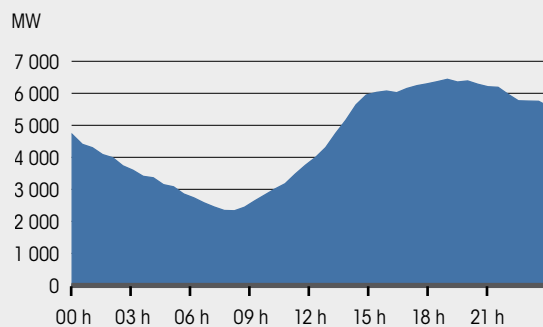
jour à l'autre, mais également au sein d'une même journée. Les volumes journaliers produits sont compris entre 7 238 MW et 42 MW. La puissance de production éolienne peut varier de plusieurs milliers de mégawatts en quelques heures. Ainsi, le 31 janvier 2014, la puissance de production éolienne a connu une progression continue et importante passant de 308 MW à 2h30 à 5 886 MW à 23h30 (voir graphique ci-dessous).

De même, la production éolienne du 26 janvier a connu d'importantes variations, tout d'abord une diminution de la puissance de plus de 2 000 MW en début de journée, puis une croissance rapide jusqu'à 6 400 MW à 19h00.

Production éolienne le 31 janvier 2014



Production éolienne le 26 janvier 2014



### Des productions éoliennes régionales décorrélées

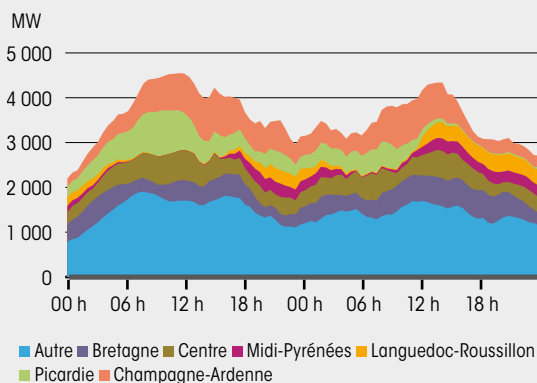
La France dispose de plusieurs régimes de vent décorrélés, ce qui engendre un effet de foisonnement de la production éolienne. La production éolienne peut varier d'une région à l'autre. Elle peut être, au même instant, très importante dans l'une et quasi nulle dans l'autre. Les réseaux permettent la mutualisation de ces productions régionales.

Les journées des 27 et 28 février 2014 permettent d'illustrer l'absence de corrélation entre des productions éoliennes régionales. Sur ces deux journées, les régimes de vent sur les régions Picardie et Languedoc-Roussillon sont décorrélés.

Ces deux journées illustrent également la complémentarité que peuvent avoir ces productions régionales. La production éolienne des régions du sud de la France (Midi-Pyrénées et Languedoc-Roussillon) a compensé la baisse de production du nord (Picardie

et Champagne-Ardenne), notamment le 27 février à partir de 16 h et le 28 février à partir de 11 h.

Production éolienne les 27 et 28 février 2014





## 4.5. La maîtrise des flux de production éolienne dans le système électrique

La production d'énergie électrique d'une éolienne dépend avant tout de variables telles que la direction et la vitesse de vent, la disponibilité des machines... Du fait de la grande diversité des technologies (constructives et de contrôle commande), le comportement des machines n'est pas identique pour toutes les installations. De manière générale, les éoliennes commencent à produire de l'énergie électrique lorsque le vent atteint 18 km/h. Ces installations s'arrêtent lorsque la vitesse des vents atteint, selon les technologies, une valeur comprise entre 70 et 90 km/h, cela afin d'éviter la dégradation du matériel.

La production d'une installation éolienne se caractérise donc par une variabilité importante, avec potentiellement des variations brusques dues aux conditions météorologiques.

Afin d'assurer ses missions d'exploitation du réseau de transport, RTE dispose d'outils de prévisions et d'estimation fines de la production injectée sur ce réseau, directement ou depuis les réseaux de distribution sur lesquels les parcs éoliens sont majoritairement raccordés.

La variabilité de la production éolienne a nécessité une adaptation des outils d'exploitation du réseau électrique. C'est pourquoi, RTE a développé et mis en place depuis 2009 un système de prévisions et d'estimation de la production éolienne : le système « IPES ».

### Prévision de la production éolienne en J-1

IPES héberge plusieurs modèles de prévision statistique, dont un dédié à la production éolienne. Ce modèle s'appuie sur des représentations statistiques des productions (basées sur les données de comptage historiques de différents parcs). Il prend également en compte pour calculer les prévisions de production, des prévisions de vent fournies par Météo France et les dernières télémesures temps réel. Celles-ci proviennent, soit de la téléconduite de RTE, soit des télémesures envoyées par d'autres acteurs, notamment pour une grande part par ERDF. Un recalage des paramètres du

modèle est effectué périodiquement en fonction de l'actualisation du comptage et de l'arrivée de nouvelles installations.

Les prévisions sont calculées à partir des dernières données disponibles (que ce soit les prévisions météorologiques ou des télémesures de production), pour les prochaines heures et jusqu'à un horizon de 72h. Ainsi, la prévision J-1 est affinée en infra-journalier en se basant sur les dernières informations disponibles.

Sur l'année 2014, les écarts constatés entre la prévision éolienne en J-1 16 h et la production mesurée a posteriori par les comptages ont été mesurés. En pourcentage de la puissance installée, l'erreur quadratique moyenne entre la prévision et la mesure sur cette période est de 4,4 %. Le biais de cet écart est faible, avec une prévision en moyenne légèrement sous-estimée (biais de -0,5 %).

### Estimation de la production éolienne en temps réel

En temps réel, la production éolienne est estimée grâce aux télémesures de production de RTE et à celles transmises par d'autres acteurs dont ERDF. Au 31 décembre 2014, 80 % des parcs éoliens sont téléinformés, la production des autres parcs est estimée par des modèles numériques.

En pourcentage de la puissance installée, l'erreur quadratique moyenne entre l'estimation temps réel et la mesure sur cette période est de 2,2 %.

La qualité des prévisions de la production éolienne est étroitement liée à la qualité et à la précision des données disponibles. Depuis la création d'IPES, RTE poursuit sa démarche coopérative avec les gestionnaires de réseau de distribution et les producteurs éoliens. Cette démarche permet de disposer de prévisions et d'estimation de production éolienne de qualité. Ces données sont rendues publiques par RTE via son site et l'application éCO2mix.

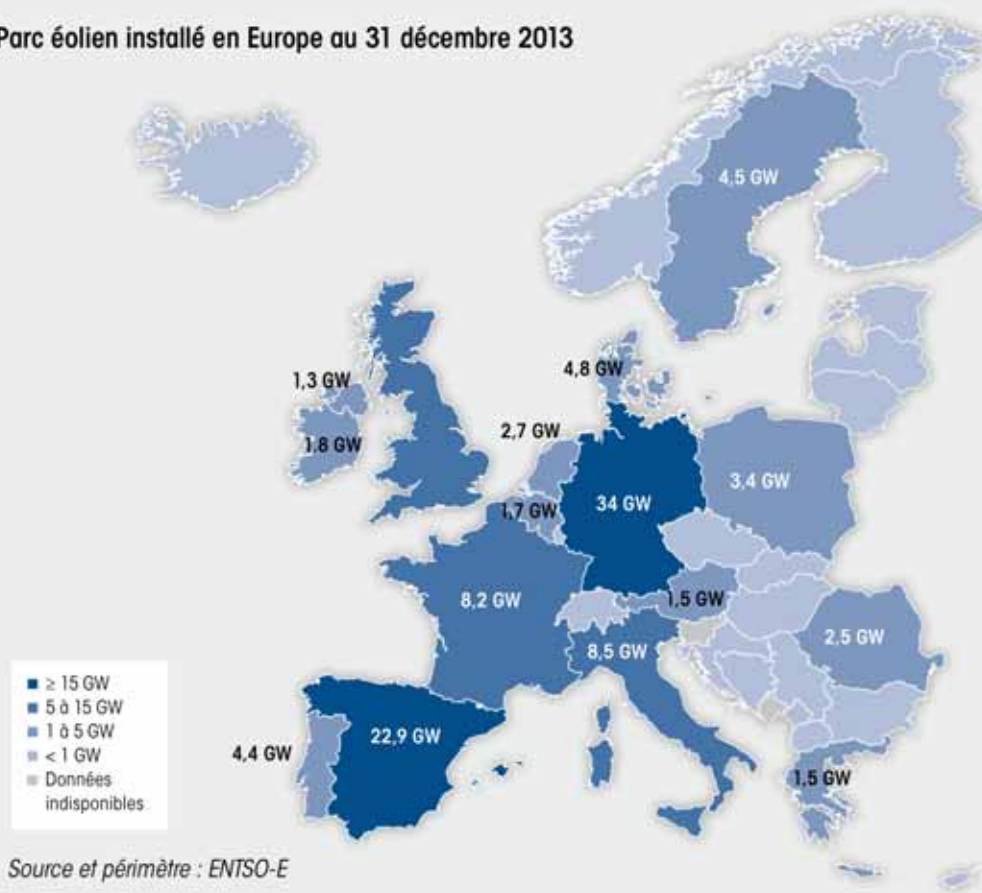
# 5. Principaux chiffres de la filière éolienne en Europe

## Le parc éolien installé

Au 31 décembre 2013, la puissance éolienne installée s'élève à près de 114 GW dans les pays européens membres de l'ENTSO-E. Avec 34 GW installés, l'Allemagne possède le parc le plus important devant celui de l'Espagne (22,9 GW) et de l'Italie (8,5 GW). Après

la Grande-Bretagne, la France possède la cinquième capacité installée d'Europe avec 8,2 GW. Le Danemark dispose, quant à lui, d'un parc de près de 5 GW. L'ensemble des parcs éoliens de ces six pays représente plus de 75 % de la capacité installée en Europe.

Parc éolien installé en Europe au 31 décembre 2013



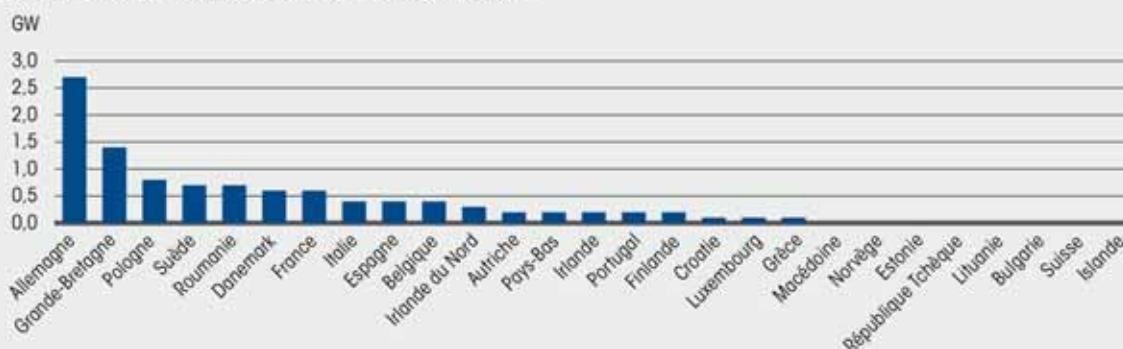
Source et périmètre : ENTSO-E

S'agissant de la croissance annuelle du parc, l'Allemagne connaît en 2013 la plus importante augmentation en puissance, avec 2,7 GW de capacités supplémentaires raccordées. Elle est suivie par la Grande-Bretagne(\*) – avec 1,4 GW – puis la Pologne et ses 0,8 GW. Avec 0,6 GW raccordé en 2013, la croissance de son parc éolien place la France au septième rang européen.

Le taux de croissance du parc éolien allemand en 2013 est de 8 % ; celui de l'Espagne n'est que de 2 %. Le taux de croissance de la puissance installée dépasse 50 % dans deux pays : la Finlande et la Hongrie qui ont vu leur parc croître respectivement de 0,2 et 0,1 GW.

(\*) A la date de publication du Panorama, les données éoliennes relatives à la Grande-Bretagne ne couvrent pas 100 % du territoire

### Puissance éolienne raccordée en 2013 en Europe



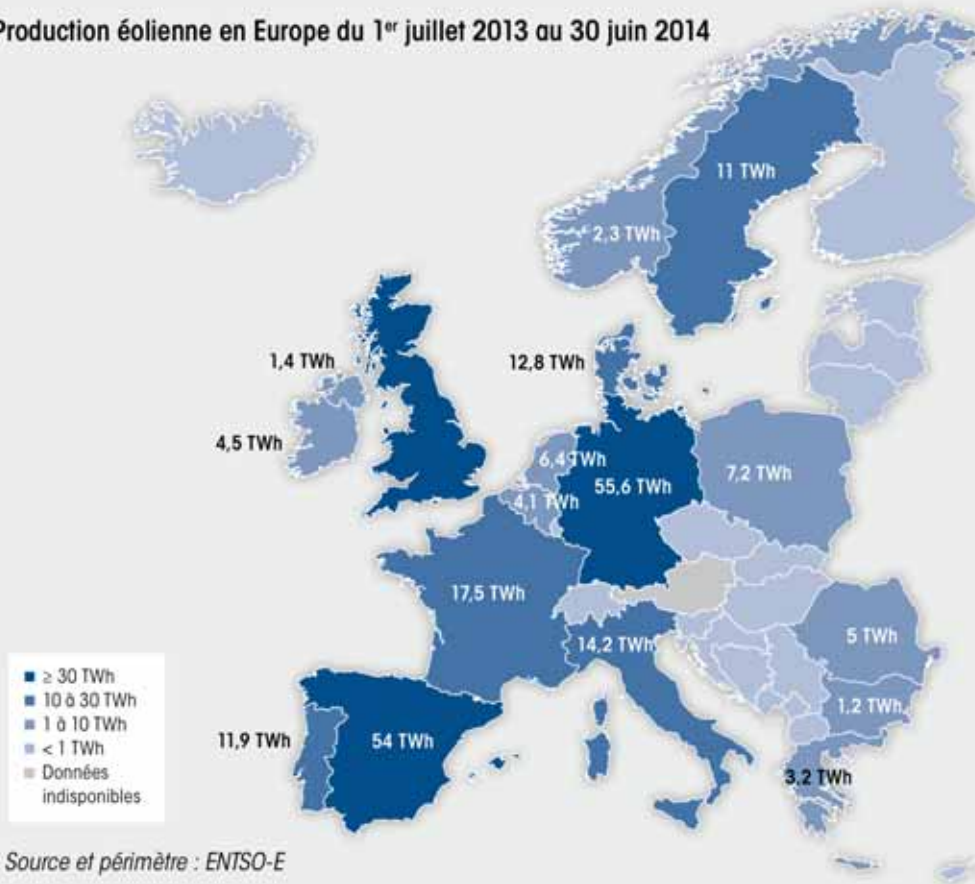
Source et périmètre : ENTSO-E. Seuls les pays ayant raccordé plus de 1 MW en 2013 sont présents

## La production éolienne

Du 1<sup>er</sup> juillet 2013 au 30 juin 2014, quatre pays européens ont eu une production supérieure à 15 TWh : l'Allemagne (55,6 TWh), l'Espagne (54 TWh), la Grande-Bretagne et la France (17,5 TWh).

À l'échelle de l'ENTSO-E, la production sur cette période a été de 249 TWh, soit une hausse de 11 % par rapport à la production sur l'année 2013.

### Production éolienne en Europe du 1<sup>er</sup> juillet 2013 au 30 juin 2014



Source et périmètre : ENTSO-E

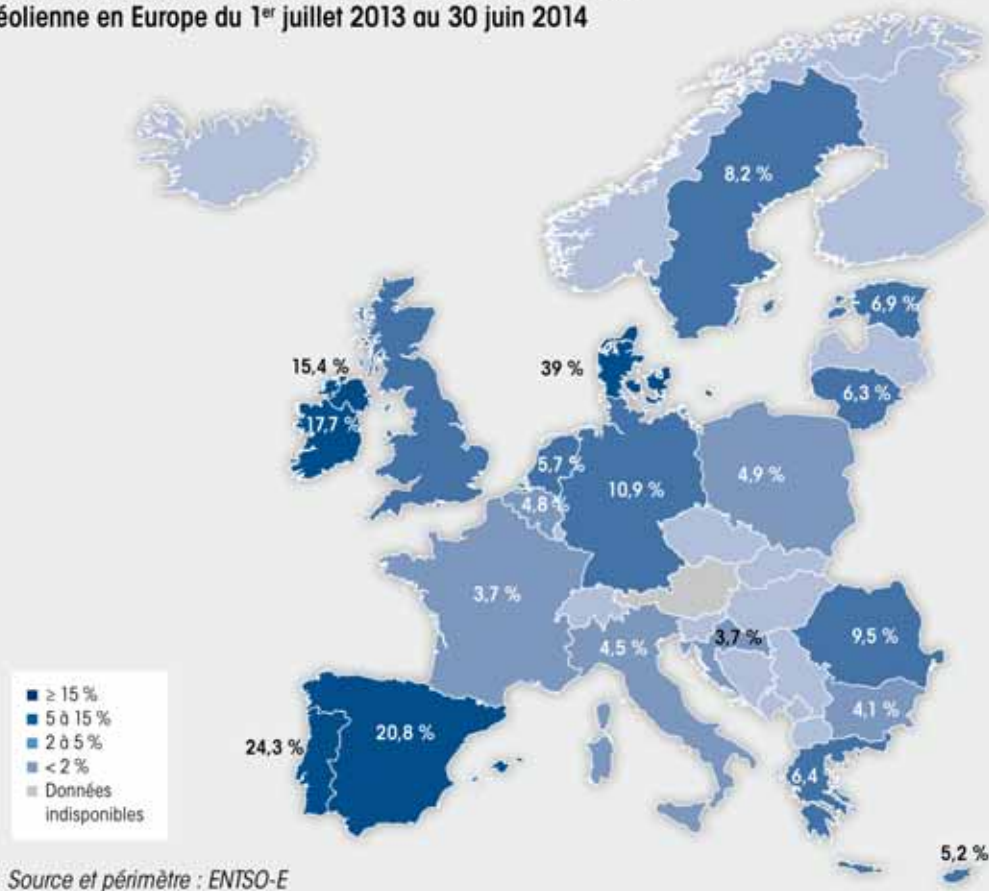
(\*) A la date de publication du Panorama, les données éoliennes relatives à la Grande-Bretagne ne couvrent pas 100% du territoire

# La couverture de la consommation électrique par la production éolienne

La production éolienne a permis de répondre à 7,7 % de la consommation d'électricité dans les pays européens membres de l'ENTSO-E, soit une hausse de 1 point par rapport à l'année 2013. Le Danemark, pays où la production éolienne participe le plus à la

consommation avec 39 %, est suivi par le Portugal avec un taux de 24,3 %, puis par l'Espagne avec 20,8 % et l'Irlande avec 17,7 %. L'Allemagne se situe en sixième position avec 10,9 %, tandis que la France, avec 3,7 %, se situe au vingtième rang.

Taux de couverture de la consommation par la production éolienne en Europe du 1<sup>er</sup> juillet 2013 au 30 juin 2014





# Focus : l'industrie éolienne française

**L'industrie éolienne française est au service des développeurs de projets et des exploitants d'installations éoliennes. Elle est composée de fabricants d'éoliennes terrestres et offshore, de fournisseurs de composants pour ces machines, ainsi que de prestataires de services techniques et industriels pour les infrastructures des parcs éoliens et l'exploitation-maintenance des installations.**

## **L'industrie éolienne terrestre**

Les fabricants d'éoliennes terrestres français sont aujourd'hui minoritaires sur le marché, avec dans leur offre des produits très spécifiques : VERGNET fabrique en région Centre des éoliennes anticycloniques, particulièrement adaptées aux régions ultramarines, et DDIS fabrique en Nord-Pas-de-Calais des éoliennes mettant en œuvre une technologie innovante dite « à entraînement direct modulaire ». Sur le marché français, la fourniture d'éoliennes terrestres est dominée par les constructeurs allemands ENERCON, SENVION, et NORDEX, ainsi que par le danois VESTAS qui est par ailleurs le leader mondial du marché. D'autres fabricants d'éoliennes terrestres sont actifs sur le marché français, parmi lesquels : SIEMENS, GENERAL ELECTRIC, ALSTOM, GAMESA... De nombreux industriels complètent le spectre d'activités des fabricants d'éoliennes (Nexans pour les câbles électriques, Leroy-Somer pour les génératrices, NTN-SNR pour les roulements, GKN-Stromag pour les freins...), par l'exécution des travaux d'infrastructure des parcs éoliens (voiries et fondations), par la réalisation des raccordements électriques (enfouissement des câbles et installation des postes électriques), ou encore par le transport et le montage des éoliennes. Enfin les activités de contrôle et d'entretien des éoliennes font appel à de nombreux prestataires de services industriels, tout au long de la vie des installations.

## **L'industrie éolienne offshore**

Le filière offshore française est en pleine structuration, suite à l'attribution de projets éoliens en mer de plusieurs centaines de mégawatts en Normandie, en Bretagne et en Pays de la Loire. Les consortiums qui portent ces projets ont pris des engagements industriels auprès de l'Etat, et les fournisseurs d'éoliennes qu'ils ont retenus travaillent à l'implantation de plusieurs usines sur le territoire. Ainsi ALSTOM a implanté une usine pour des nacelles d'éoliennes Haliade de 6 MW à Montoir-de-Bretagne, à côté de Saint-Nazaire, et prévoit par ailleurs l'implantation de deux usines à Cherbourg, une pour les mâts de ses éoliennes et l'autre pour ses pales. De son côté AREVA projette l'implantation de plusieurs

usines au Havre pour la fabrication de ses éoliennes de 5 MW et 8 MW, parmi lesquelles une usine d'assemblage de nacelles, une usine de pales, ainsi que plusieurs usines pour ses fournisseurs de génératrices, de multiplicateurs, de roulements et de mâts. Une partie de ces mâts doit par ailleurs être réalisée dans une autre usine, prévue à Dunkerque.

Les fondations des éoliennes représentent près d'un quart de l'investissement dans les projets offshore. Les solutions techniques retenues ne seront pas du même type pour l'ensemble des projets, car le dimensionnement des fondations dépend des caractéristiques physiques des sites d'implantation. Ainsi les porteurs des projets prévoient de faire appel à plusieurs des grandes familles de fondations d'éoliennes offshore, comme les fondations gravitaires en béton, ou les monopieux et les jackets en acier. Plusieurs groupes français ont engagé des investissements dans différents ports afin de répondre aux besoins du développement éolien offshore en Europe, parmi lesquels Eiffage Construction Métallique, STX France ou encore Bouygues Travaux Publics.

## **La structuration industrielle de la filière éolienne : Windustry France**



Windustry France est l'outil de structuration industrielle de la filière éolienne, soutenu par l'Etat et piloté par les acteurs

de la filière au travers du Syndicat des énergies renouvelables. Le cœur du projet consiste en l'accompagnement individualisé de cinquante entreprises, en vue de faire évoluer leurs procédés industriels et d'obtenir des marchés auprès des donneurs d'ordres de la filière éolienne, diversifiant ainsi leur activité et développant le tissu d'emplois.

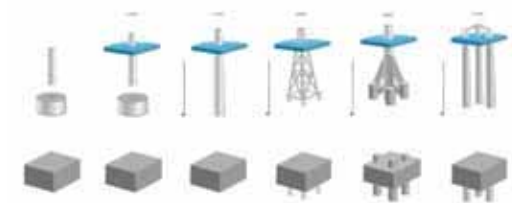
L'objectif du projet Windustry France est de renforcer l'offre industrielle française mise à la disposition des fabricants d'éoliennes. Alors que l'on estime aujourd'hui la part de composants d'origine française à environ 25 % dans les éoliennes installées sur le territoire, l'offre industrielle Windustry France doit



couvrir l'ensemble des composants et permettre aux différents fabricants d'augmenter la part de composants français jusqu'à 50 %, voire 75 % ou plus. A titre d'exemple le fabricant d'éoliennes terrestres et offshore SIEMENS, qui est membre du comité de pilotage Windustry France, fait déjà appel à des fournisseurs de composants français pour des mâts, des couronnes d'orientation, des freins, des composants électriques ou encore des textiles techniques pour ses pales. Windustry France vise notamment à

renforcer l'offre industrielle française sur les autres composants des pales, sur les pièces de fonderie et de forge, les coques de nacelle en composites, les structures mécano-soudés et nombre des autres composants mécaniques, électriques et électronique qui composent une éolienne. Windustry France participe ainsi, avec le soutien de l'Etat, à concrétiser l'engagement des professionnels de la filière éolienne : créer 50 000 emplois d'ici 2020.

**Représentation graphique de la nomenclature Windustry France des composants d'une éolienne et de l'offre industrielle française**



# LA FILIÈRE PHOTOVOLTAÏQUE EN 2014

<b>1. Chiffres clefs et actualités</b>	
1.1. Chiffres clefs.....	34
1.2. Actualités.....	34
<b>2. Le parc photovoltaïque en France</b>	
2.1. Parc photovoltaïque raccordé au 31 décembre 2014 .....	35
2.2. Répartition régionale du parc photovoltaïque .....	36
2.3. Répartition des installations par tranche de puissance .....	39
2.4. Technologies de production photovoltaïque .....	40
<b>3. Les perspectives de croissance du parc photovoltaïque</b>	
3.1. File d'attente pour le raccordement aux réseaux publics de transport et de distribution .....	42
3.2. Evolution de la file d'attente de raccordement sur le réseau d'ERDF depuis 2009 .....	43
3.3. File d'attente par rapport aux objectifs nationaux et régionaux.....	44
<b>4. La production photovoltaïque dans l'équilibre offre-demande</b>	
4.1. Production et facteur de charge du parc photovoltaïque .....	45
4.2. Répartition régionale de la production et du facteur de charge .....	46
4.3. Participation à la couverture de la consommation .....	49
4.4. Caractéristiques de la production photovoltaïque .....	51
4.5. Maîtrise des flux de production photovoltaïque .....	52
<b>5. Principaux chiffres de la filière solaire en Europe</b> .....	53

# 1. Chiffres clefs et actualités

## 1.1. Chiffres clefs

### Installations photovoltaïques raccordées au 31 décembre 2014

- Le parc photovoltaïque raccordé représente une puissance de **5 292 MW** dont **338 MW** sur le réseau de RTE, **4 590 MW** sur le réseau d'ERDF et **262 MW** sur les réseaux des ELD ;
- Le parc photovoltaïque raccordé en 2014 progresse de **927 MW** contre **639 MW** durant l'année 2013. Ce volume raccordé lors de l'année 2014 représente une progression du parc de **21 %**.

### File d'attente des raccordements au 31 décembre 2014

- La file d'attente de raccordement des installations photovoltaïques aux réseaux de RTE et d'ERDF est de **2 105 MW** au 31 décembre 2014 contre **2 415 MW** au 31 décembre 2013.

### Production photovoltaïque en 2014

- La production photovoltaïque en 2014 s'élève à **5,9 TWh** soit une progression de **27 %** par rapport à l'année précédente ;
- Le facteur de charge moyen pour l'année 2014 est de **14 %** ;
- Le taux moyen de couverture de la consommation par la production photovoltaïque est de **1,3 %** en 2014.

## 1.2. Actualités

Depuis mars 2011, le tarif d'achat est indexé tous les trimestres en fonction du volume des projets entrés dans le mécanisme de soutien lors du trimestre précédent. Le tarif est également fonction du degré d'intégration des panneaux photovoltaïques dans le bâti et de la puissance de l'installation. Au-delà de 100 kWc, le système de soutien passe par des appels d'offres. La procédure est accélérée pour les installations de puissance comprise entre 100 et 250 kWc et ordinaire au-delà.

### Suppression de la bonification tarifaire pour les installations inférieures à 100 kWc

En janvier 2013, une bonification tarifaire allant jusqu'à 10 % avait été mise en place pour les installations de puissance inférieure à 100 kWc qui comportent des modules dont les étapes clés de fabrication sont localisées en Europe. Cette bonification a été supprimée en avril 2014 suite à une mise en demeure de l'Etat français par la Commission européenne. Une revalorisation du tarif pour les installations inférieures à 100 kWc a été annoncée à l'été 2014 par la Ministre Ségolène Royal et confirmée en janvier 2015.

### Appel d'offres pour les installations supérieures à 100 kWc

Un nouvel appel d'offres pour les installations de puissance supérieure à 250 kWc a été lancé fin novembre 2014, pour une puissance cible de 400 MW. Le lancement d'un nouvel appel d'offres pour les installations de 100 à 250 kWc est attendu prochainement.

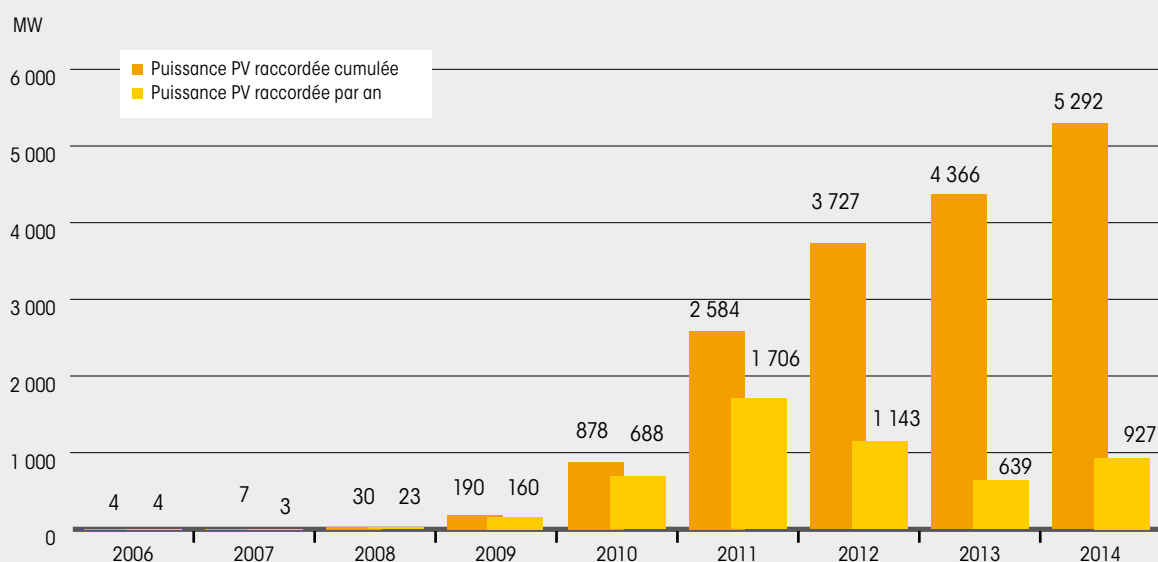
## 2. Le parc photovoltaïque en France

### 2.1. Parc photovoltaïque raccordé au 31 décembre 2014

Le parc photovoltaïque de France métropolitaine s'élève à 5 292 MW, soit une progression de 21 % depuis décembre 2013. Le volume raccordé durant l'année est de 927 MW. Ce volume correspond à une augmentation de 288 MW par rapport au volume raccordé en 2013, soit une hausse de 45 %.

Le parc photovoltaïque est en majorité raccordé sur le réseau public de distribution (94 %) avec 4 590 MW sur le réseau d'ERDF, 262 MW sur les réseaux des ELD et 102 MW sur le réseau d'EDF-SEI en Corse. Le réseau de RTE accueille, avec 338 MW, 6 % de la puissance photovoltaïque installée.

Evolution du parc photovoltaïque raccordé aux réseaux depuis 2006

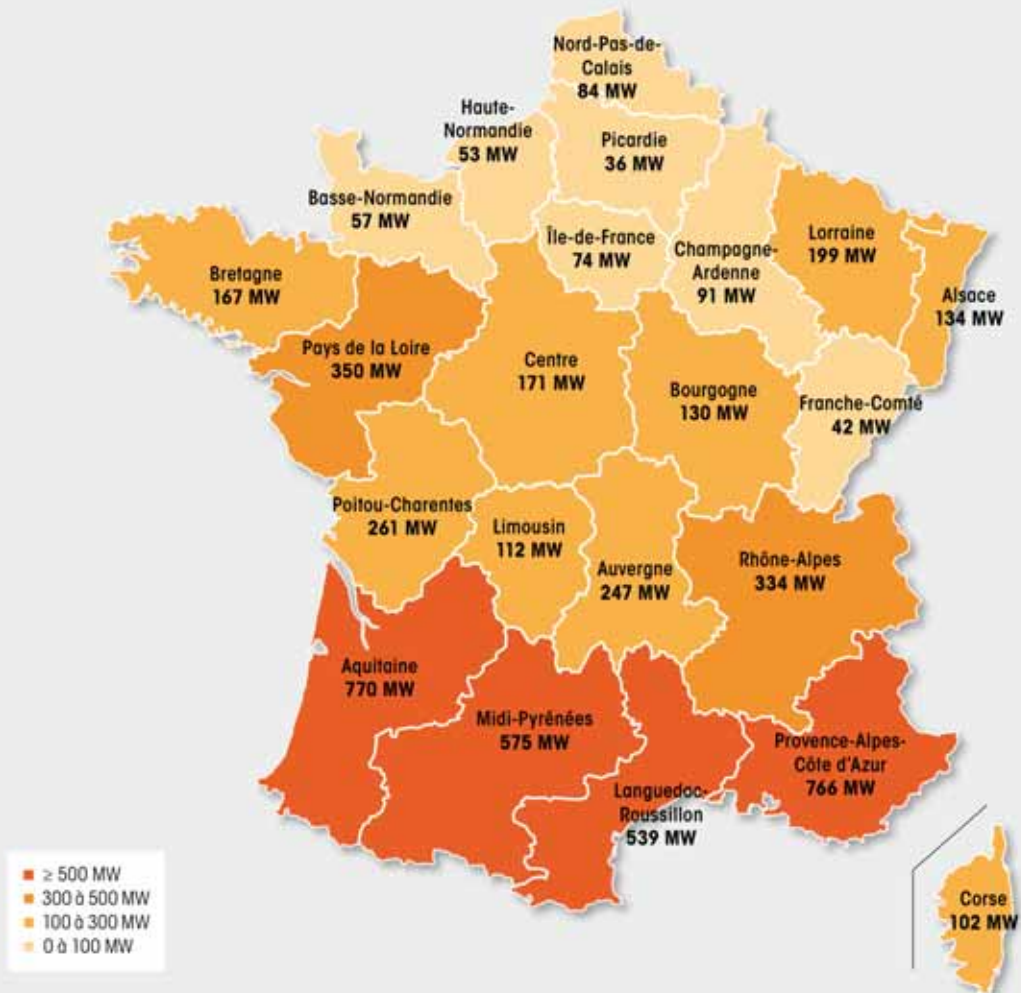


## 2.2. Répartition régionale du parc photovoltaïque

La région Aquitaine, grâce à ses 283 MW raccordés en 2014, devient la région qui accueille le parc photovoltaïque le plus important avec 770 MW. Elle est suivie par Provence-Alpes-Côte-d'Azur, Midi-Pyrénées et Languedoc-Roussillon qui dépassent les 500 MW raccordés chacune. Ces quatre régions accumulent la moitié de la puissance photovoltaïque raccordée en France métropolitaine.

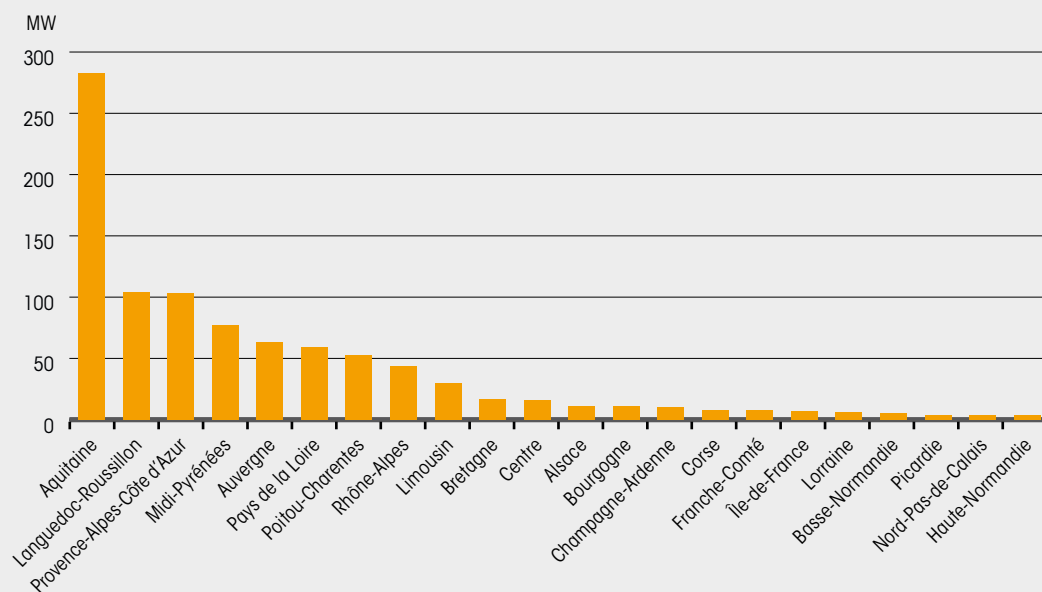
Cinq régions concentrent plus de deux tiers des nouvelles capacités raccordées en 2014, soit 629 MW sur les 927 MW raccordés en France métropolitaine. Avec 283 MW installés, la région Aquitaine est celle dont le parc photovoltaïque a le plus augmenté en 2014.

Parc photovoltaïque raccordé aux réseaux par région au 31 décembre 2014

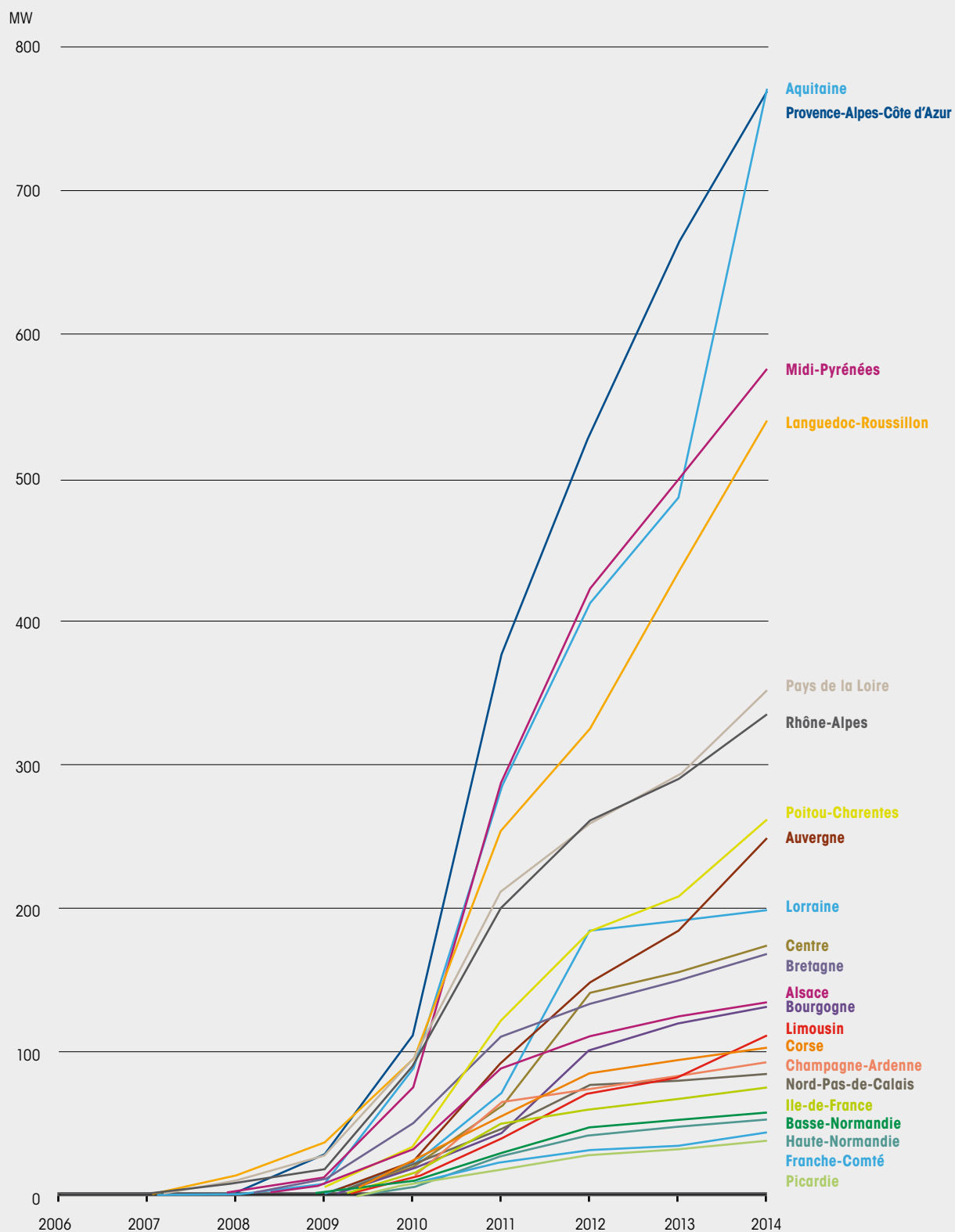




## Répartition régionale des nouvelles puissances photovoltaïques raccordées au cours de l'année 2014



## Evolution des installations photovoltaïques raccordées aux réseaux par région depuis 2006



## 2.3. Répartition des installations par tranche de puissance

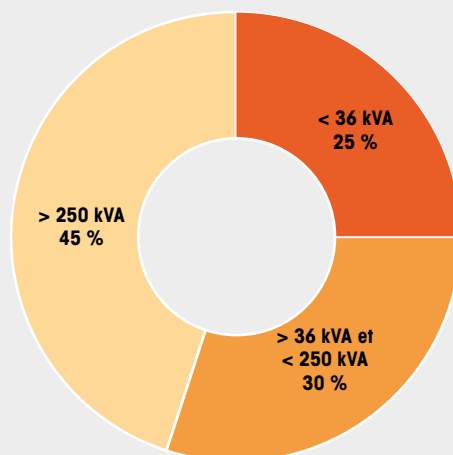
Le parc installé se segmente en trois niveaux de puissance correspondant à la nature de l'installation :

- Les installations de puissance inférieure ou égale à 36 kVA : ces installations sont raccordées sur le réseau BT et sont principalement situées sur des habitations. On en dénombre plus de 320 000, soit plus de 97 % du parc total et en puissance 25 %. La puissance moyenne de ces installations est de 4 kW ;
- Les installations de puissance comprise entre 36 et 250 kVA : ces installations sont raccordées sur le réseau BT et sont principalement situées sur des bâtiments industriels de

grande taille, des parkings ou des serres. Elles représentent en puissance 30 % du parc total. La puissance moyenne de ces installations est de 116 kW ;

- Les installations de puissance supérieure à 250 kVA : ces installations sont raccordées sur le réseau HTA ou HTB. Ce sont majoritairement des installations au sol occupant plusieurs hectares. Elles représentent en puissance plus de 45 % du parc total. Pour celles raccordées au réseau HTA, leur puissance moyenne est de 2,4 MW.

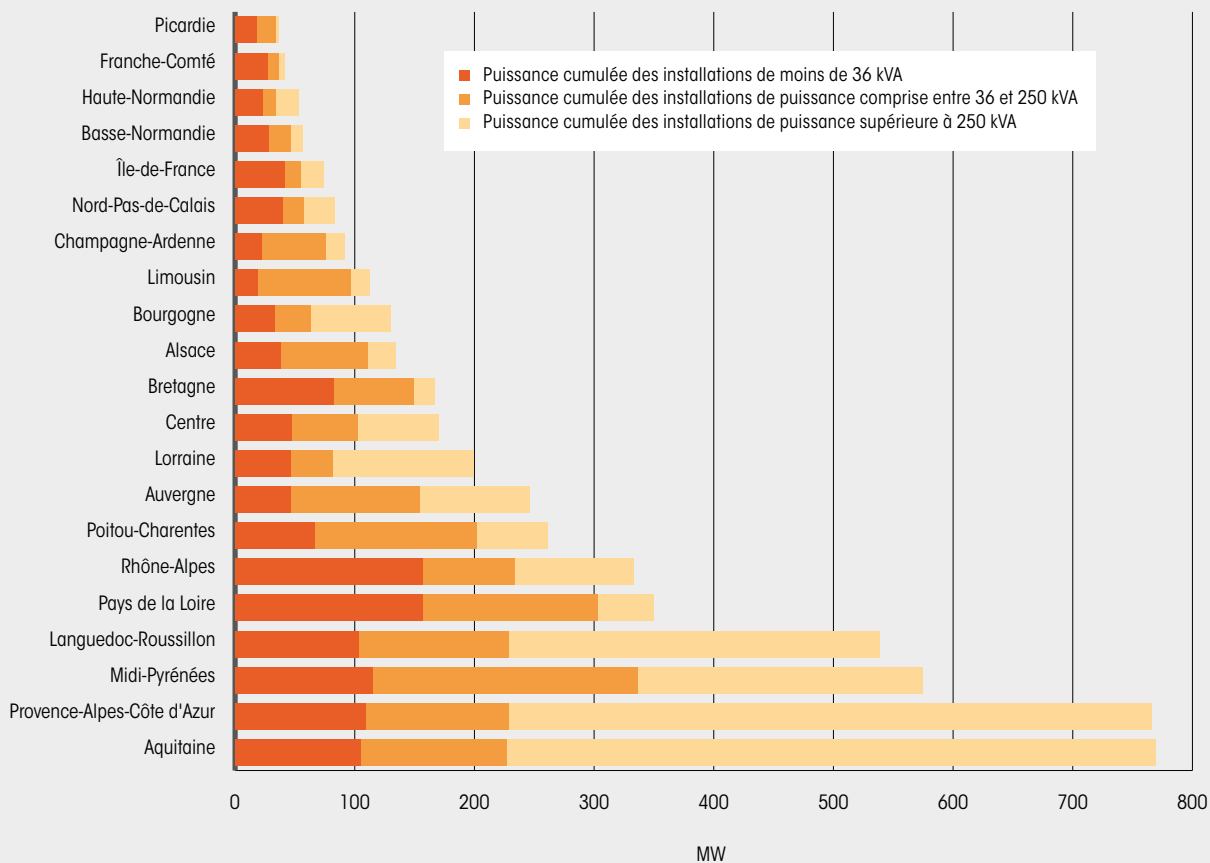
Répartition de la puissance photovoltaïque raccordée en France continentale par segment de raccordement au 31 décembre 2014



Cinq régions concentrent la moitié de la puissance installée en BT : Midi-Pyrénées (337 MW), Pays de la Loire (303 MW), Rhône-Alpes (234 MW), Provence-Alpes-Côte d'Azur (229 MW), et Aquitaine (227 MW).

La répartition des parcs régionaux par type d'installations varie fortement d'une région à l'autre. Ainsi, la région Aquitaine voit sa puissance majoritairement constituée de centrales au sol, alors que, la région Pays de la Loire (5<sup>ème</sup> puissance) possède une forte majorité d'installations de faible puissance.

## Répartition des parcs photovoltaïques régionaux par segment de raccordement au 31 décembre 2014



Les données relatives à la Corse ne sont pas disponibles

## 2.4. Technologies de production photovoltaïque

L'effet photovoltaïque désigne la propriété de certains semi-conducteurs qui génèrent un courant électrique quand ils sont exposés à la lumière du soleil. Ces propriétés sont mises en œuvre dans la production d'électricité à partir d'installations solaires photovoltaïques.

### Caractérisation et composants d'une installation photovoltaïque

Les composants clés d'une installation photovoltaïque sont :

- Les cellules photovoltaïques (le plus petit élément de production d'électricité) ;
- Les modules photovoltaïques (ensemble de cellules interconnectées et isolées de l'environnement extérieur, encore désigné par les termes « panneaux solaires ») ;

- Les onduleurs (dont la fonction est de transformer en courant alternatif le courant continu généré par les modules) ;
- Les autres matériels électriques et électroniques (acheminement du courant, protection des biens et des personnes, monitoring, batteries le cas échéant, etc.) ;
- Les structures du support.

Une installation photovoltaïque peut être implantée sur des bâtiments de toute nature ou au sol, et peut être raccordée au réseau électrique. La taille des installations varie de quelques kW (segment résidentiel par exemple), à plusieurs centaines de kW (segment des bâtiments professionnels de taille moyenne à grande) ou plusieurs MW (très grands bâtiments ou parcs au sol).

## Les familles de cellules photovoltaïques

- Les cellules en silicium cristallin  
Ce type de cellule est constitué de fines plaques de silicium, élément chimique abondant et qui s'extrait notamment du sable ou du quartz. Le silicium est obtenu à partir d'un seul cristal ou de plusieurs cristaux : on parle alors de cellules monocristallines ou multicristallines. Les cellules en silicium cristallin sont d'un bon rendement<sup>(\*)</sup> (de 14 à 15 % pour le multicristallin et de près de 16 à 21 % pour le monocristallin). Elles représentent près de 90 %<sup>(\*\*)</sup> du marché actuel.
- Les cellules en couches minces  
Les cellules en couches minces sont fabriquées en déposant une ou plusieurs couches semi-conductrices et photosensibles sur un support de verre, de plastique ou d'acier. Cette technologie permet de diminuer le coût de fabrication, mais son rendement est inférieur à celui des cellules en silicium cristallin (il est de l'ordre de 5 à 13 %). Les cellules en couches minces les plus répandues sont en silicium amorphe, composées de silicium projeté sur un matériel souple. La technologie des cellules en couches minces connaît actuellement un fort développement, sa part de marché étant passée de 2 %, il y a quelques années, à plus de 10 %<sup>(\*\*)</sup> aujourd'hui.
- Les autres types de cellules
  - Les cellules à concentration : elles sont placées au sein d'un foyer optique qui concentre la lumière. Leur rendement est élevé, de l'ordre de 20 à 30 %, mais elles doivent absolument être placées sur un support mobile afin d'être constamment positionnées face au soleil.
  - Les cellules organiques : composées de semi-conducteurs organiques déposés sur un substrat de plastique ou de verre, ces cellules, encore au stade expérimental, offrent un rendement moyennement élevé (de l'ordre de 5 à 10 %) mais présentent des perspectives intéressantes de réduction de coûts.

## Raccordement d'une installation photovoltaïque

L'électricité produite par l'effet photovoltaïque au niveau des modules étant en courant continu, le réseau interne de l'installation de production intègre systématiquement un ou plusieurs onduleurs, afin de convertir cette électricité en courant alternatif, lui permettant d'être injectée sur le réseau public. L'architecture de ce réseau interne varie selon le type d'installation (bâtiment résidentiel ou tertiaire, centrale au sol...), selon la tension de raccordement et selon le choix du producteur.

- Raccordement d'une installation résidentielle  
Une installation photovoltaïque résidentielle, d'une puissance installée d'environ 3 kW, est composée d'une dizaine de modules connectés entre eux sur la toiture et raccordés au réseau public par l'intermédiaire d'un onduleur unique.
- Raccordement d'une installation « commerciale »  
Une installation sur toiture « commerciale » suit le même principe, mais est composée d'un nombre beaucoup plus important de modules photovoltaïques, généralement regroupés en chaînes (« strings ») de dizaines de modules. La puissance installée se situe généralement entre 10 et 250 kW, voire plus.
- Raccordement d'une centrale au sol  
La puissance d'une centrale photovoltaïque « au sol » va de quelques centaines de kW à plusieurs MW. Le réseau interne de l'installation intègre un ou plusieurs onduleurs (onduleur central versus onduleurs « strings ») permettant de produire un courant alternatif, ainsi qu'un transformateur dont le rôle est d'élever la tension de sortie des onduleurs à la tension de raccordement (HTA, généralement 20 kV).

(\*) Le rendement est le rapport entre l'énergie solaire captée et l'énergie électrique produite.

(\*\*) Source SER



# 3. Les perspectives de croissance du parc photovoltaïque

## 3.1. File d'attente pour le raccordement aux réseaux publics de transport et de distribution

La file d'attente de raccordement des installations photovoltaïques sur le RPT et sur le RPD est de 2 107 MW au 31 décembre 2014 contre 2 415 MW au 31 décembre 2013. Cette diminution du volume en file d'attente est due en partie à l'important volume raccordé en 2014 ainsi qu'à la baisse des demandes de raccordement constatée sur cette période. ERDF concentre plus des trois quarts de ces puissances, soit 1 616 MW. 489 MW de projets photovoltaïques sont dans la file d'attente sur le réseau de RTE.

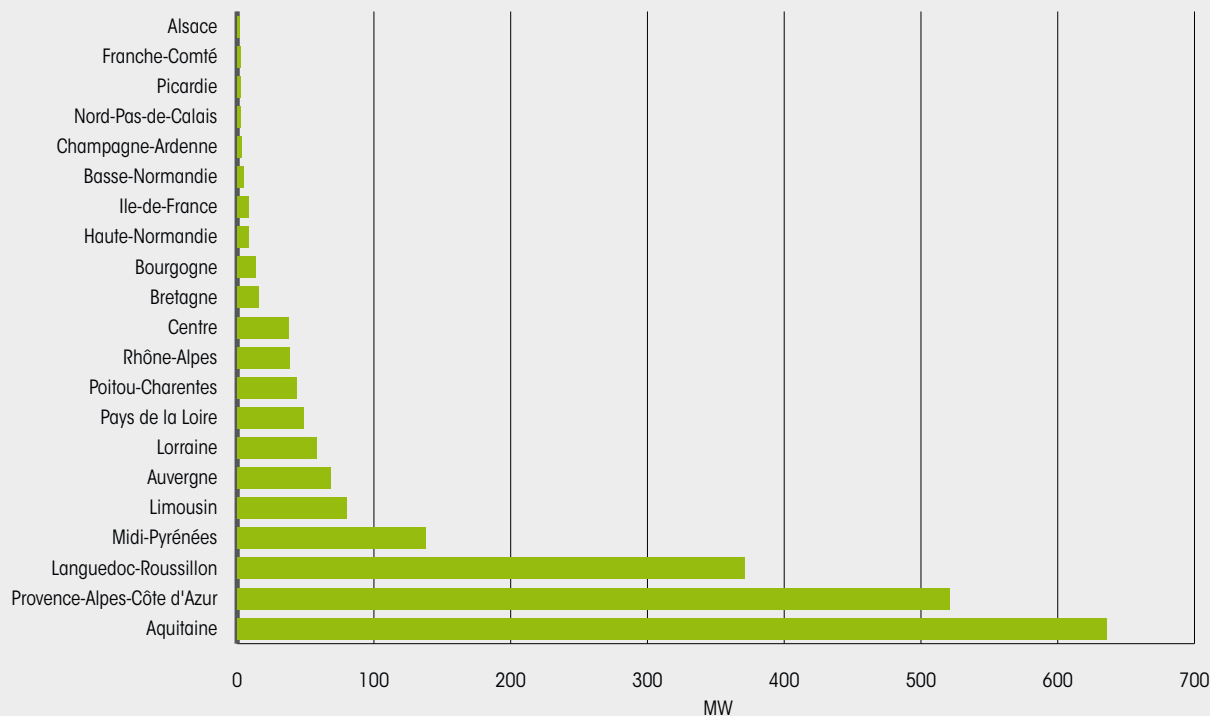
Les quatre régions Aquitaine, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées regroupent 79 % des

installations photovoltaïques en attente de raccordement avec respectivement 636 MW, 521 MW, 371 MW et 138 MW.

### Evolution de la file d'attente (MW)

	File d'attente au 31 décembre 2013	File d'attente au 31 décembre 2014
RPT	422	489
RPD	1 993	1 618
<b>Total</b>	<b>2 415</b>	<b>2 107</b>

### Répartition régionale de la file d'attente au 31 décembre 2014



Les données relatives à la file d'attente de la Corse ne sont pas disponibles

## 3.2. Evolution de la file d'attente de raccordement sur le réseau d'ERDF depuis 2009

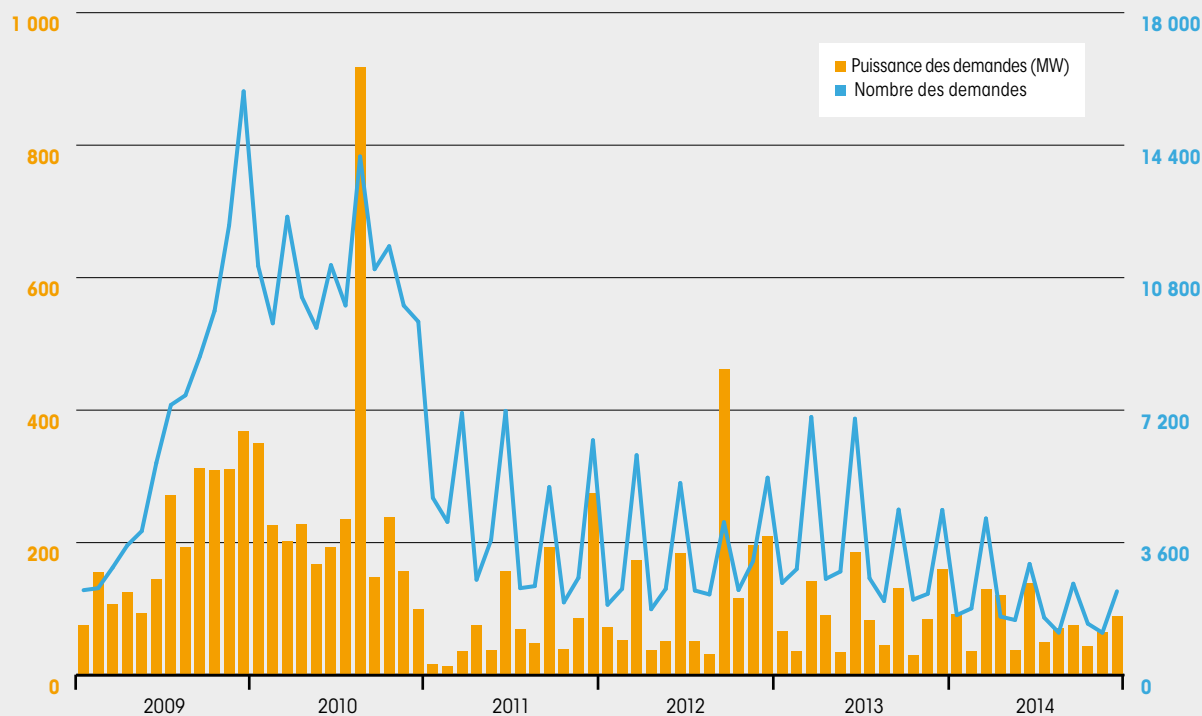
Ce graphique représente l'évolution mensuelle du nombre et de la puissance des projets photovoltaïques ayant fait l'objet de demandes de raccordement auprès d'ERDF depuis 2009.

Plusieurs périodes sont identifiables :

- Jusqu'au 12 janvier 2010, le tarif d'achat de l'énergie est fixé par l'arrêté tarifaire du 10 juillet 2006. Le nombre de demandes de raccordement n'a cessé de croître et a atteint en décembre 2009 un pic qui culmine à 15 863 demandes ;
- Entre le 12 janvier 2010 et le 9 décembre 2010, plusieurs arrêtés tarifaires se sont succédé. On constate que le nombre de demandes de raccordement est élevé : en moyenne 11 000 par mois durant cette période ;
- Entre le 9 décembre 2010 et le 11 mars 2011, période de moratoire, l'impossibilité de déposer une demande de raccordement pour les installations de plus de 3 kWc entraîne une diminution significative des demandes ;

- Depuis mars 2011, l'arrêté tarifaire en vigueur prévoit une révision trimestrielle des différents tarifs d'achat (en fonction de la puissance et du degré d'intégration au bâti). Les pics de demandes, qui en moyenne culminent à plus de 5 500, correspondent au mois précédant chaque révision trimestrielle.
- Depuis le 2<sup>ème</sup> trimestre de l'année 2014, on remarque une baisse du nombre de demandes de raccordement d'installations photovoltaïques qui n'impacte cependant que peu la puissance entrant en file d'attente. En effet, une diminution des demandes sur le segment des installations de puissance inférieures à 36 kVA (secteur résidentiel) est compensée par une hausse des demandes sur le segment [36 ;100] kVA.

Flux mensuel de demande de raccordement d'installations photovoltaïques depuis 2009

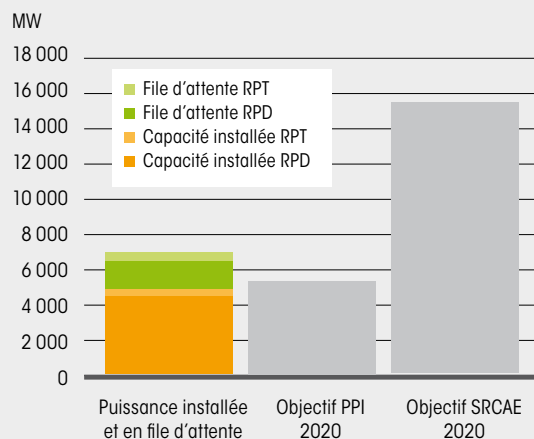


### 3.3. File d'attente par rapport aux objectifs nationaux et régionaux

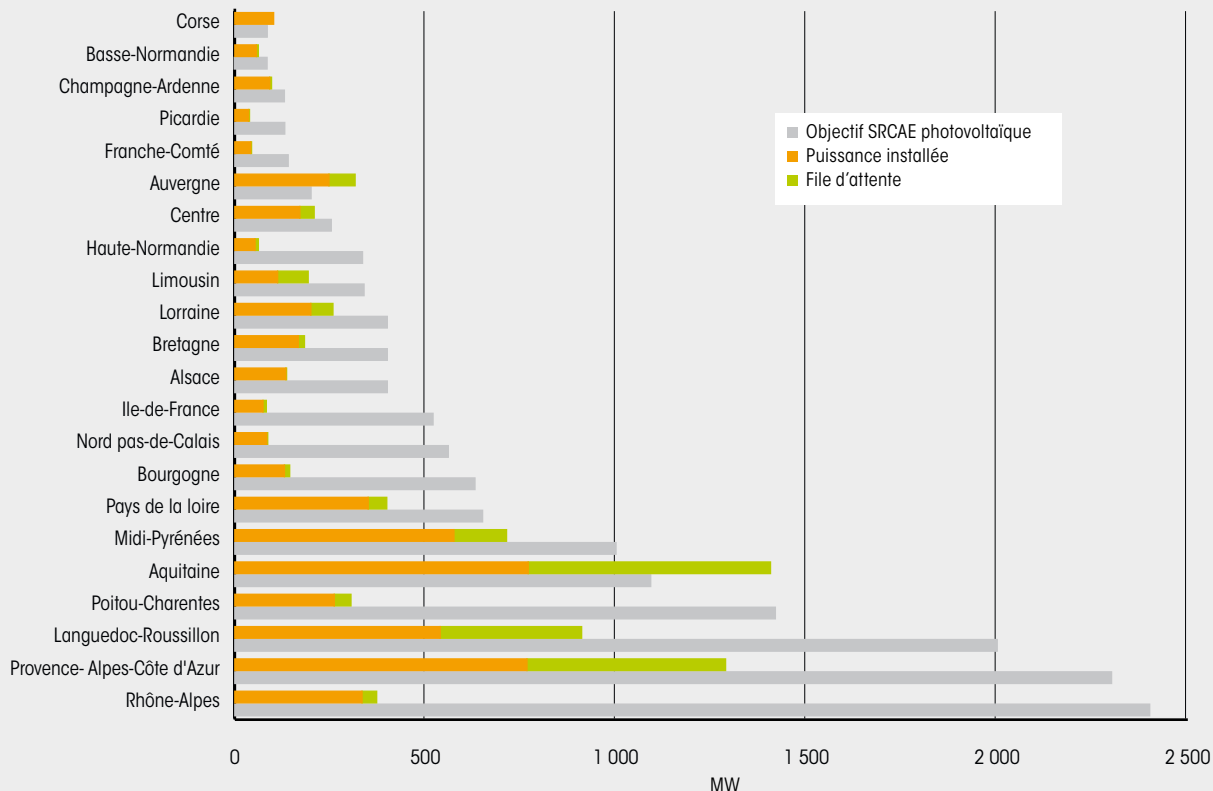
La croissance du parc constatée ces dernières années a permis d'atteindre cette année l'objectif PPI de 5 400 MW (le seuil des 5 400 MW, fixé en 2009, est atteint en intégrant la capacité installée des départements d'Outre-Mer).

Toutefois, la somme des ambitions SRCAE en matière de photovoltaïque étant de 15 500 MW, le rythme de croissance du parc photovoltaïque rendra l'atteinte des objectifs régionaux plus difficile. A l'échelle des régions administratives, il est à noter que d'ores et déjà, l'Auvergne et la Corse ont dépassé leur objectif SRCAE.

Parc photovoltaïque, file d'attente, objectif PPI et somme des objectifs régionaux SRCAE



Puissance installée et en file d'attente au 31 décembre 2014 par rapport aux objectifs SRCAE



Les données relatives à la file d'attente de la Corse ne sont pas disponibles

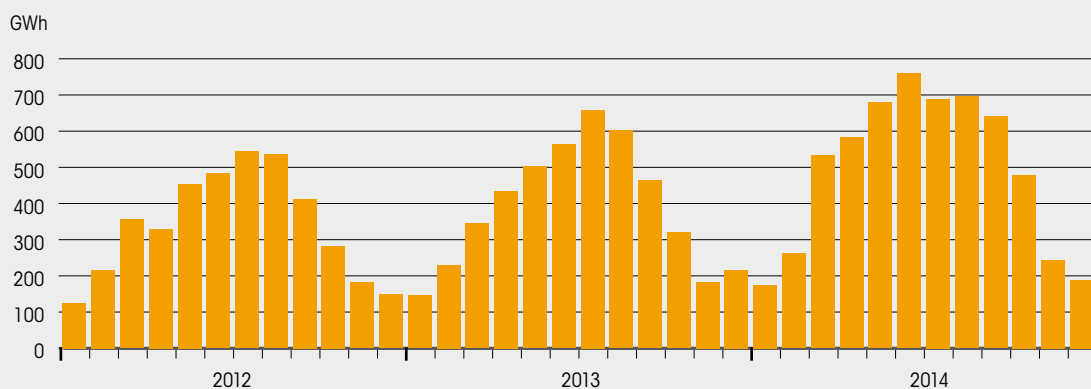
# 4. La production photovoltaïque dans l'équilibre offre-demande

## 4.1. Production et facteur de charge du parc photovoltaïque

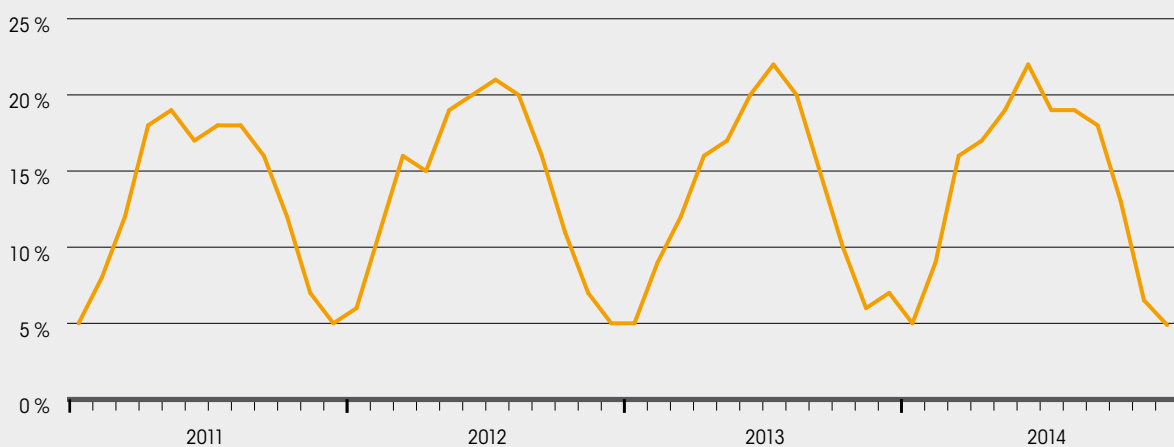
La production photovoltaïque en 2014 est de 5,9 TWh. Le pic de production a été atteint avec 3 700 MW le 17 mai à 13h30 pour

un facteur de charge de 80%. Le facteur de charge moyen en 2014 est, quant à lui, de 14 %.

Production photovoltaïque mensuelle depuis 2012



Facteur de charge photovoltaïque mensuel moyen depuis 2011

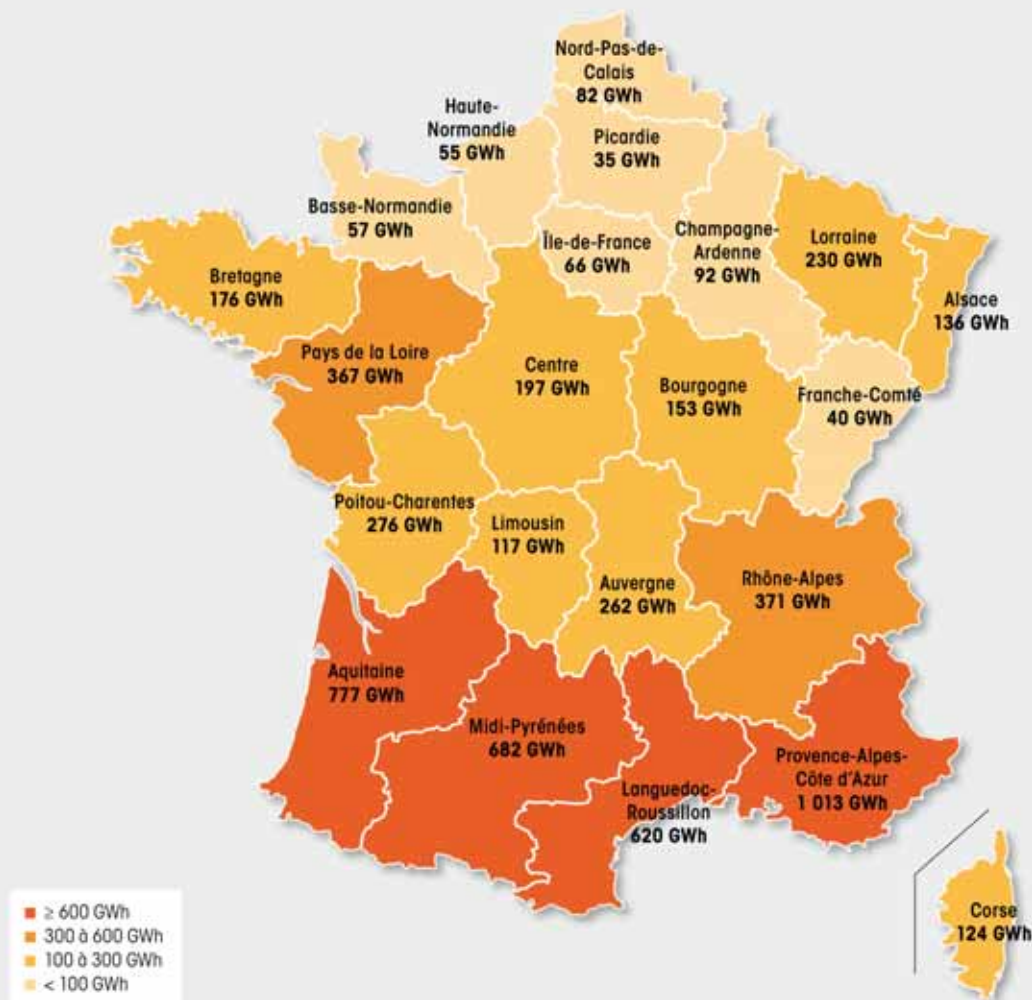


## 4.2. Répartition régionale de la production et du facteur de charge

La moitié de la production photovoltaïque de France métropolitaine en 2014 est assurée par quatre régions : Provence-Alpes-Côte d'Azur (1 013 GWh), Aquitaine (777 GWh), Midi-Pyrénées (682 GWh), Languedoc-Roussillon (620 GWh).

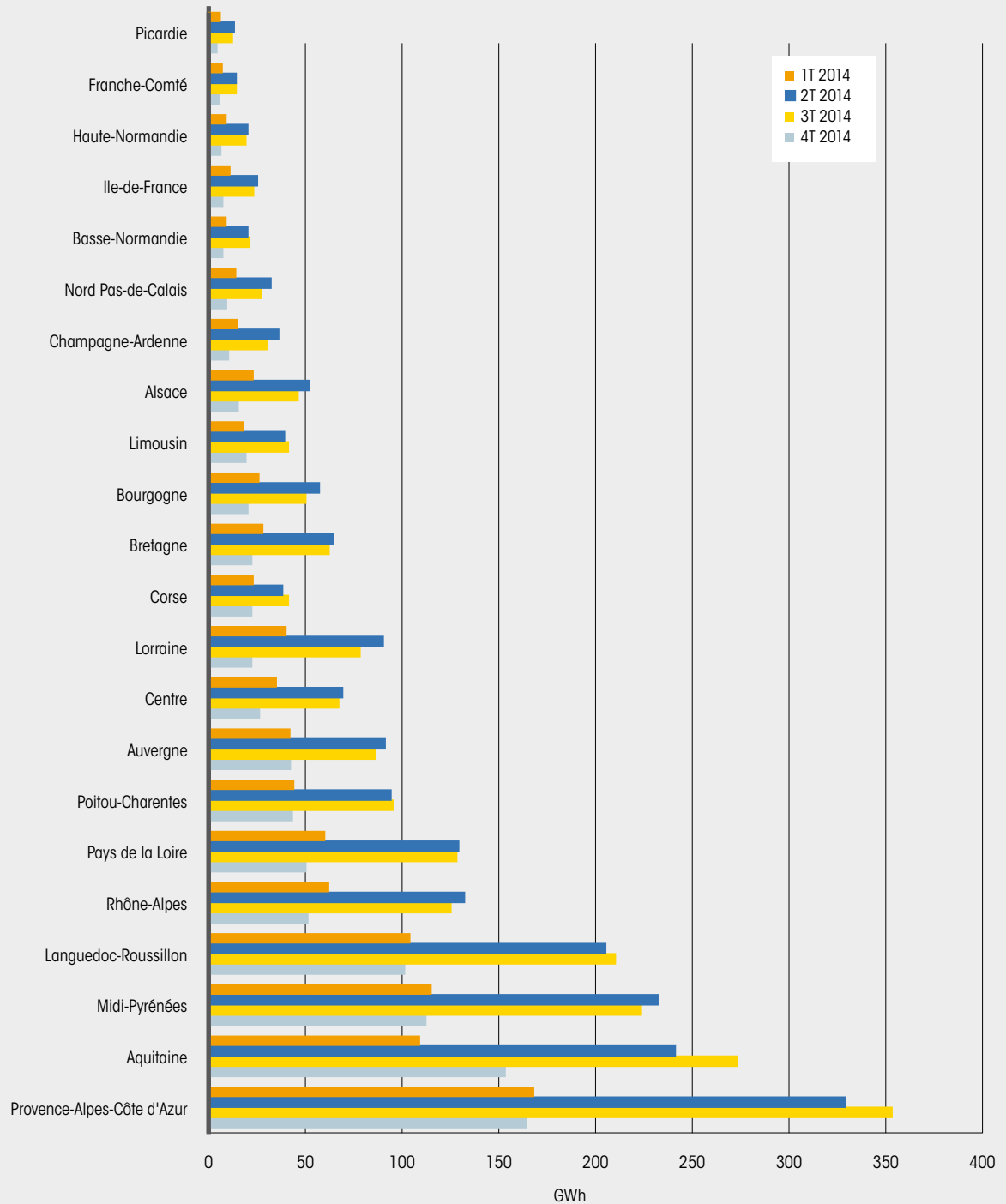
La région Provence-Alpes-Côte d'Azur dispose du facteur de charge le plus élevé de France métropolitaine en 2014 avec 15,8 %. Elle est suivie par cinq autres régions ayant un facteur de charge compris entre 14 et 15 %.

Production photovoltaïque par région en 2014

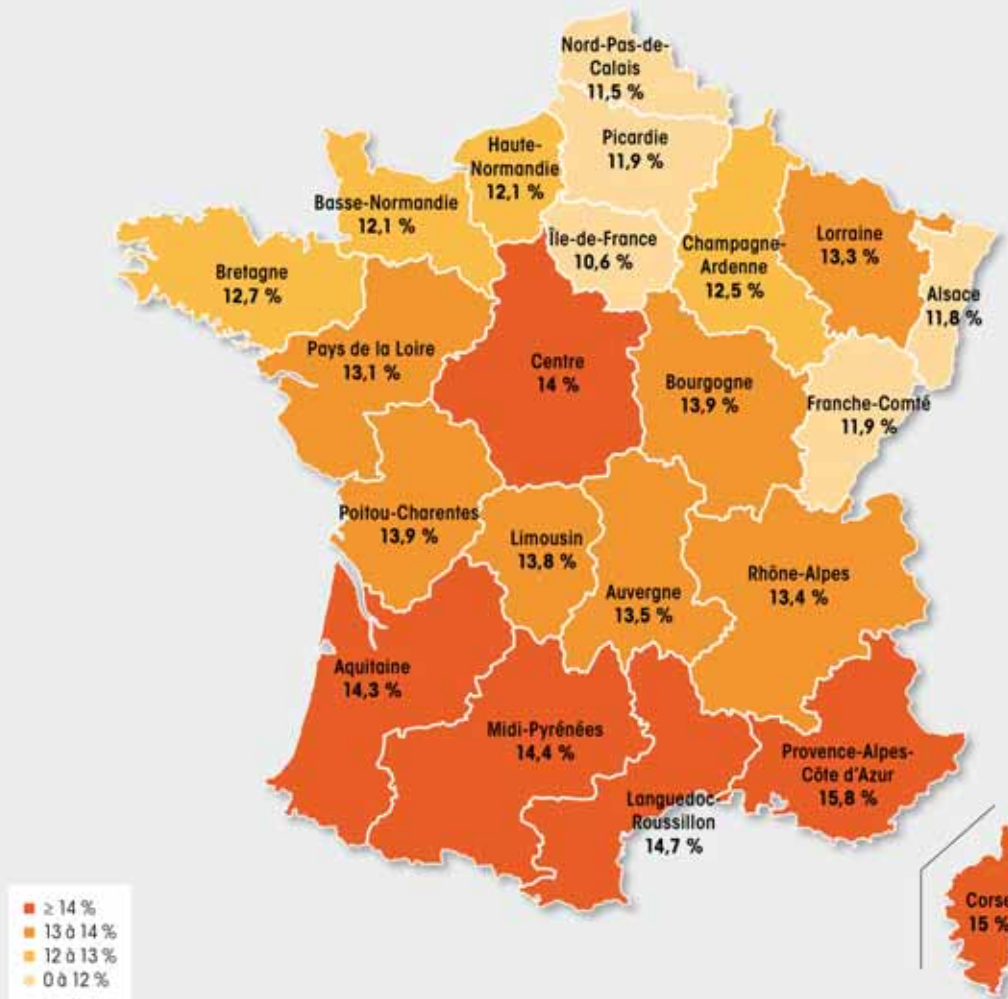




## Production photovoltaïque trimestrielle en 2014



## Facteur de charge photovoltaïque moyen en 2014



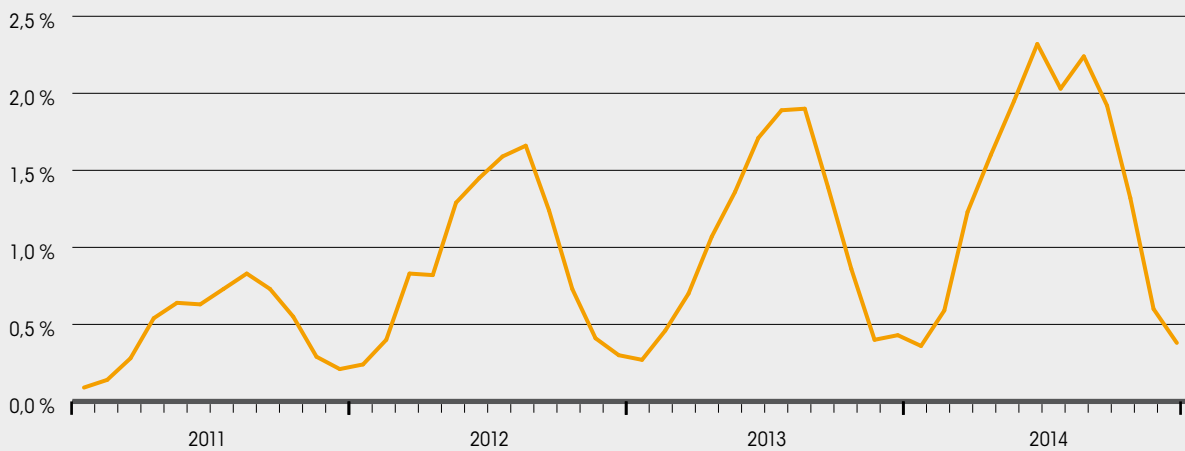
## 4.3. Participation à la couverture de la consommation

Le taux de couverture moyen de la consommation par la production photovoltaïque en 2014 s'élève à 1,3 %. Ce taux atteint 8,6 % le 18 mai 2014 à 14h00 en France continentale pour une production de 3 517 MW et une consommation de 41 264 MW.

Le taux de couverture moyen de la consommation par la production photovoltaïque en 2014 dépasse 3 % en Corse, Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées et Aquitaine. Il est compris entre 2 et 3 % dans quatre autres régions : Auvergne, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Limousin et Poitou-Charentes.

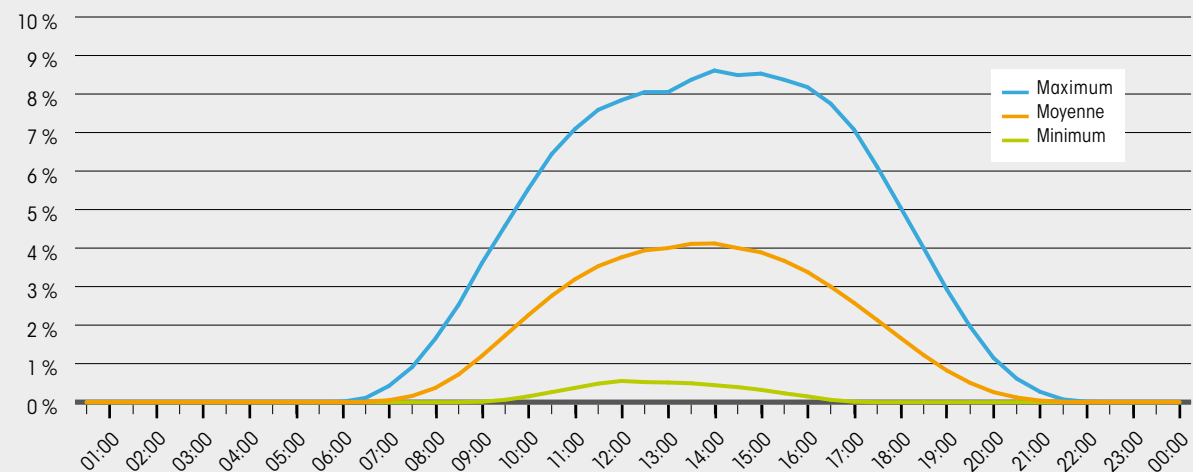
### Taux de couverture de la consommation par la production photovoltaïque depuis 2011

Moyenne mensuelle

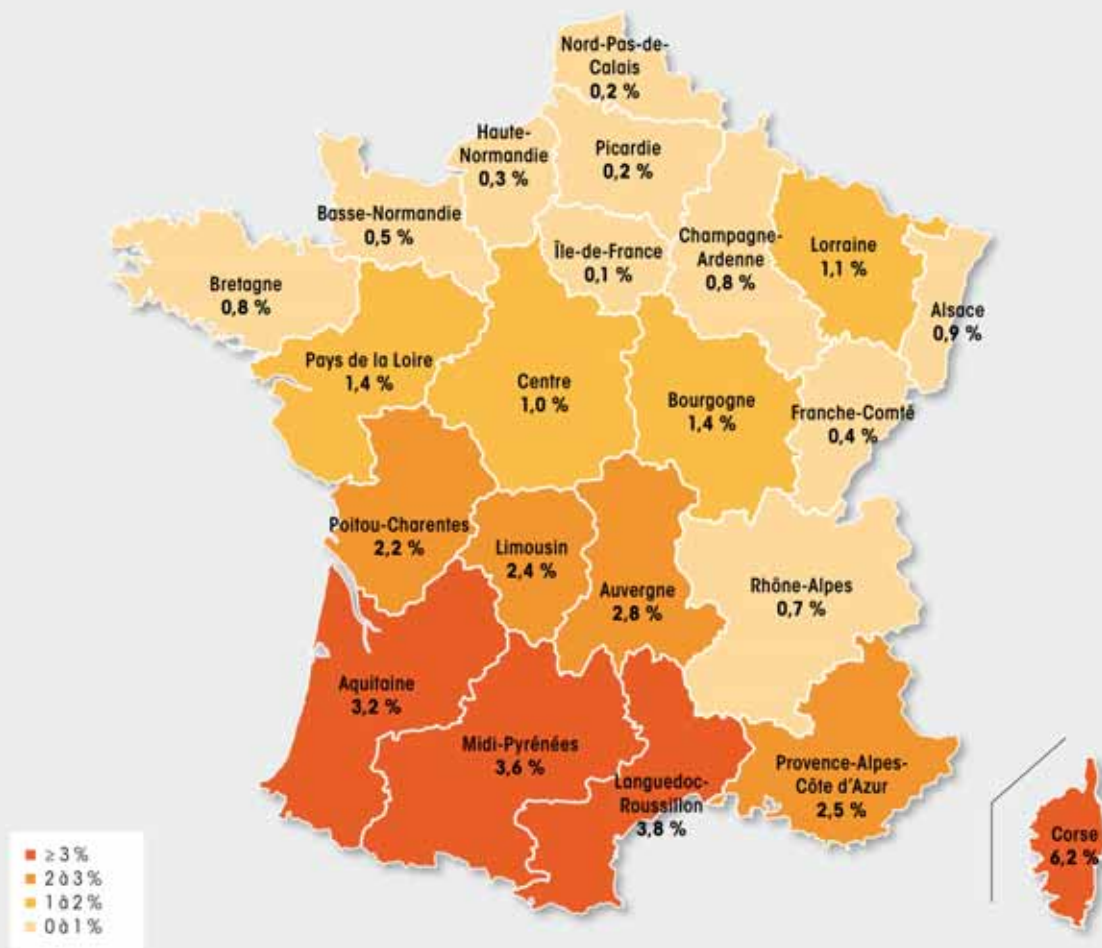


### Taux de couverture moyen, minimum et maximum de la consommation par la production photovoltaïque pour chaque pas demi-heure en 2014

Taux de couverture



### Taux de couverture moyen de la consommation par la production photovoltaïque en 2014



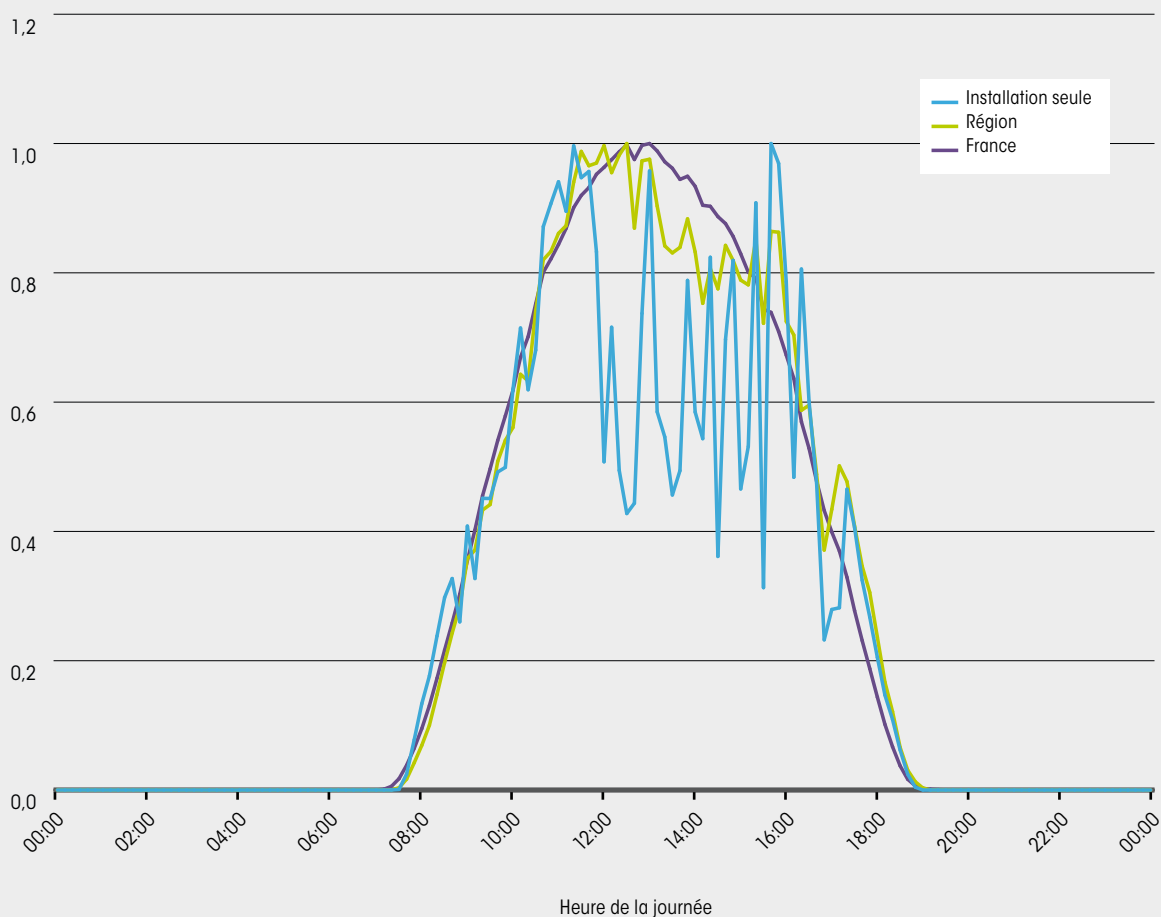
## 4.4. Caractéristiques de la production photovoltaïque

La production photovoltaïque se caractérise par un profil de production ayant la forme d'une cloche centrée sur le midi solaire. Si la production d'une installation considérée indépendamment peut subir de brusques variations (son facteur de charge peut passer de 100 % à 10 % en moins d'une minute), les variations

constatées sur un poste, ou à l'échelle d'une région et, a fortiori, à l'échelle nationale, sont lissées par l'effet de foisonnement. Le graphique ci-dessous illustre cet effet en comparant le profil de production photovoltaïque à différentes mailles : installation seule, Région et France.

### Foisonnement de la production photovoltaïque

Indice de production (P/P max. de la journée)



## 4.5. Maîtrise des flux de production photovoltaïque

Le profil de production journalier prend la forme d'une cloche avec le maximum de la production intervenant au midi solaire. Le niveau de la production dépend de facteurs tels que le rayonnement et la nébulosité.

La production photovoltaïque provient de plus de 320 000 installations, raccordées pour plus de 90 % sur les réseaux de distribution, et pour lesquelles des téléinformations ne sont pas toutes disponibles en temps réel. Cette caractéristique de la production photovoltaïque a nécessité une adaptation des outils d'exploitation du réseau électrique permettant de disposer de prévisions de la production et d'une estimation de la puissance électrique injectée sur le réseau en temps réel.

C'est pourquoi, RTE a mis en place un système de prévisions, d'observation et d'estimation de la production photovoltaïque : « IPES(\*) ».

### Prévision de la production photovoltaïque en J-1

IPES héberge un modèle de prévisions de production photovoltaïque développé par RTE et opérationnel depuis 2012 : PHOSPHORE. Il s'appuie sur des données de prévision de température et de nébulosité fournies par Météo France.

La prévision effectuée la veille pour le lendemain par RTE est affinée de manière infra-journalière, jusqu'à un horizon d'une heure avant le temps réel, en se basant sur les dernières données météorologiques et les dernières données de télémesures.

### Estimation de la production photovoltaïque en temps réel

Le système IPES estime la puissance photovoltaïque produite en temps réel grâce à des télémesures réalisées par RTE ou transmises par d'autres acteurs dont ERDF. Au 31 décembre 2014, 20 % de la puissance photovoltaïque produite est télémesurée en temps réel. La puissance produite par le reste du parc est estimée par des modèles numériques.

En pourcentage de la puissance installée, l'erreur quadratique entre l'estimation temps réel et la mesure sur cette période est de 4,1 %. Le biais de cet écart est faible, avec une estimation en moyenne légèrement sous-estimée (biais de 3,1 %). L'erreur quadratique et le biais ne sont calculés que sur les plages 8h-17h.

La qualité des prévisions et de l'estimation de la production photovoltaïque est étroitement liée à la qualité et à la précision des données disponibles. Depuis la création d'IPES, RTE poursuit sa démarche coopérative avec les gestionnaires de réseau de distribution et les producteurs photovoltaïques. Cette démarche permet de disposer de prévisions et d'estimations de production photovoltaïque de qualité. Les données temps réel sont rendues publiques par RTE via son site internet et son application éco2mix.

(\*) Insertion de la production EnR intermittente dans le Système électrique



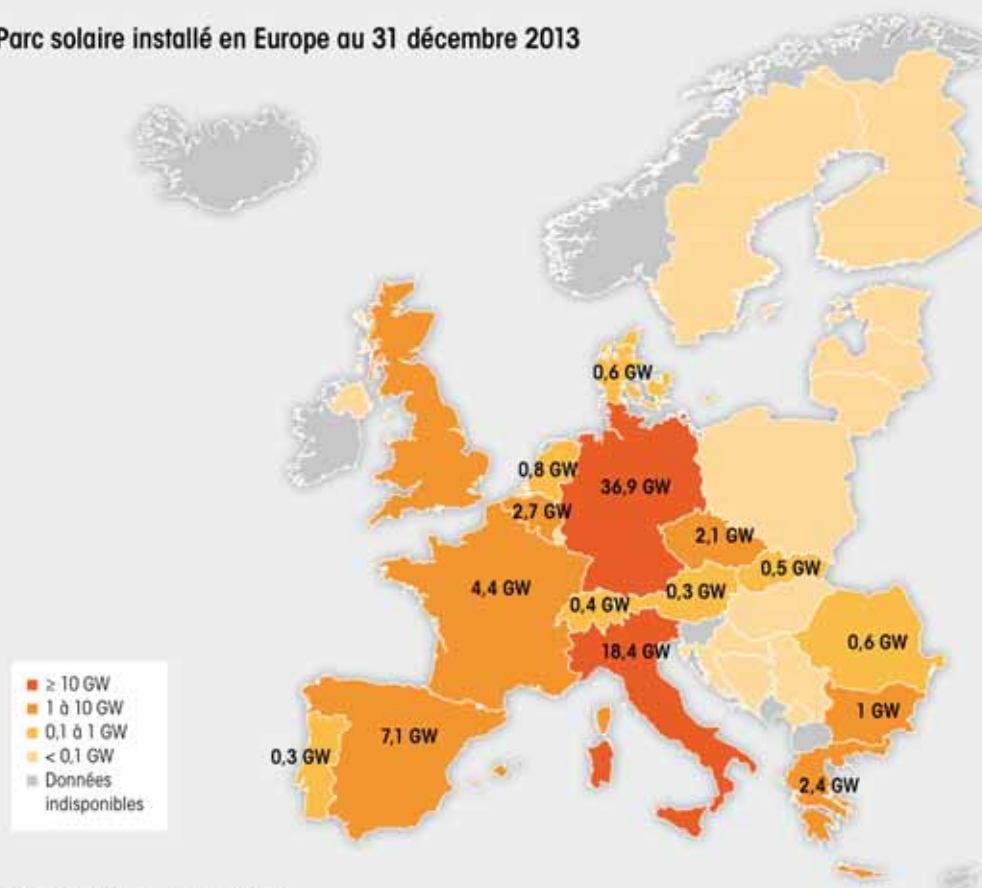
## 5. Principaux chiffres de la filière solaire(\*) en Europe

### Le parc solaire installé

Au 31 décembre 2013, la puissance solaire installée en Europe s'élevait à près de 79 GW dans l'ensemble des pays européens membres de l'ENTSO-E.

Avec environ 37 GW installés, l'Allemagne possède le parc le plus important devant l'Italie (18,4 GW) et l'Espagne (7,1 GW). La France à fin décembre 2013 possède la 4<sup>ème</sup> capacité d'Europe avec 4,4 GW. L'ensemble des parcs solaires de ces quatre pays représente près de 85 % de la capacité installée en Europe.

Parc solaire installé en Europe au 31 décembre 2013



Source et périmètre : ENTSO-E

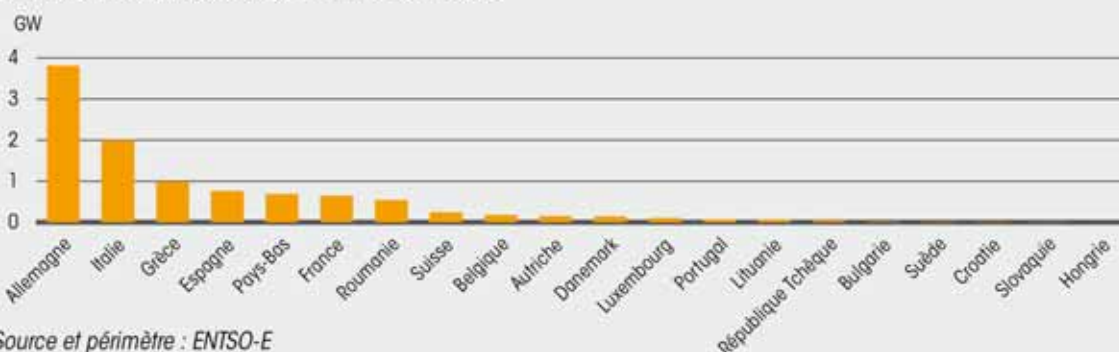
A la date de publication du Panorama, les données relatives à la Grande-Bretagne ne couvrent pas 100 % du territoire.

S'agissant de la croissance annuelle du parc, l'Allemagne connaît en 2013 la plus importante augmentation en puissance, avec près de 4 GW de capacités supplémentaires raccordées. Elle

est suivie par l'Italie avec 2 GW, puis la Grèce avec 1 GW. Avec 0,6 GW raccordé en 2013, la croissance de son parc solaire place la France au sixième rang européen.

(\*) La filière solaire comprend les technologies à la fois photovoltaïque et solaire thermodynamique.

### Puissance solaire raccordée en 2013 en Europe



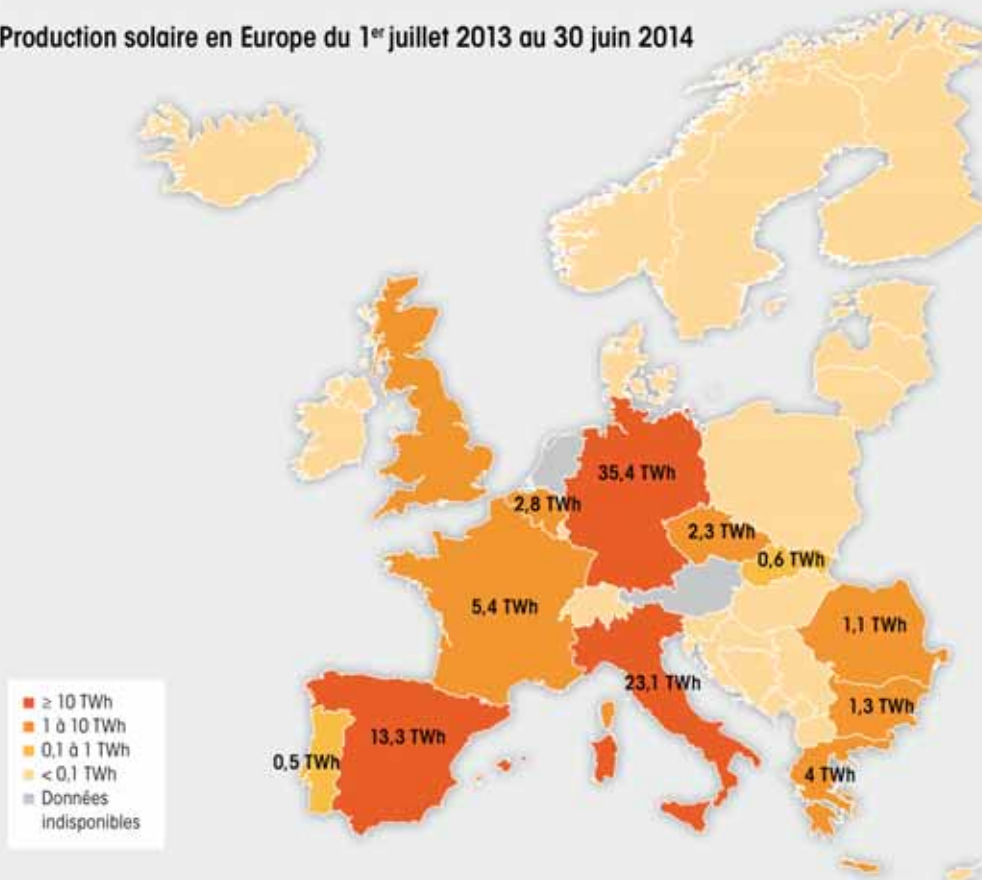
Source et périmètre : ENTSO-E  
Seuls les pays ayant raccordé plus de 1 MW en 2013 sont présentés.

## La production solaire

Du 1<sup>er</sup> juillet 2013 au 30 juin 2014, trois pays européens ont une production supérieure à 10 TWh : l'Allemagne (35,4 TWh), l'Italie (23,1 TWh) et l'Espagne (13,3 TWh). La France dispose, quant à elle, d'une production de 5,4 TWh sur la période. La production

au premier semestre 2014 est en hausse de 36 % par rapport au premier semestre 2013. A l'échelle de l'ENTSO-E, la production durant cette période a été de 90,3 TWh.

### Production solaire en Europe du 1<sup>er</sup> juillet 2013 au 30 juin 2014



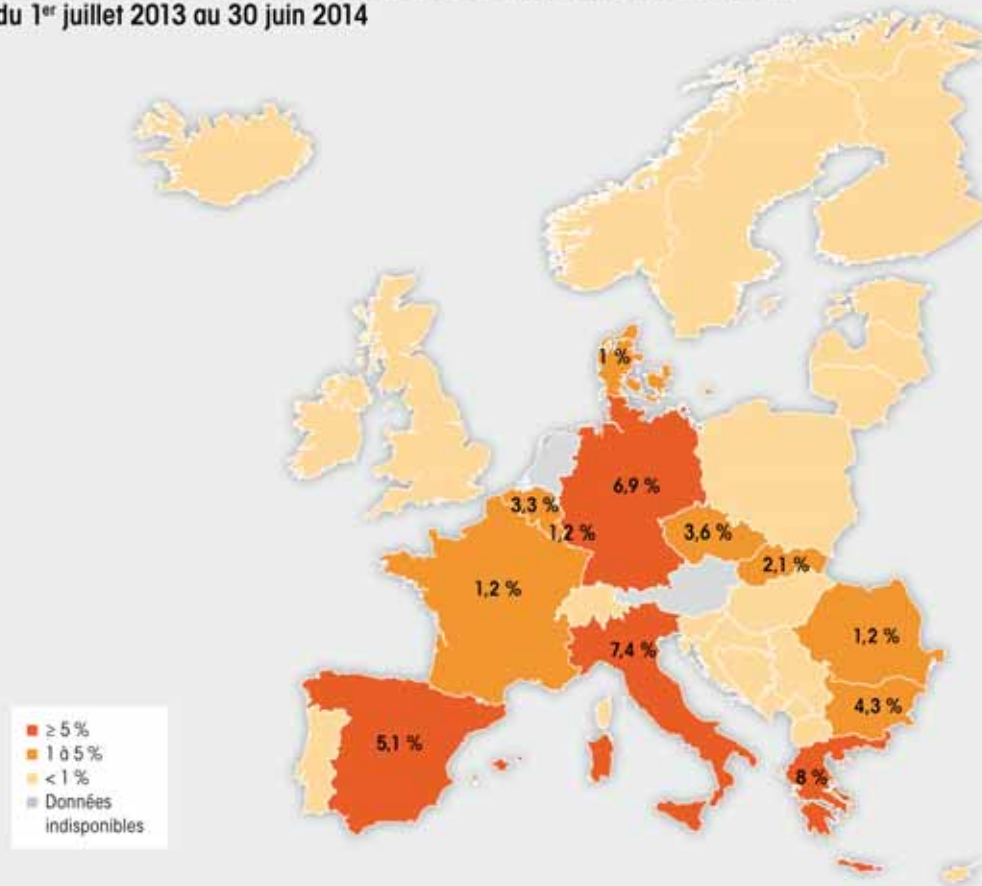
Source et périmètre : ENTSO-E. A la date de publication du Panorama, les données relatives à la Grande-Bretagne ne couvrent pas 100 % du territoire.

## La couverture de la consommation électrique par la production solaire

La production solaire a couvert 2,7 % de la consommation d'électricité dans les pays européens membres de l'ENTSO-E. La Grèce, pays où la production solaire participe le plus à la couverture de la consommation avec 8 %, est suivie par l'Italie

avec un taux de 7,4 %, puis par l'Allemagne avec 6,9 % et l'Espagne avec 5,1 %. La France se situe, quant à elle, en onzième position avec 1,2 %, soit une hausse de 0,3 point du taux de couverture par rapport à l'année 2013.

Taux de couverture moyen de la consommation par la production solaire du 1<sup>er</sup> juillet 2013 au 30 juin 2014



Source et périmètre : ENTSO-E

A la date de publication du Panorama, les données relatives à la Grande-Bretagne ne couvrent pas 100 % du territoire.



## LA FILIÈRE HYDRAULIQUE RENOUVELABLE EN 2014



### 1. Chiffres clefs et contexte institutionnel

1.1. Chiffres clefs.....	57
1.2. Contexte institutionnel.....	57

### 2. Le parc hydraulique en France

2.1. Parc hydraulique et types de centrales.....	59
2.1. Répartition régionale du parc hydraulique.....	60
2.3. Répartition du parc hydraulique en puissance.....	61

### 3. Les perspectives de croissance du parc hydraulique en France

3.1. File d'attente de raccordement aux réseaux publics de transport et de distribution.....	62
3.2. Parc installé, file d'attente et objectifs nationaux.....	62

### 4. La production hydraulique dans l'équilibre offre-demande

4.1. Production hydraulique.....	63
4.2. Taux de couverture de la consommation par la production hydraulique.....	66

### 5. Principaux chiffres de la filière hydraulique en Europe.....

68



# 1. Chiffres clefs et contexte institutionnel

## 1.1. Chiffres clefs

### Installations hydrauliques raccordées au 31 décembre 2014

- Le parc hydraulique s'élève à **25 391 MW** dont **23 683 MW** sur le réseau de RTE, **1 449 MW** sur le réseau d'ERDF et **48 MW** sur les réseaux des ELD ;
- Le parc hydraulique ne connaît pas d'évolution significative des capacités raccordées depuis la fin des années 1990.

### File d'attente des raccordements au 31 décembre 2014

- La file d'attente pour le raccordement des installations hydrauliques aux réseaux publics de transport et de distribution est de **571 MW** au 31 décembre 2014, contre 443 MW au 31 décembre 2013. Elle se répartit entre 457 MW sur le réseau de RTE, 111 MW sur le réseau d'ERDF et 3 MW sur les réseaux des ELD.

### Production hydraulique renouvelable(\*) en 2014

- La production hydraulique renouvelable en 2014 s'élève à **63 TWh**. (La production hydraulique totale, incluant la part non renouvelable produite par les installations turbinant de l'eau remontée par pompage, est de 68 TWh) ;
- Le taux moyen de couverture de la consommation par la production hydraulique renouvelable en 2014 est de **13,5 %**.

## 1.2. Contexte institutionnel

### Expérimentation d'une autorisation unique

Dans le cadre de la loi du 2 janvier 2014 habilitant le Gouvernement à légiférer par ordonnances pour simplifier et sécuriser la vie des entreprises, une procédure d'autorisation unique pour les installations, ouvrages travaux et activités (IOTA) soumis à la loi sur l'eau, sera expérimentée dans l'ensemble des départements des régions Rhône-Alpes et Languedoc-Roussillon pour une durée de trois ans. Cette procédure, qui devrait être élargie à tout le territoire dans le cadre de la future loi sur la transition énergétique, doit permettre d'accélérer l'instruction des dossiers.

### Augmentation des débits réservés

L'article L.214-18 du code de l'environnement impose à tout ouvrage transversal dans le lit mineur d'un cours d'eau (seuils et barrages) de laisser dans le cours d'eau à l'aval, un débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces présentes, communément appelé « débit réservé » ou

« débit minimal ». Conformément à l'article L. 214-18 du code de l'environnement, modifié par la loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 (LEMA), les débits réservés ont été augmentés pour l'ensemble des ouvrages existants avant le 1<sup>er</sup> janvier 2014. Les producteurs estiment que modification devrait avoir un impact important sur la production hydroélectrique estimé à une baisse annuelle de près de 4 TWh.

### Potentiel de développement de l'hydroélectricité

Dans le cadre de la convention pour le développement d'une hydroélectricité durable, un travail de normalisation des méthodes d'évaluation et de convergence du potentiel hydroélectrique de création de nouveaux sites ou d'équipement de seuils existants a été mené au 1<sup>er</sup> semestre 2013 par la Direction Générale de l'Energie et du Climat (DGEC), la Direction de l'Eau et de la Biodiversité (DEB), les Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) et les producteurs.

(\*) La note méthodologique page 1 précise les modalités de calcul de la part renouvelable de la production hydraulique (modalités définies en application du décret n°2006-1118)



Ce travail a consisté à confronter les différentes études de potentiel hydroélectrique existantes et les avis des experts sur la liste des projets réalisables techniquement et la liste des tronçons exploitables afin de disposer *in fine* d'une vision partagée du potentiel hydroélectrique français. Il en ressort un potentiel « convergé » de 10 TWh/an<sup>(\*)</sup> de production supplémentaire, répartis entre des installations nouvelles (9 TWh/an<sup>(\*)</sup>) et l'équipement de seuils existants (1 TWh/an<sup>(\*)</sup>).

### **Classement des cours d'eau**

Le classement des cours d'eau, prévu par l'article L. 214-17-1 du code de l'environnement, issu de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA), prévoit l'établissement de deux listes distinctes de cours d'eau. La première concerne les cours d'eau sur lesquels aucune autorisation ou concession ne peut être accordée pour la construction de nouveaux ouvrages s'ils constituent un obstacle à la continuité écologique. La seconde liste a trait aux cours d'eau sur lesquels il est nécessaire d'assurer le transport suffisant des sédiments et la circulation des poissons migrateurs. L'inscription sur l'une ou l'autre de ces listes a pour conséquence d'imposer des obligations particulières qui tendent à préserver la continuité écologique sur des cours d'eau à valeur écologique reconnue. Les arrêtés de classement en liste 1 sur les 6 bassins hydrologiques français (Adour Garonne, Artois Picardie, Seine Normandie, Rhin

Meuse, Loire Bretagne, et Rhône Méditerranée) ont été adoptés en 2012 et 2013. Ils auront un impact fort sur l'exploitation du potentiel hydroélectrique : les producteurs estiment que près des trois-quarts du potentiel identifié pourraient être obérés du fait des seuls classements en liste 1.

### **Renouvellement des concessions hydroélectriques**

Le projet de loi de transition énergétique pour la croissance verte, présenté par Ségolène ROYAL en juillet 2014, prévoit la création d'une nouvelle catégorie de sociétés d'économie mixte (SEM), dont l'objet est d'exploiter des contrats de concessions hydroélectriques sur une vallée. Cette disposition permettrait, selon l'exposé des motifs du projet de loi, de mieux associer les collectivités territoriales à la gestion des usages de l'eau et de renforcer le contrôle public sur le patrimoine commun que constitue le parc hydroélectrique français. Pour l'attribution de certaines concessions, l'État pourra ainsi décider de recourir à la création d'une SEM, à laquelle il pourra associer d'autres personnes publiques (collectivités locales mais également d'éventuels investisseurs publics). Le ou les actionnaires privés seront sélectionnés à l'issue d'une procédure de mise en concurrence qui permettra simultanément d'attribuer le contrat de concession à la SEM nouvellement créée. Le projet de loi est actuellement examiné au Sénat.

(\*) Source DGEC et DEB, Connaissance du potentiel hydroélectrique français, disponible à l'adresse suivante : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Potentiel-hydroelectrique-francais.html>

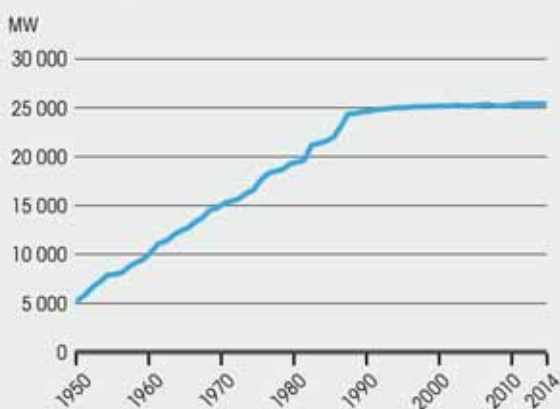
## 2. Le parc hydraulique en France

### 2.1. Parc hydraulique et types de centrales

Avec une capacité installée de 25 391 MW, la filière hydraulique est la deuxième source d'électricité française, et la première parmi les sources renouvelables électriques. Le parc hydraulique est réparti entre 23 683 MW raccordés au réseau de transport et 1 708 MW aux réseaux de distribution (dont 211 MW sur le réseau d'EDF-SEI en Corse).

Après une croissance historique soutenue depuis les années 1950, la capacité du parc hydraulique s'est stabilisée au tournant des années 1990 autour de 25 000 MW. Aucune évolution significative n'a été enregistrée depuis.

Evolution de la puissance du parc hydraulique installé depuis 1950



Les centrales hydrauliques se répartissent en différentes catégories selon la durée de remplissage de leurs réservoirs.

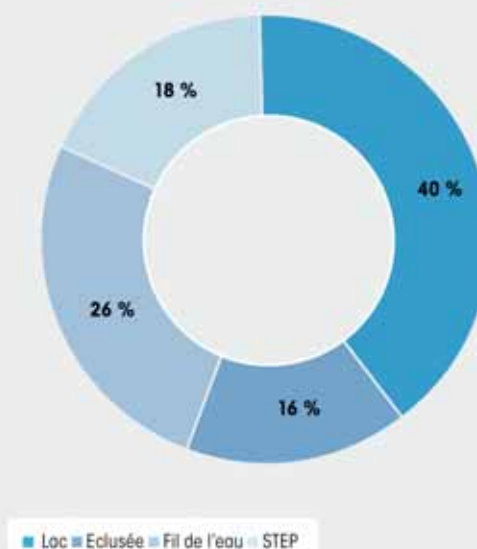
Les « **centrales lacs** », situées dans les lacs en aval des moyennes et hautes montagnes, ont une durée de remplissage de réservoir supérieure à 400 heures et permettent un stockage saisonnier. Les « **centrales éclusées** », situées principalement dans les lacs en aval des moyennes montagnes, ont une durée de remplissage de réservoir comprise entre 2 et 400 heures et assurent une fonction de modulation journalière, voire hebdomadaire (pic de consommation journalière, jours ouvrés et non ouvrés...).

Les « **centrales fil de l'eau** », situées principalement dans les plaines, présentent une retenue de faible hauteur et ont une durée de remplissage inférieure à 2 heures. Elles ont donc des capacités faibles de modulations par le stockage et leur production dépend du débit des fleuves.

Par ailleurs, les **centrales dites « STEP »** (les stations de transfert d'énergie par pompage), fonctionnant en cycles pompage-turbinage entre un réservoir inférieur et un réservoir supérieur, grâce à des turbines-pompes réversibles, constituent un outil de stockage efficace contribuant à l'équilibre du système électrique.

Les réservoirs peuvent être alimentés dans certains cas par des apports naturels significatifs.

Répartition des capacités hydrauliques sur le réseau de transport par type de centrale au 31 décembre 2014

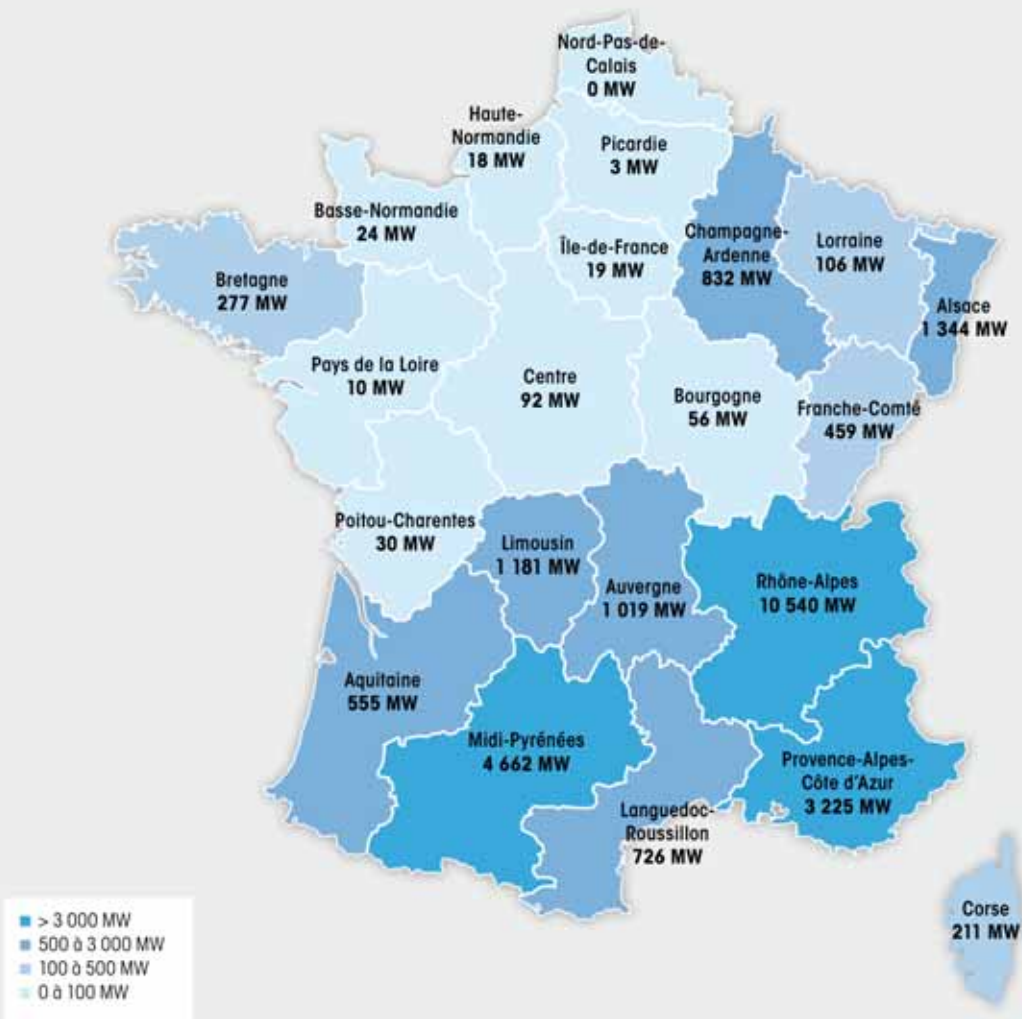


## 2.2. Répartition régionale du parc hydraulique

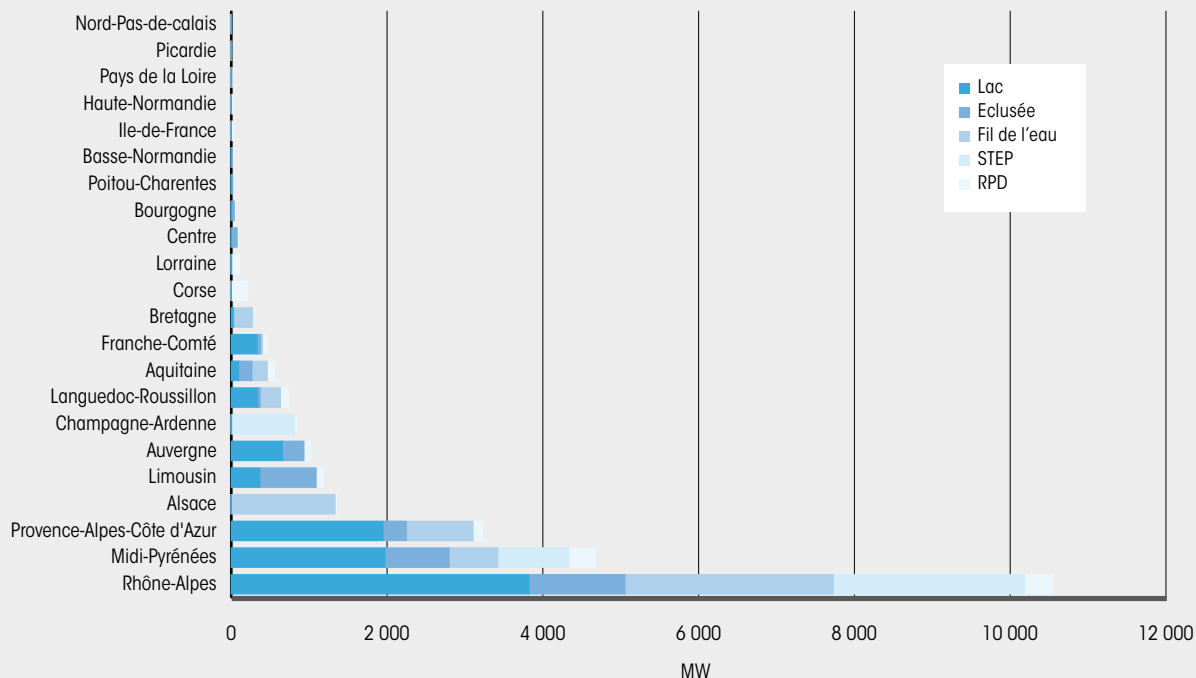
La Région Rhône-Alpes accueille le parc hydraulique le plus important avec 10 540 MW de capacités raccordées, soit près de 41 % du parc installé en France métropolitaine. Elle est suivie de

Midi-Pyrénées et de Provence-Alpes-Côte d'Azur avec respectivement 4 662 MW et 3 225 MW. Ces trois régions concentrent 70 % du parc hydraulique.

Répartition régionale du parc hydraulique raccordé au 31 décembre 2014



### Répartition régionale du parc hydraulique raccordé sur le réseau de transport par type de centrale, et raccordé sur le RPD au 31 décembre 2014

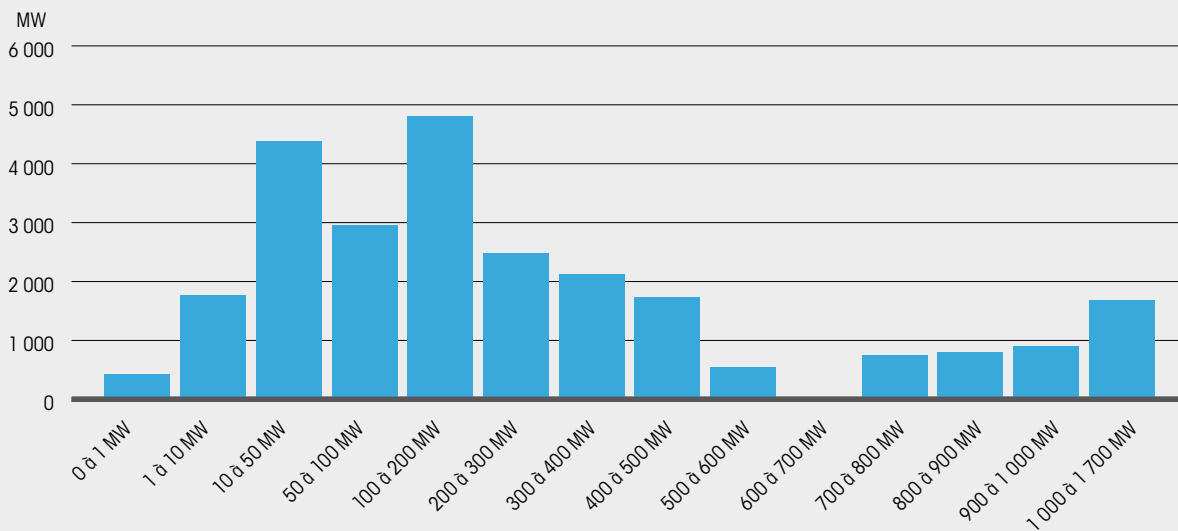


## 2.3. Répartition du parc hydraulique en puissance

Le parc hydraulique français compte plus de 2 300 centrales hydrauliques dont 95 d'une puissance comprise entre 50 et 600 MW, qui concentrent 58 % de la capacité de production.

Près de 1 600 installations, représentant 1,8 % de la capacité installée, sont d'une puissance inférieure à 1 MW.

### Répartition des installations hydrauliques par segment de puissance



# 3. Les perspectives de croissance du parc hydraulique en France

## 3.1. File d'attente de raccordement aux réseaux publics de transport et de distribution

La file d'attente de raccordement aux réseaux de transport et de distribution représente une puissance de 571 MW au 31 décembre 2014 contre 443 MW au 31 décembre 2013.

Au 31 décembre 2014, la file d'attente est constituée de 457 MW sur le réseau public de transport et de 114 MW sur les réseaux publics de distribution (ERDF et ELD). Les volumes en attente de raccordement sur le RPT portent principalement sur l'accroissement de la puissance des installations existantes. La principale région concernée est Rhône-Alpes avec 423 MW en file d'attente soit 74 % de la puissance en attente de raccordement à l'échelle nationale.

Evolution de la file d'attente (MW)

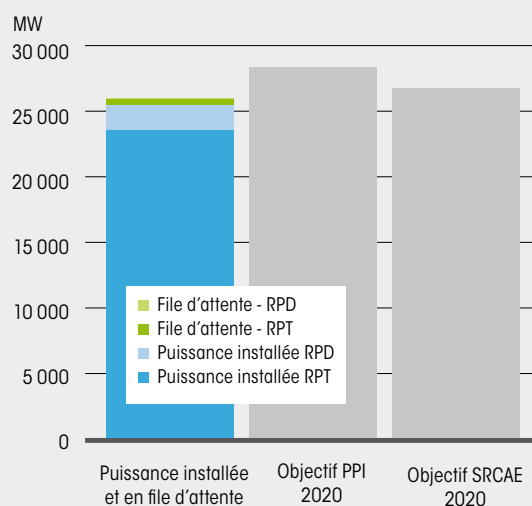
	File d'attente au 31 décembre 2013	File d'attente au 31 décembre 2014
RPD	95	114
RPT	348	457
<b>Total</b>	<b>443</b>	<b>571</b>

## 3.2. Parc installé, file d'attente et objectifs nationaux

Le parc hydraulique installé au 31 décembre 2014 représente 90 % de l'objectif hydraulique PPI(\*) et 95 % de la somme des objectifs hydrauliques SRCAE.

La file d'attente représente 20 % des capacités nécessaires pour atteindre l'objectif PPI et 42 % des capacités à raccorder pour atteindre la somme des objectifs SRCAE.

Puissance hydraulique raccordée, en file d'attente, objectifs SRCAE et PPI



(\*) Programmation Pluriannuelle des Investissements de production d'électricité



# 4. La production hydraulique dans l'équilibre offre-demande

## 4.1. Production hydraulique

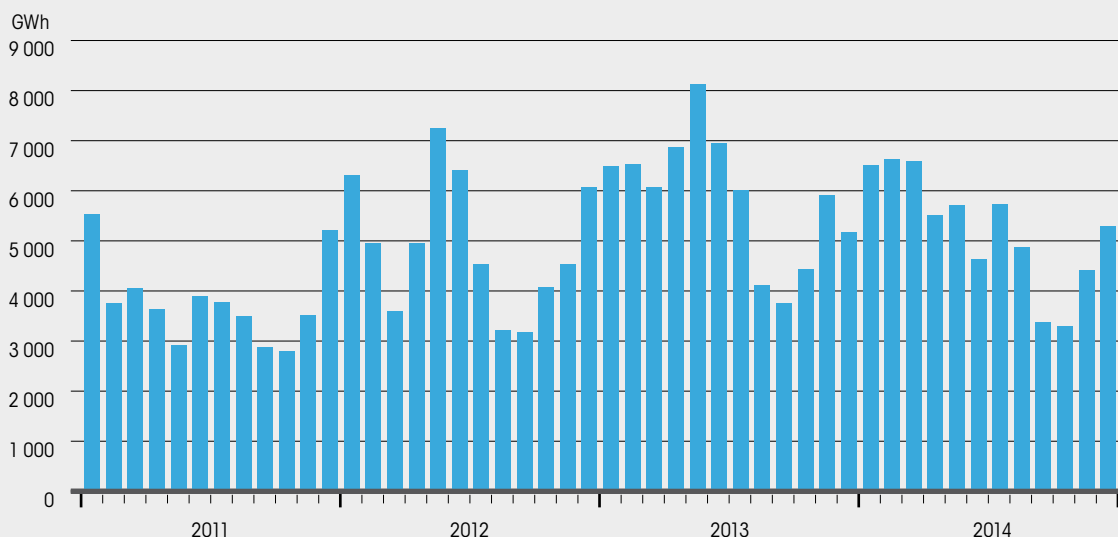
La production hydraulique renouvelable en 2014 s'élève à 63 TWh. La production mensuelle varie entre un minimum de 3,3 TWh en octobre 2014 et un maximum atteint en février 2014 avec 6,6 TWh. Ce volume est en baisse de 11 % par rapport 2013, il reste toutefois le deuxième plus élevé de la décennie avec une pluviométrie plus importante que la normale sur la totalité du territoire français.

Les cinq régions contribuant le plus à la production hydraulique en France sont Rhône-Alpes, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Midi-Pyrénées, Alsace et Languedoc-Roussillon. Ces régions représentent 87 % de la production hydraulique en France métropolitaine avec plus de 54 TWh. Champagne-Ardenne se caractérise par une

production hydraulique renouvelable relativement faible (109 GWh) au regard de son parc installé (832 MW). Ce chiffre s'explique par la structure du parc hydraulique composé à plus de 95 % par une STEP dont une grande partie de la production n'est pas considérée comme renouvelable.

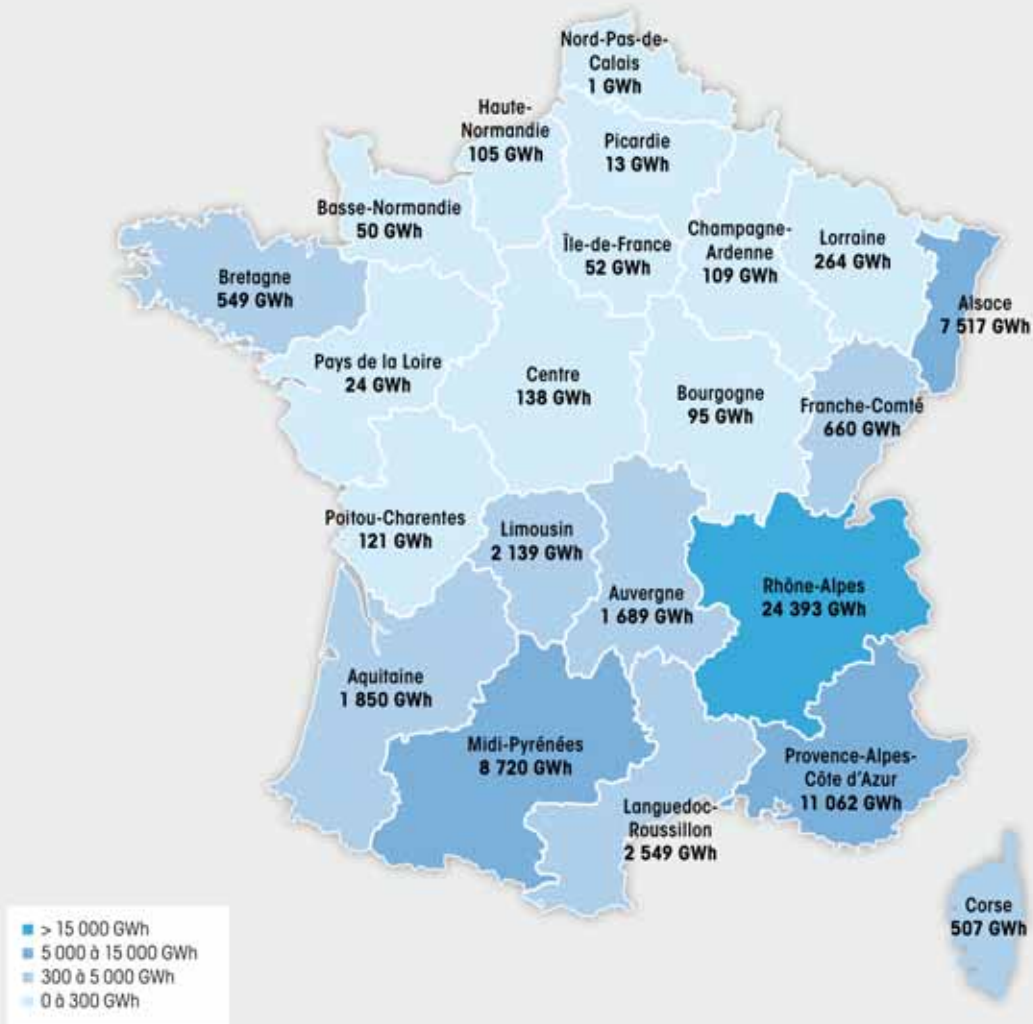
De manière générale, la production est plus importante les seconds trimestres d'une année calendaire en raison des apports hydrauliques dus à la fonte des neiges. Le premier semestre de l'année 2014 constitue une exception due au faible niveau d'enneigement et à l'importance des précipitations sur les trois premiers mois de l'année.

Production hydraulique mensuelle depuis 2011



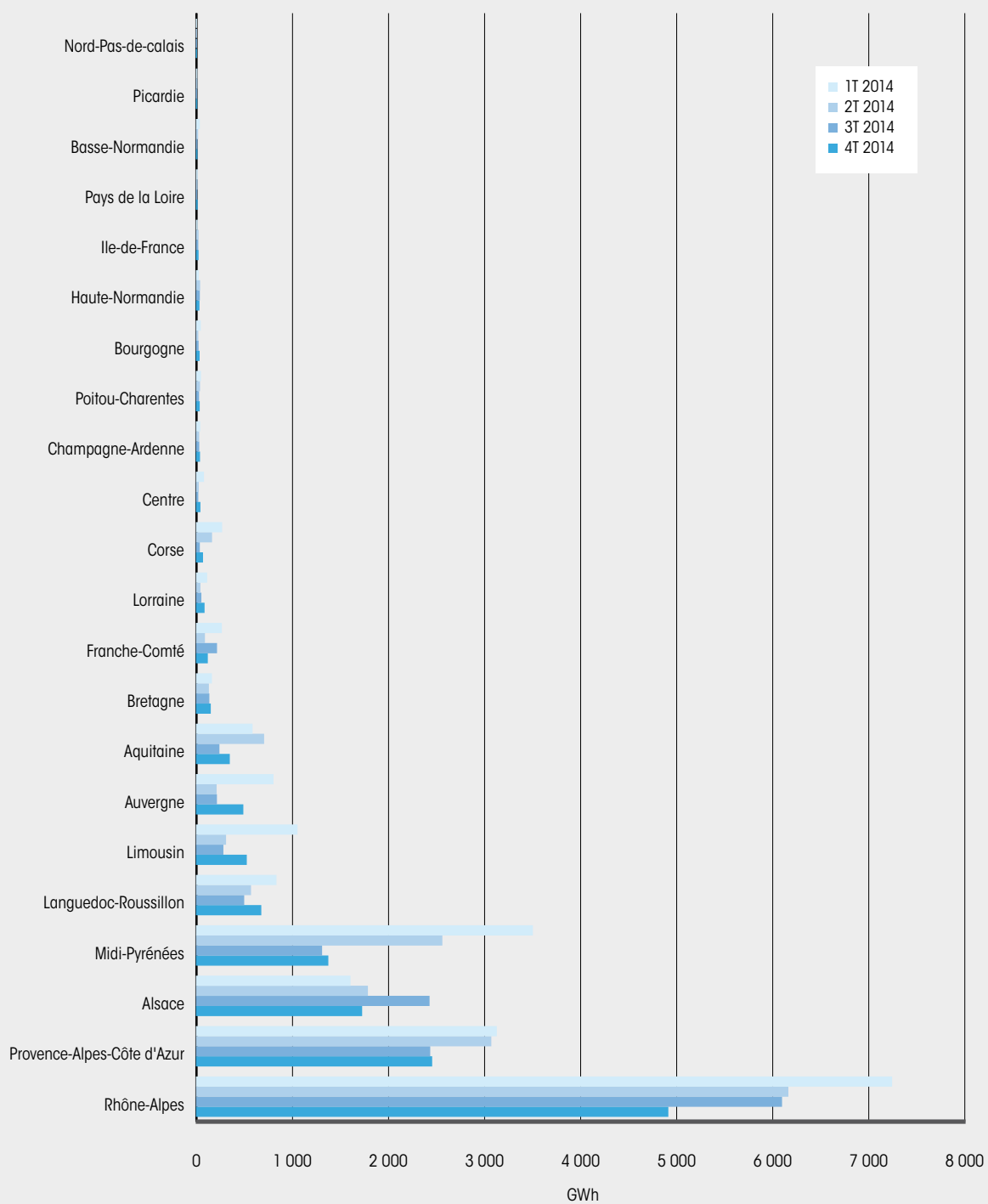
La production publiée correspond à la part renouvelable de la production hydraulique en France au sens de la réglementation en vigueur

## Production hydraulique en 2014



*La production publiée correspond à la part renouvelable de la production hydraulique en France au sens de la réglementation en vigueur*

## Production hydraulique trimestrielle en 2014



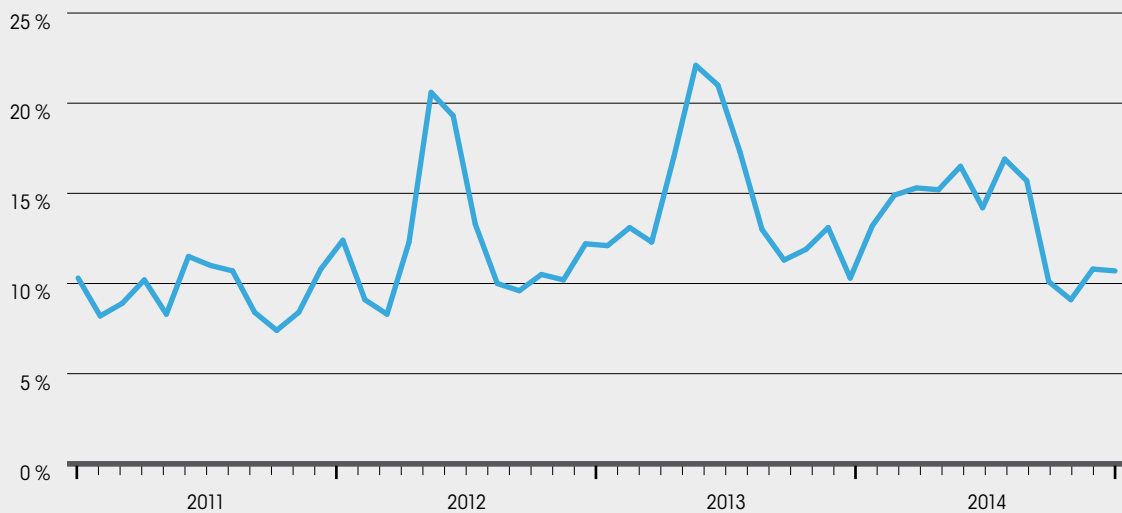
*La production publiée correspond à la part renouvelable de la production hydraulique en France au sens de la réglementation en vigueur*

## 4.2. Taux de couverture de la consommation par la production hydraulique

Le taux de couverture moyen de la consommation par la production hydraulique est de 13,5 % en 2014. Le taux de couverture moyen mensuel varie durant cette période entre un minimum de 9,1 % en octobre 2014 et un maximum de 16,9 % en juillet 2014.

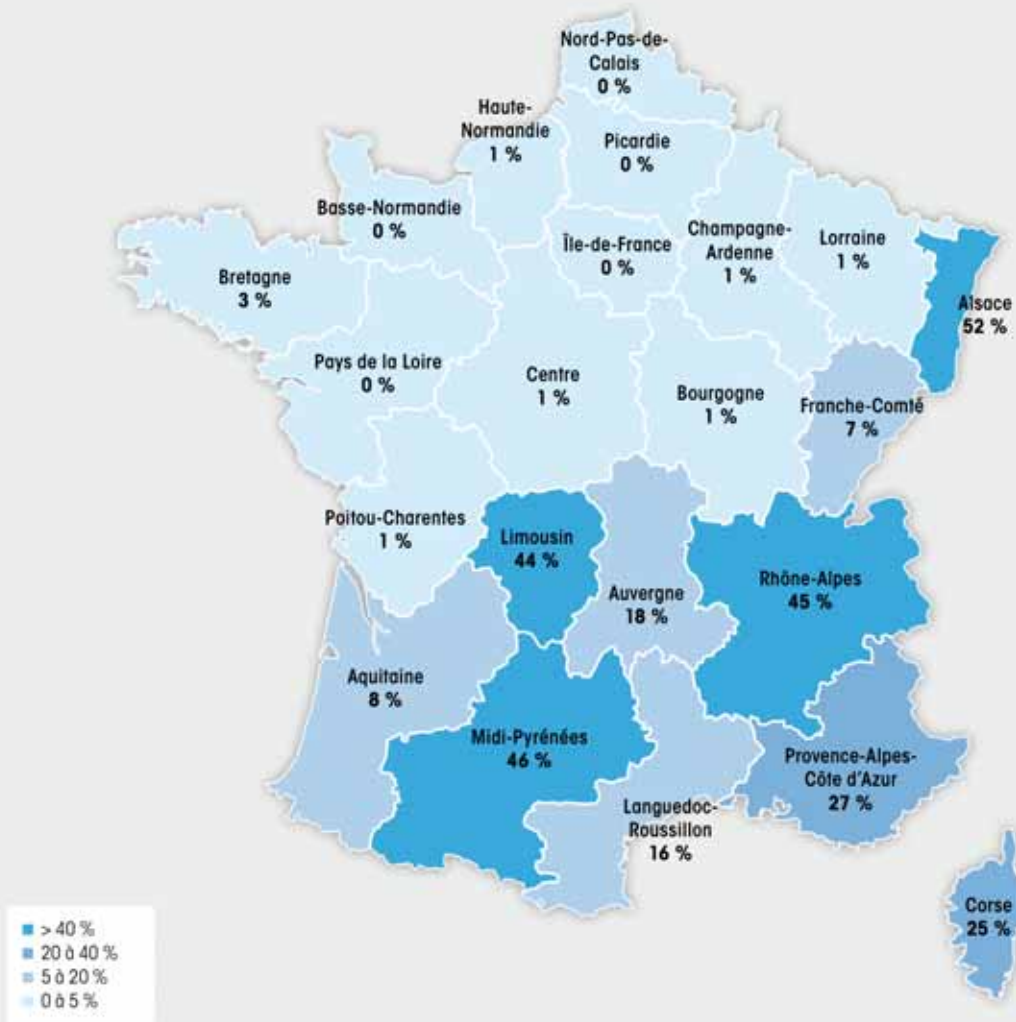
Le taux de couverture annuel moyen par région durant cette période atteint un maximum de 52 % en Alsace ; le taux de couverture mensuel maximum a été atteint dans le Limousin avec 84 % au mois de février 2014.

Taux de couverture mensuel moyen de la consommation par la production hydraulique depuis 2011



*La production prise en compte correspond à la part renouvelable de la production hydraulique en France au sens de la réglementation en vigueur*

### Taux de couverture moyen en 2014 de la consommation par la production hydraulique par région



*La production prise en compte correspond à la part renouvelable de la production hydraulique en France au sens de la réglementation en vigueur*

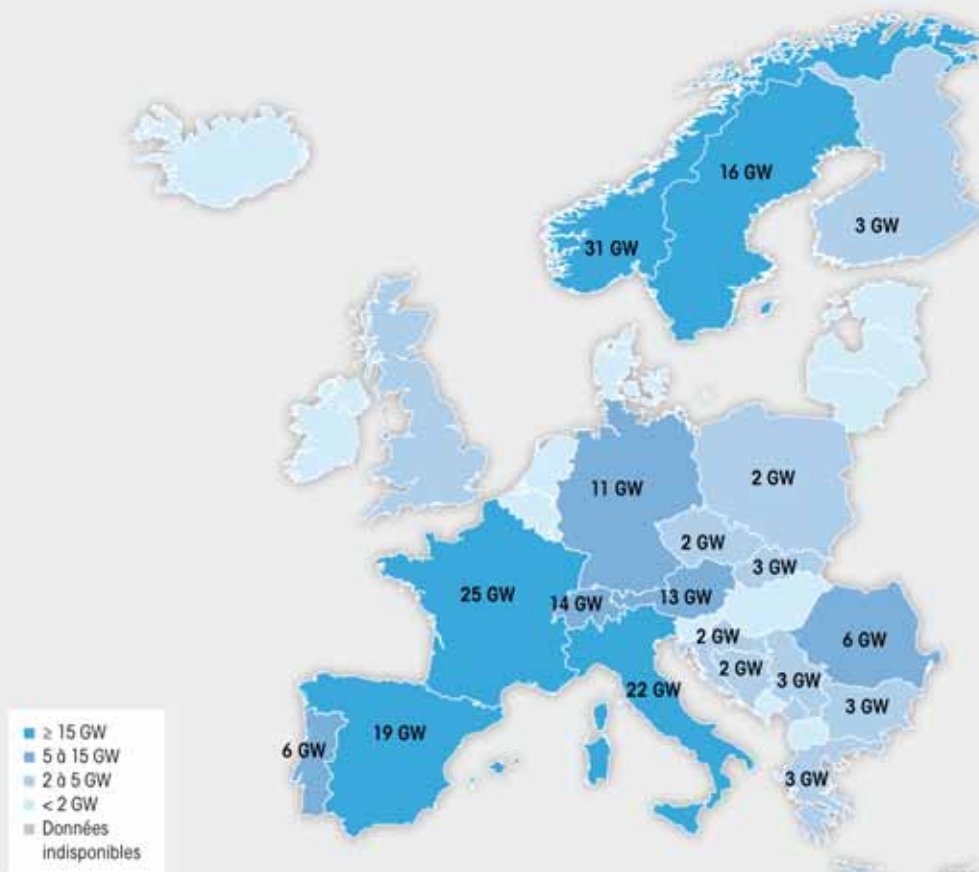
## 5. Principaux chiffres de la filière hydraulique en Europe

### La puissance installée

Le parc hydraulique des pays membres de l'ENTSO-E s'élève au 31 décembre 2013 à plus de 200 GW. La Norvège, avec une puissance raccordée de 31 GW, représente à elle seule 15 % du parc de l'ENTSO-E. La France dispose du deuxième parc de

production le plus important avec 25 GW. Elle est suivie par l'Italie (22 GW), l'Espagne (19 GW) et la Suède (16 GW). Ces cinq pays représentent plus de la moitié du parc de production hydraulique d'Europe (56 %).

Puissance hydraulique installée au 31 décembre 2013(\*)



Source et périmètre : ENTSO-E

(\*) A la date de publication du Panorama, les données relatives à la Grande-Bretagne ne couvrent pas 100 % du territoire

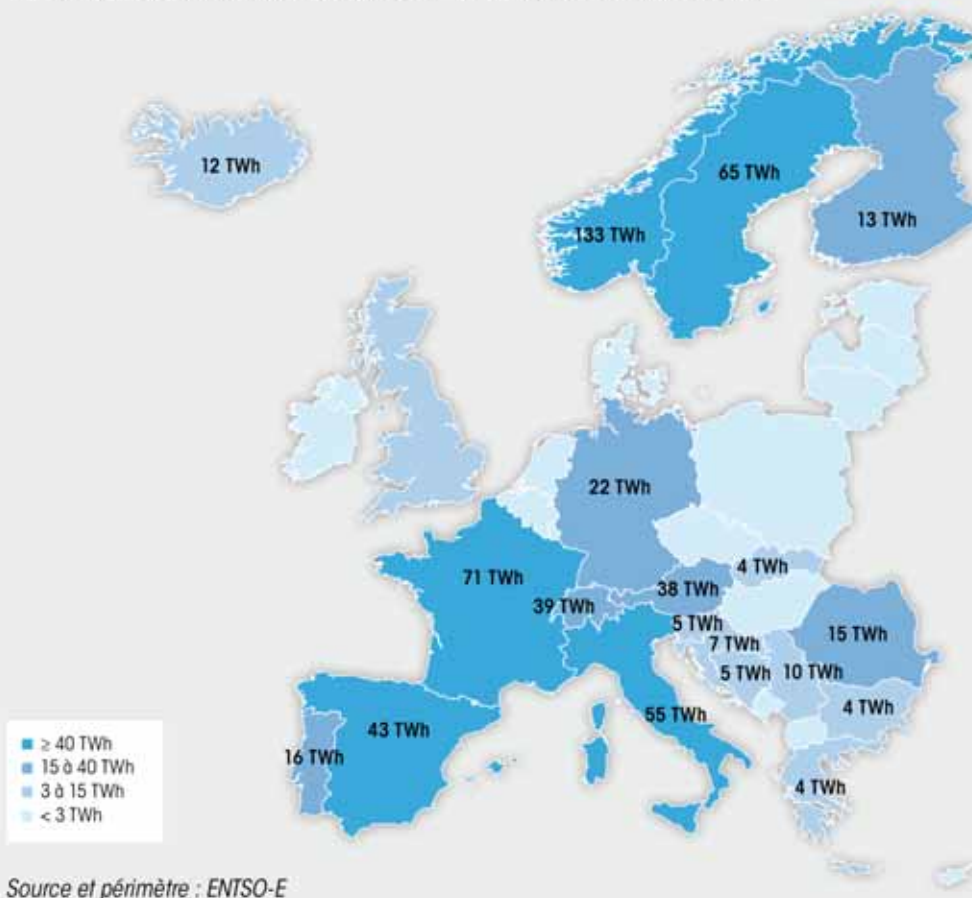


# La production hydraulique

La production hydraulique des pays membres de l'ENTSO-E du 1<sup>er</sup> juillet 2013 au 30 juin 2014 s'élève à 585 TWh. Quatre pays concentrent

plus de la moitié de la production hydraulique (55 %) : la Norvège (133 TWh), la France (71 TWh), Suède (65 TWh), et l'Italie (55 TWh).

Production hydraulique en Europe du 1<sup>er</sup> juillet 2013 et 30 juin 2014<sup>(\*)</sup>



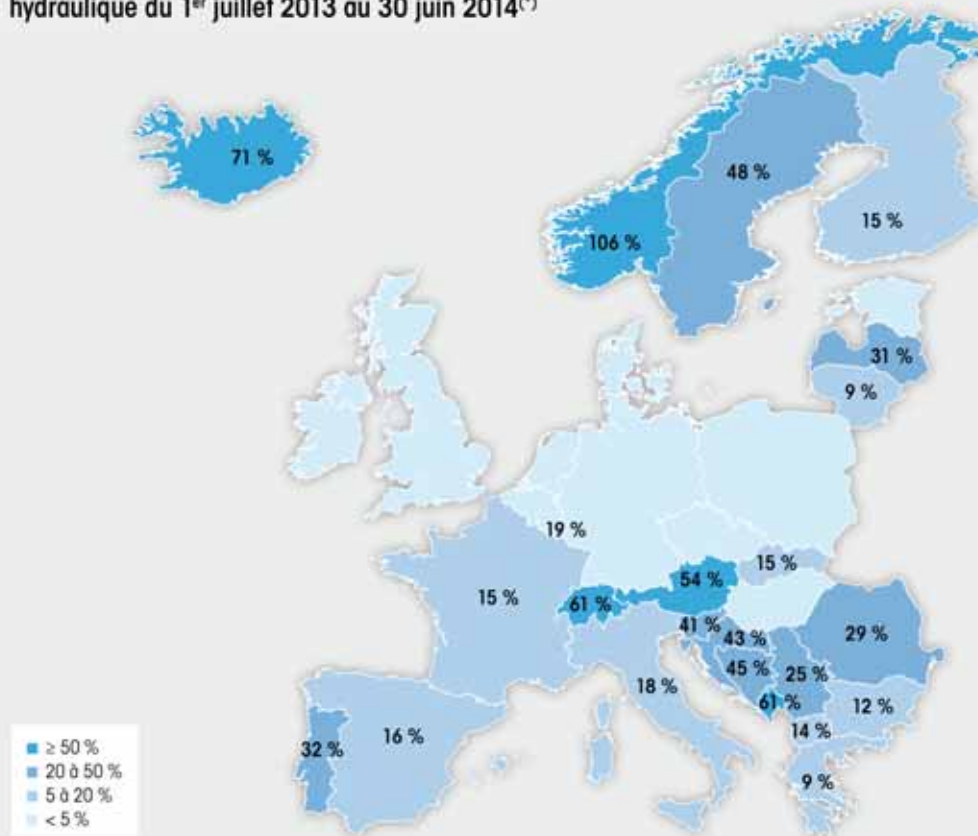
(\*) A la date de publication du Panorama, les données relatives à la Grande-Bretagne ne couvrent pas 100 % du territoire.

# Le taux de couverture de la consommation par la production hydraulique

L'hydraulique a permis de couvrir 18 % de la consommation des pays membres de l'ENTSO-E du 1<sup>er</sup> juillet 2013 au 30 juin 2014. La production hydraulique couvre plus de la moitié de la consommation dans cinq pays : l'Islande (71 %), la Suisse (61 %), le Monténégro (61 %) et l'Autriche (54 %). Elle dépasse la consommation en Norvège et permet d'exporter ses surplus vers les pays voisins,

même si d'autres moyens de production peuvent être sollicités pour garantir en continu la couverture de son besoin électrique. L'Italie et l'Espagne ont un taux de couverture de 18 et 16 %. La France, avec le deuxième plus important parc installé d'Europe, bénéficie d'un taux de couverture proche de la moyenne européenne avec 15 %.

Taux de couverture de la consommation par la production hydraulique du 1<sup>er</sup> juillet 2013 au 30 juin 2014(\*)



Source et périmètre : ENTSO-E

(\*) A la date de publication du Panorama, les données relatives à la Grande-Bretagne ne couvrent pas 100 % du territoire



# LA FILIÈRE BIOÉNERGIES EN 2014



## 1. Chiffres clefs et actualités

1.1. Chiffres clefs.....	72
1.2. Actualités.....	72

## 2. Parc de la filière bioénergies en France

2.1. Combustibles et technologies de la filière .....	73
2.2. Caractéristiques du parc raccordé .....	74
2.3. Répartition régionale du parc de la filière bioénergies .....	76

## 3. Les perspectives de croissance de la filière bioénergies

3.1. File d'attente de raccordement aux réseaux publics de transport et de distribution .....	77
3.2. Parc installé et file d'attente par rapport à l'objectif national .....	77

## 4. La production de la filière bioénergies dans l'équilibre offre-demande

4.1. Production de la filière bioénergies.....	78
4.2. Taux de couverture de la consommation par la production de la filière bioénergies .....	80

# 1. Chiffres clefs et actualités

## 1.1. Chiffres clefs

### Parc de production de la filière bioénergies au 31 décembre 2014

- Le parc de la filière bioénergies représente **1 579 MW** dont **544 MW** sur le réseau de RTE, **930 MW** sur le réseau d'ERDF et **103 MW** sur les réseaux des ELD ;
- Il est composé de **866 MW** d'installations fonctionnant à partir de déchets ménagers, de **327 MW** à partir de biogaz, de **297 MW** à partir de bois-énergie et autres biocombustibles renouvelables et de **89 MW** à partir des déchets de papeterie.

### File d'attente de raccordement au 31 décembre 2014

- La file d'attente de raccordement des installations de la filière bioénergies s'élève à **478 MW** ;
- Elle est constituée de 328 MW sur le réseau de RTE et de 149 MW sur le réseau d'ERDF.

### Production de la filière bioénergies en 2014

- La production renouvelable de la filière bioénergies au 31 décembre 2014 s'élève à **5 TWh** soit une hausse de **8,4 %**<sup>(\*)</sup> par rapport à 2013. (La production brute de cette filière, incluant la part considérée comme non renouvelable de l'électricité produite par des déchets ménagers est de 6,6 TWh).
- Le taux de couverture moyen de la consommation par la production de la filière bioénergies en 2014 est de **1,1 %**.

NB : dans la suite du document, l'énergie considérée est exclusivement la part renouvelable de l'énergie produite par la filière.

## 1.2. Actualités

La Ministre de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, Ségolène ROYAL, a lancé en août 2014 une consultation sur le prochain cahier des charges de l'appel d'offres biomasse 2015. Celui-ci devrait concerner les installations de production d'électricité à partir de biomasse supérieures à 1 MW et sera réparti en 3 lots : un lot bois-énergie, un lot biogaz et un lot ordures

ménagères. Les professionnels, notamment par l'intermédiaire du SER, ont transmis des propositions pour ce futur appel d'offres. La Direction Générale de l'Énergie et du Climat (DGEC) transmettra les Conditions générales à la CRE qui sera chargée de rédiger le cahier des charges de l'appel d'offres biomasse 2015.

(\*) La note méthodologique de la page 1 précise les modalités de calcul de la part renouvelable de l'énergie produite par cette filière.

## 2. Parc de la filière bioénergies en France

### 2.1. Combustibles et technologies de la filière

#### Les combustibles

Le droit de l'Union européenne précise que la biomasse correspond à la « fraction biodégradable des produits, des déchets et des résidus d'origine biologique provenant de l'agriculture (y compris les substances végétales et animales), de la sylviculture et des industries connexes, y compris la pêche et l'aquaculture, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux<sup>(\*)</sup> ».

Les installations de la filière bioénergies produisent très majoritairement de l'électricité à partir des ressources correspondant à cette définition de la biomasse. Certaines d'entre elles valorisent néanmoins des déchets de l'industrie papetière tels que la liqueur noire, les boues papetières ou les boues de désencrage qui sont assimilés à la biomasse sans y correspondre tout à fait au sens juridique. Le terme de « bioénergies », plus englobant, est ici préféré.

#### Les technologies

La filière bioénergies constitue la principale filière de production d'énergie renouvelable primaire avec plus de 12 millions de tep, soit près du double de la production hydraulique<sup>(\*\*)</sup>. Les installations de la filière produisent majoritairement de la chaleur, et dans de plus faibles proportions de l'électricité, du biogaz injecté dans les réseaux de gaz naturel ainsi que des biocarburants. Seule la partie « électricité » sera traitée ici.

Pour la production d'électricité, les procédés de transformation peuvent faire appel à la voie thermochimique et biochimique. La voie thermochimique se décompose en trois principaux procédés : la combustion, pyrolyse et la gazéification. La combustion permet la transformation de la ressource en énergie thermique qui est utilisée pour produire de l'électricité. La pyrolyse transforme la source de biomasse en biogaz combustible ou en charbon de bois. Cette transformation de cette source en combustible est par la suite utilisée pour produire de l'électricité.

Le principal procédé de production d'électricité par voie biochimique est la méthanisation. Ce procédé s'appuie sur la fermentation des bactéries en l'absence d'oxygène dans un réacteur appelé digesteur. Cette fermentation conduit à la formation d'un gaz principalement

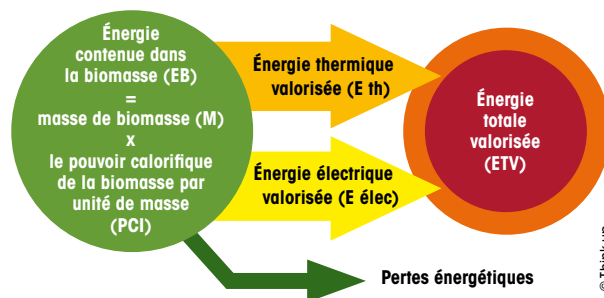
composé de méthane. Le méthane produit sert de combustible au cogénérateur, qui produit de l'électricité et de la chaleur.

Ce procédé fait appel à des sources diverses : effluents d'élevage (fumiers, lisiers), résidus agricoles et certaines cultures dites « énergétiques », déchets de l'industrie agro-alimentaire, déchets de restauration et biodéchets ménagers, déchets de tontes, déchets organiques de la grande distribution, boues d'épuration d'eaux usées urbaines, etc. Les autres types d'unités de biogaz (installations de stockage de déchets non dangereux, boues de stations d'épuration, ordures ménagères, etc.) peuvent reposer sur des processus différents.

#### Le fonctionnement d'une centrale à cogénération

Les ressources de biomasse ont la spécificité de pouvoir être valorisées en chaleur, gaz, électricité et biocarburants. Aussi, pour obtenir un meilleur rendement énergétique dans les installations de « bioénergies », la production d'électricité est souvent couplée simultanément à une production de chaleur, autrement appelée cogénération.

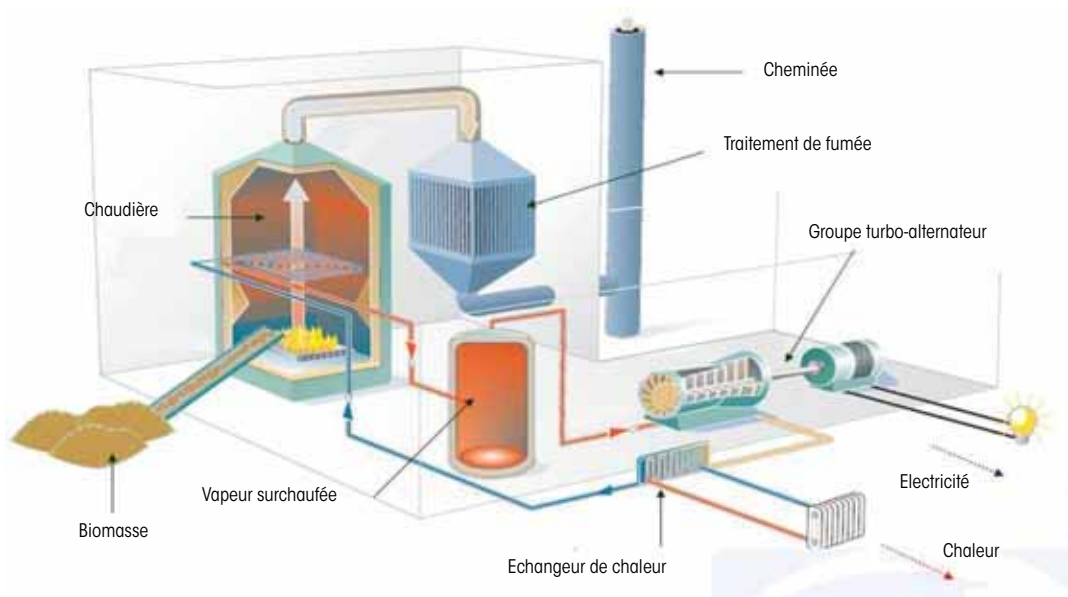
#### Principe de la cogénération à partir de la biomasse



Pour les centrales de cogénération à partir du bois-énergie et autres combustibles renouvelables, la chaleur représente en moyenne 70 % de l'énergie produite par ce type de centrale, tandis que l'électricité représente environ 30 %. L'efficacité d'une cogénération est déterminée par le ratio ETV / EB. Plus ce ratio sera proche de 1, plus la cogénération sera identifiée comme efficace.

(\*) Cf. Dir. 2009/28/CE (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0028&from=FR>)  
(\*\*) Source SER

### Schéma d'une centrale à cogénération biomasse



© Biately

## 2.2. Caractéristiques du parc raccordé

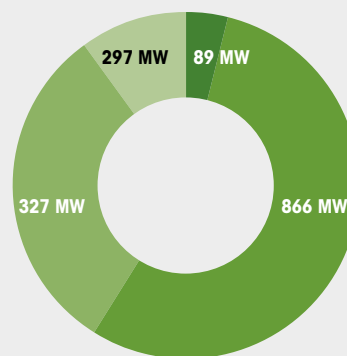
Le parc de la filière bioénergies s'élève à 1 579 MW au 31 décembre 2014. La capacité installée connaît une croissance cette année d'un peu plus de 6 %.

Le parc de la filière bioénergies est raccordé sur le réseau d'ERDF à hauteur de 60 %. Le raccordement de la puissance restante est réparti entre le réseau de RTE (34 %) et celui des ELD (6 %).

Dans la suite du document, le parc de la filière bioénergies est réparti de la manière suivante :

- Déchets ménagers ;
- Déchets de papeterie ;
- Biogaz ;
- Bois-énergie et autres biocombustibles renouvelables.

Répartition de la capacité installée par combustible



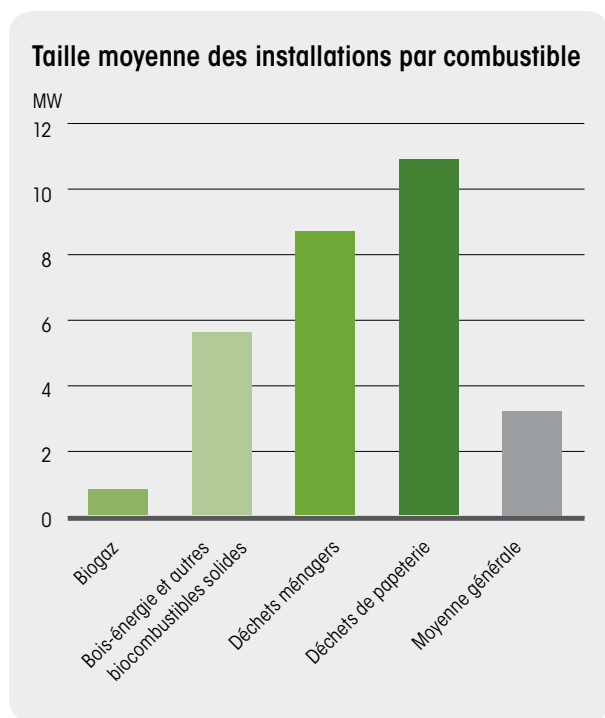
■ Déchets de papeterie    ■ Biogaz  
■ Déchets ménagers    ■ Bois-énergie et autres biocombustibles solides



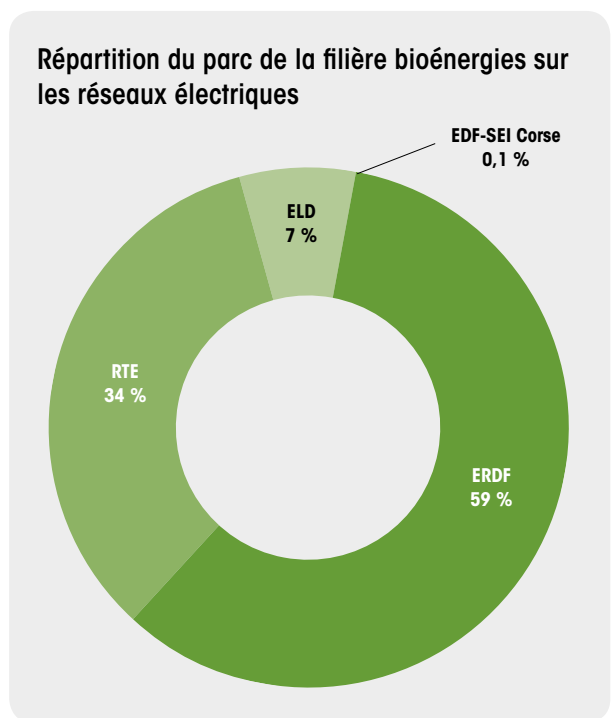
Avec 866 MW de puissance installée, les installations brûlant des déchets ménagers représentent plus de la moitié de la puissance installée de la filière.

Les installations de production à base de biogaz et de bois-énergie et autres biocombustibles renouvelables représentent chacune environ 20 % de la capacité de la filière. Les centrales produisant de l'électricité à partir des déchets de papeterie représentent quant à elles près de 5 % de la capacité.

Le parc de la filière bioénergies est composé de 501 installations dont 342 fonctionnent à partir de biogaz et 52 à partir de bois-énergie et autres biocombustibles renouvelables. Les déchets ménagers et papetiers sont utilisés respectivement par 99 et 8 installations de production d'électricité.



Le parc est composé de centrales de tailles variables dont la puissance installée est fortement corrélée aux intrants utilisés. La puissance moyenne des installations de production à partir de déchets est la plus importante, avec 9 MW pour les déchets ménagers et 11 MW pour les déchets issus de la papeterie.



Les installations utilisant du bois et d'autres biocombustibles renouvelables (le bois étant largement majoritaire) ont une puissance allant jusqu'à 39 MW (pour une puissance moyenne de 6 MW). Les installations de production d'électricité à base de biogaz sont quant à elles de taille plus réduite, pouvant atteindre une puissance de 17 MW, pour une puissance moyenne inférieure à 1 MW.

## 2.3. Répartition régionale du parc de la filière bioénergies

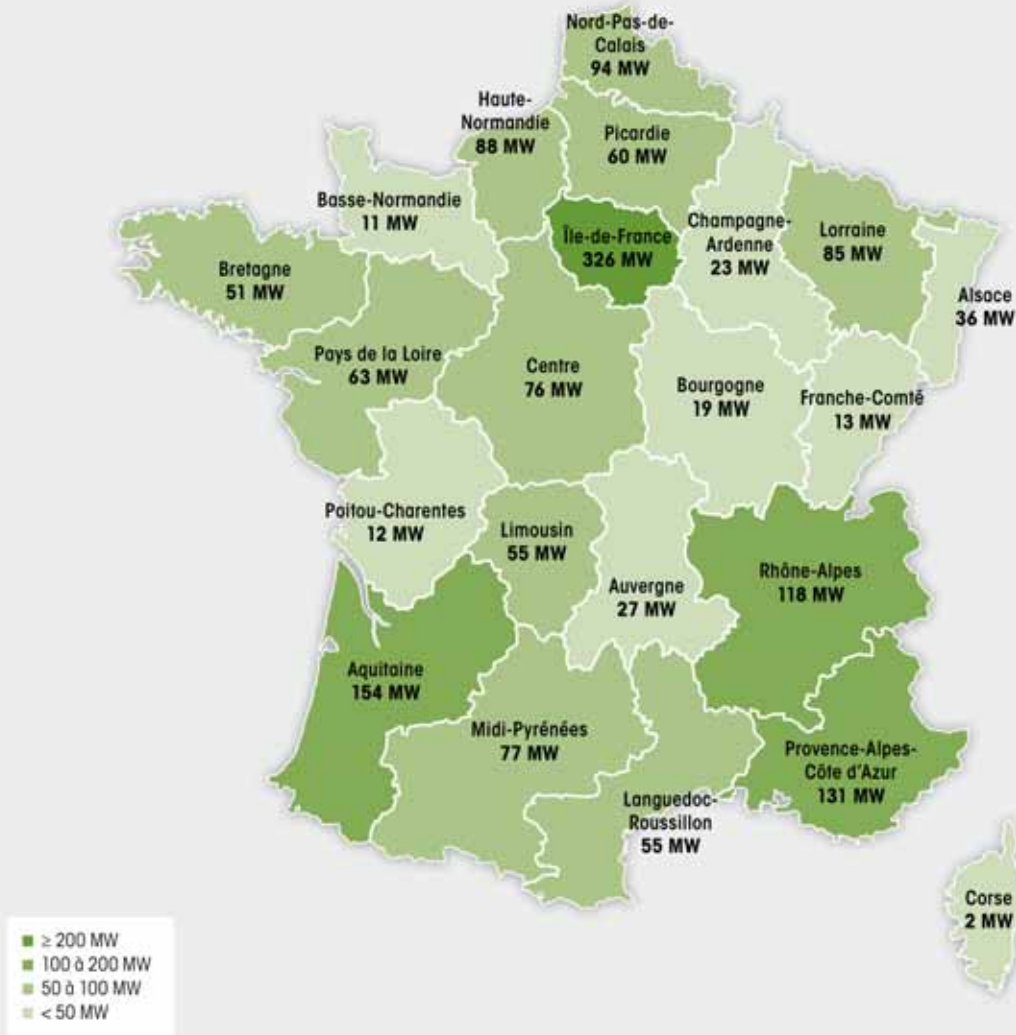
L'Île-de-France accueille le parc de la filière bioénergies le plus important avec 20 % de la capacité installée, soit plus de 320 MW. Son parc est composé à plus de 75 % d'unités de production d'électricité à partir de déchets.

L'Aquitaine compte le deuxième parc le plus important avec un peu plus de 150 MW. Il est composé en grande partie d'installations

fonctionnant au bois et autres biocombustibles renouvelables, ainsi que d'installations fonctionnant au biogaz.

La région Aquitaine est suivie par la région Provence-Alpes-Côte d'Azur avec plus de 130 MW et Rhône-Alpes avec un peu moins de 120 MW. Ces régions comptent principalement des installations fonctionnant à partir de déchets.

Répartition du parc de la filière bioénergies au 31 décembre 2014



La production publiée n'intègre que la part considérée comme renouvelable de l'électricité produite à partir des déchets ménagers.

# 3. Les perspectives de croissance de la filière bioénergies

## 3.1. File d'attente de raccordement aux réseaux publics de transport et de distribution

La file d'attente de raccordement des installations de la filière bioénergies au 31 décembre 2014 s'élève à 478 MW. Cette file d'attente est répartie entre le réseau de RTE avec 328 MW et le réseau de distribution d'ERDF avec 149 MW.

La file d'attente de raccordement sur le réseau de RTE est essentiellement composée d'installations fonctionnant à partir du bois-énergie et autres biocombustibles renouvelables. Huit projets sont en attente de raccordement dont une installation issue de l'appel d'offres « CRE 4 » d'une puissance de 170 MW. A l'exception de ce projet, la puissance moyenne des centrales en attente de raccordement est de 23 MW.

Sur le réseau d'ERDF, la file d'attente est répartie à part égale entre le bois-énergie et autres biocombustibles renouvelables et le biogaz représentant au total trois quart de la puissance en attente de raccordement.

La taille moyenne des installations de bois-énergie et autres biocombustibles en file d'attente sur le réseau d'ERDF est proche de celle des centrales raccordées en France avec 5 MW. Par contre, les installations biogaz en file d'attente ont une taille moyenne deux fois plus faible que celle des installations déjà raccordées (0,5 MW contre 1 MW pour les installations existantes).

### File d'attente de raccordement des installations de la filière bioénergies

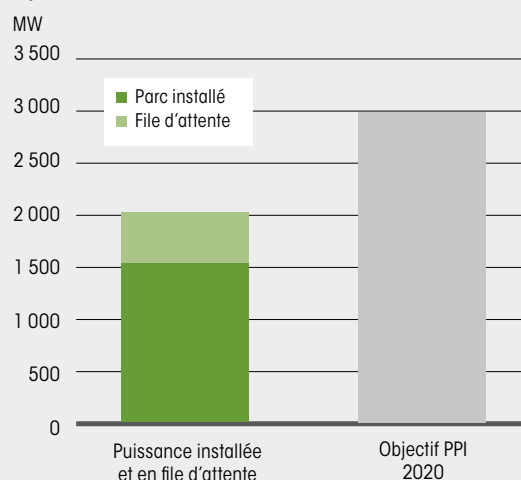
File d'attente au 31 décembre 2014 (MW)	
RPT	328
RPD	149
<b>Total</b>	<b>478</b>

## 3.2. Parc installé et file d'attente par rapport à l'objectif national

Le parc de la filière bioénergies raccordé au 31 décembre 2014 représente la moitié de l'objectif national de raccordement à 2020. La capacité installée et en file d'attente correspond quant à elle aux deux tiers de cet objectif.

Aucun appel d'offres n'a été relancé ces dernières années et les professionnels considèrent que les tarifs actuels ne permettent pas une rentabilité suffisante des projets pour les concrétiser.

### Parc installé et file d'attente par rapport à l'objectif PPI



# 4. La production de la filière bioénergies dans l'équilibre offre-demande

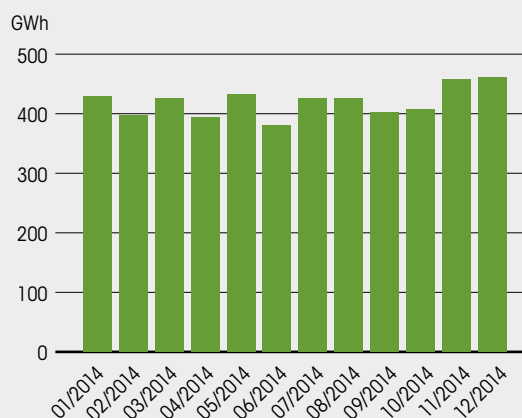
## 4.1. Production de la filière bioénergies

L'énergie électrique produite par la filière bioénergies s'élève à 5 TWh en 2014 soit une hausse de 8,4 % par rapport à 2013.

La production de la filière bioénergies a la particularité d'être stable au cours de l'année. Elle oscille entre 381 GWh en juin et 461 GWh en décembre 2014.

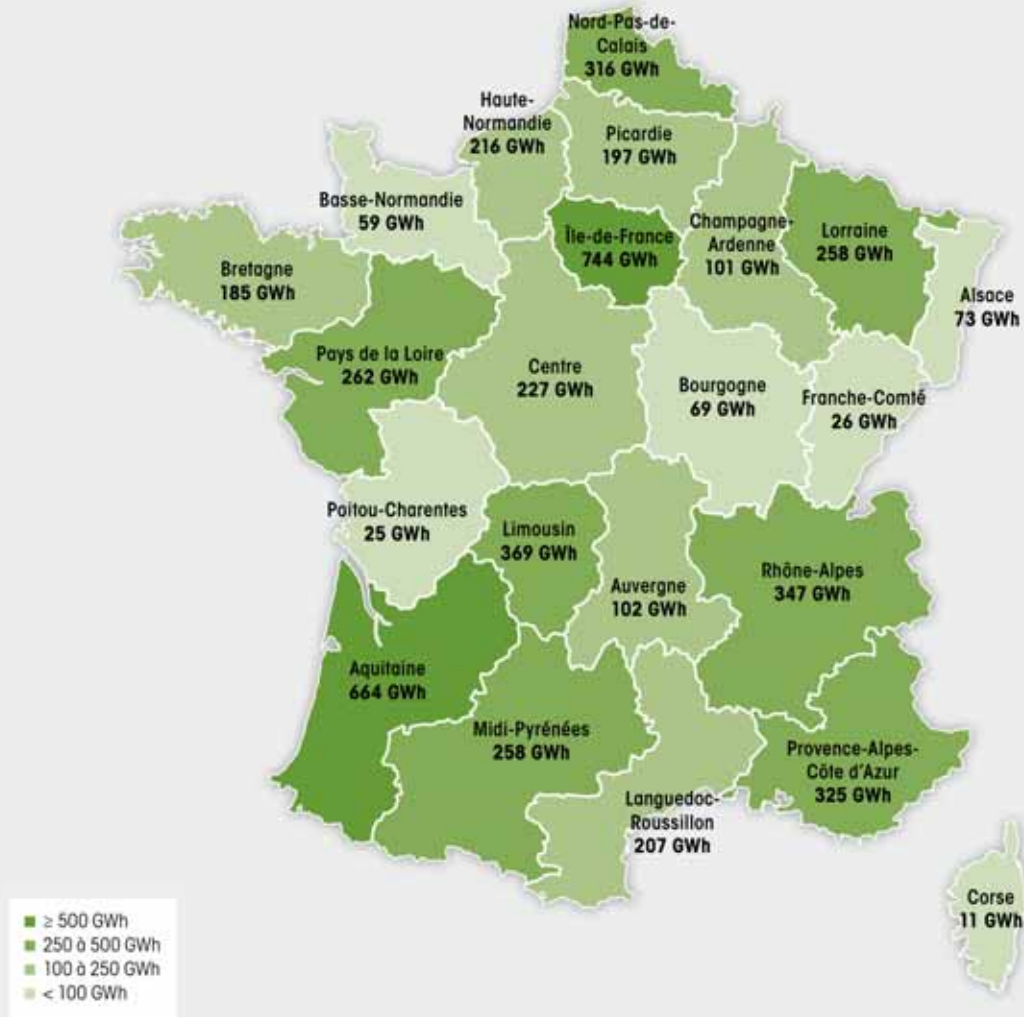
La production annuelle de la filière bioénergies de la région Ile-de-France représente, avec 744 GWh, 15 % de la production nationale. Elle est suivie par l'Aquitaine avec une production de 664 GWh. Limousin, Rhône-Alpes, Provence-Alpes-Côte d'Azur et Nord Pas-de-Calais ont chacune une production supérieure à 300 GWh. Ces six régions concentrent plus de la moitié de la production de la filière bioénergies.

Production mensuelle de la filière bioénergies



La production publiée n'intègre que la part considérée comme renouvelable de l'électricité produite à partir des déchets ménagers.

## Production de la filière bioénergies en 2014

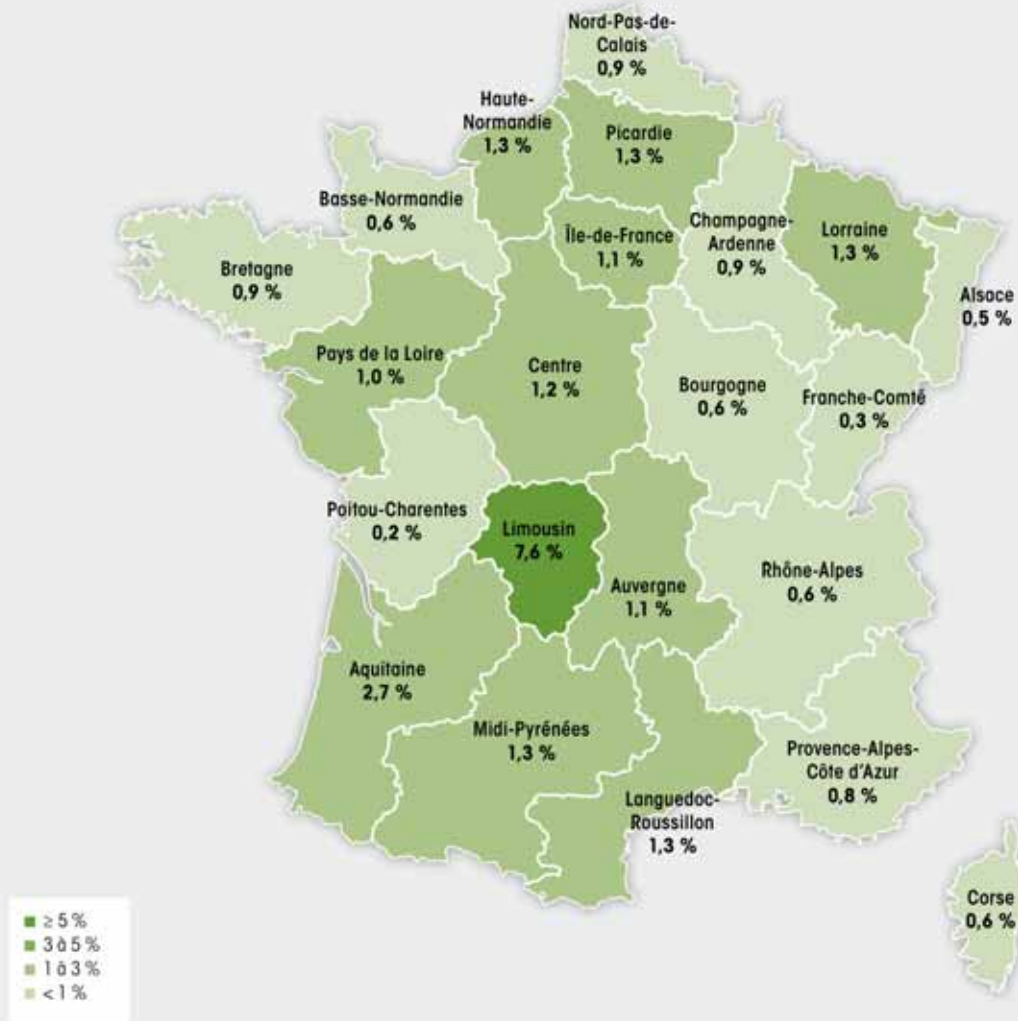


*La production publiée n'intègre que la part considérée comme renouvelable de l'électricité produite à partir des déchets ménagers.*

## 4.2. Taux de couverture de la consommation par la production de la filière bioénergies

La production de la filière bioénergies couvre en 2014 1,1 % de la consommation française. Le taux de couverture atteint 7,6 % dans le Limousin et 2,7 % en Aquitaine.

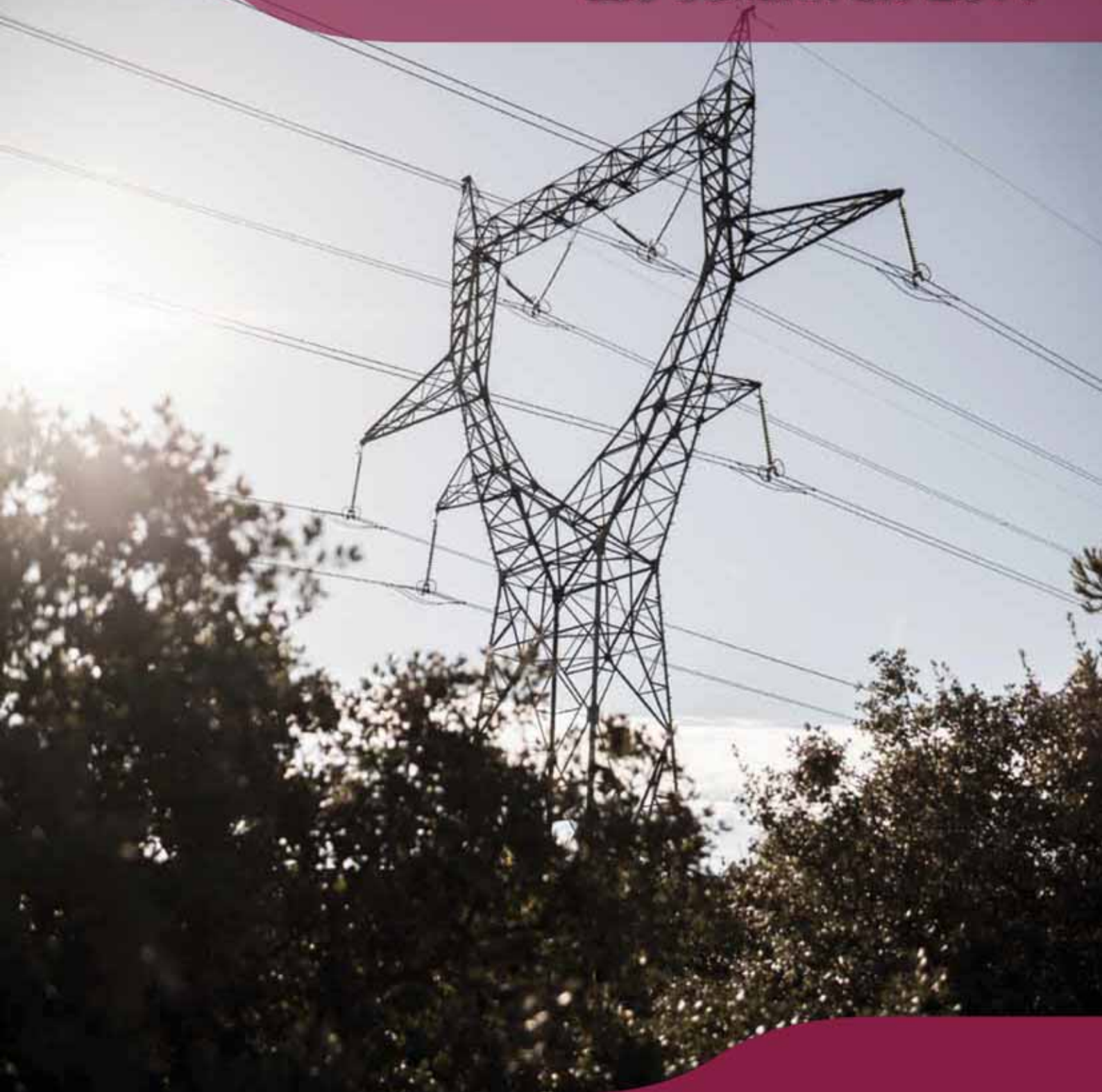
Taux de couverture moyen de la consommation par la production de la filière bioénergies en 2014



*La production publiée n'intègre que la part considérée comme renouvelable de l'électricité produite à partir des déchets ménagers.*



## LES S3REnR EN 2014



1. L'élaboration concertée des schémas régionaux de raccordement (S3REnR) pour un accès prioritaire des énergies renouvelables aux réseaux électriques.....	82
2. Actualité et chiffres clés de la réalisation des S3REnR .....	84
3. Bilan des raccordements dans le cadre des S3REnR.....	85
4. Un site internet pour aller plus loin dans le suivi des S3REnR .....	86

# Les S3REnR : outil de planification des réseaux pour l'accueil des énergies renouvelables électriques

## Le développement des énergies renouvelables électriques : une adaptation nécessaire des réseaux publics de transport et de distribution d'électricité à la mesure des objectifs

Les réseaux publics de transport et de distribution d'électricité peuvent se définir comme des infrastructures permettant la mise en relation de la production d'électricité avec les usages finals.

Les réseaux électriques ont été dimensionnés pour transporter et distribuer l'énergie produite par des moyens de production centralisés pour répondre à des demandes d'énergies localisées. Le développement des réseaux électriques a suivi historiquement la croissance de la pointe de consommation. Le déploiement depuis quelques années des moyens de production éoliens et photovoltaïques, caractérisés par leur nombre important et leur répartition sur l'ensemble du territoire, constitue un nouveau défi pour les réseaux électriques de transport et de distribution.

Cette évolution de la structure de production a un impact important sur le réseau de distribution. Avec le raccordement de plus de 320 000 installations et une moyenne de 30 000 nouvelles installations par an, le réseau de distribution doit à la fois répondre à ces demandes et adapter ses règles d'exploitation pour pouvoir collecter l'énergie produite et la distribuer localement ou l'acheminer vers le réseau de transport d'électricité.

Le développement des moyens de production décentralisés a également un impact sur le réseau de transport d'électricité. En effet, les excédents de production non soutirés localement sont transportés par le réseau de RTE vers d'autres pôles de consommation. De plus, ces moyens de production décentralisés et variables – éoliens et photovoltaïques – ont un impact sur l'équilibre offre-demande. Ainsi, ces nouvelles caractéristiques de la production nécessitent un développement du réseau de transport d'électricité aux échelles nationale et européenne (à travers les interconnexions) pour assurer la mutualisation des installations et répondre à l'équilibre offre-demande.

Cette transition énergétique, d'ores et déjà amorcée, a vocation à s'accélérer, comme en témoignent les différents objectifs européens, nationaux et régionaux. Afin d'assurer dans de bonnes conditions leur intégration aux réseaux électriques, les énergies renouvelables électriques bénéficient avec les schémas régionaux de raccordement aux réseaux des énergies renouvelables (S3REnR) d'un cadre adapté.

## 1. L'élaboration concertée des schémas régionaux de raccordement (S3REnR) pour un accès prioritaire des énergies renouvelables aux réseaux électriques

**Les S3REnR s'appuient sur les Schémas Régionaux du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE)**

Les SRCAE permettent à chaque région de fixer des objectifs de développement des énergies renouvelables électriques.

Les gestionnaires des réseaux publics de transport et de distribution d'électricité ont accompagné l'élaboration de ces schémas par leur expertise (Bilans électriques, état du réseau, capacité d'accueil, etc.) dans chacune des 21 régions de France continentale.

Les S3REnR précisent les conditions de mise en œuvre des objectifs à l'horizon 2020 définis dans les SRCAE.

### **Les S3REnR assurent un accès prioritaire des énergies renouvelables aux réseaux publics d'électricité**

Pour les postes électriques identifiés par les S3REnR, ce dispositif garantit la réservation de capacité d'accueil pour les installations de production supérieures à 100 kVA pour une durée de dix ans(\*). Parfois des solutions de renforcement ou de création de lignes ou de postes sont nécessaires lorsque la capacité du réseau est insuffisante ou inexistante.

Les coûts associés au renforcement des ouvrages du RPT et des postes sources sont à la charge des gestionnaires de réseaux et relèvent des investissements financés par le tarif d'utilisation du réseau public d'électricité (TURPE). Les coûts liés à la création d'ouvrages sont, quant à eux, répartis entre les producteurs sur un périmètre de mutualisation par un calcul de quote-part.

Les S3REnR fournissent :

- Le détail des travaux nécessaires à l'atteinte des objectifs en distinguant création et renforcement de réseau ;
- La capacité d'accueil globale et par poste réservée aux énergies renouvelables ;
- Le coût prévisionnel des ouvrages du périmètre mutualisé (créations) et la quote-part régionale ;
- Le calendrier prévisionnel des travaux

### **Les S3REnR prennent en compte la spécificité des énergies renouvelables variables**

Les moyens de production de source éolienne ou photovoltaïque fonctionnent rarement à leur puissance maximale et se caractérisent par une répartition diffuse sur le territoire. Les S3REnR tirent parti de cette spécificité pour dimensionner les ouvrages amont du réseau, en considérant que la puissance à évacuer est moins importante que la puissance raccordée en raison de la variabilité.

Le foisonnement de cette production variable est intégré dans les études, ce qui permet de dégager des capacités d'accueil à moindre coût pour les producteurs et la collectivité, tout en maintenant la sûreté du système électrique.

### **Les S3REnR sont élaborés en concertation avec les parties prenantes**

Réalisés par RTE en accord avec ERDF et l'ensemble des gestionnaires de réseaux de distribution, les S3REnR sont élaborés en concertation avec les parties prenantes.

A partir des gisements identifiés dans les SRCAE et de l'état initial constitué par les gestionnaires de réseaux, des itérations pour l'établissement des S3REnR avec les organisations de producteurs et les autres parties prenantes sont menées sous l'égide des pouvoirs publics.

Les projets de S3REnR sont par la suite mis en consultation auprès des organisations de producteurs, des chambres de commerce et d'industrie et des services déconcentrés de l'Etat.

Chaque projet de S3REnR fait l'objet d'une évaluation environnementale. Le rapport environnemental et le projet de S3REnR associé sont mis à disposition du public après avis de l'autorité environnementale compétente, en amont de l'approbation du schéma.

Ces schémas ont ainsi pour objectif d'assurer :

- Une visibilité pérenne des capacités d'accueil réservées aux énergies renouvelables d'ici 2020 ;
- Une optimisation des développements de réseaux nécessaires à leur accueil ;
- Une mutualisation des coûts permettant de ne pas faire porter l'ensemble des adaptations des réseaux aux premiers projets EnR.

#### **POUR EN SAVOIR PLUS :**

##### **Retrouver les Schémas régionaux de raccordement au réseau des énergies renouvelables :**

<http://www.rte-france.com/fr/nos-activites/accueil-enr/schemas-regionaux-de-raccordement-au-reseau-des-energies-renouvelables-s3renr>

##### **Retrouver la méthode d'élaboration des S3REnR :**

[http://clients.rte-france.com/lang/fr/visiteurs/mediatheque\\_client/offre.jsp](http://clients.rte-france.com/lang/fr/visiteurs/mediatheque_client/offre.jsp)

(\* Les raccordements d'installations dont les conditions sont fixées dans le cadre d'un appel d'offres en application de l'article L 311-10 du Code de l'énergie ne s'inscrivent pas dans le schéma régional de raccordement au réseau des énergies renouvelables (cas des appels d'offres éoliens offshore de juillet 2011 et janvier 2013)



## 2. Actualité et chiffres clés de la réalisation des S3REnR

Les premiers S3REnR ont été publiés le 21 décembre 2012 dans les régions Bourgogne et Alsace. Au 31 décembre 2014, treize S3REnR sont entrés en vigueur et six autres sont déposés en préfecture en attente d'approbation.

Les disparités régionales peuvent être importantes tant pour les capacités réservées que pour les quotes-parts. Les capacités

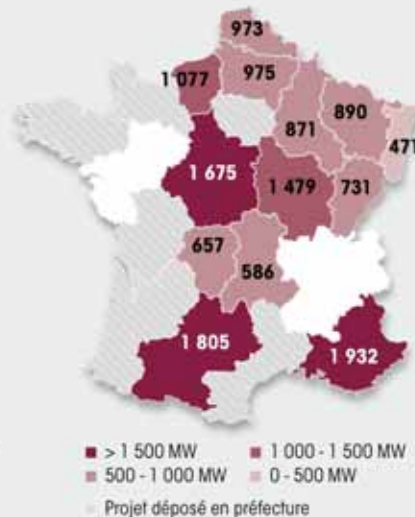
réservées pour l'ensemble des filières de production d'électricité renouvelable oscillent entre 471 MW en Alsace et 1 932 MW en Provence-Alpes-Côte d'Azur. Celle relative aux quotes-parts varient entre 0 k€/MW en Alsace et 69,85 k€/MW en Midi-Pyrénées. Ces disparités s'expliquent à la fois par les ambitions quantitatives et qualitatives fixées par les SRCAE, et par la capacité d'accueil initiale du réseau électrique.

### Chiffres clés des S3REnR

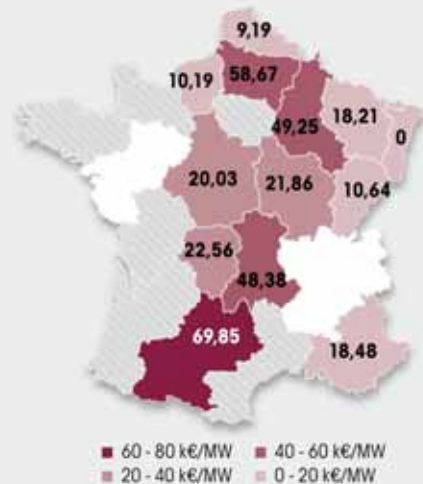
#### Récapitulatif des 13 régions ayant publié un S3REnR

Rappel des cumuls des ambitions SRCAE (hors hydraulique historique)	26,2 GW
Cumul des capacités réservées	14,1 GW
Moyenne des quotes-parts au titre de de la mutualisation (RPT et postes sources)	27,5 k€/MW

#### Capacité réservée à l'ensemble des EnR (en MW)



#### Quotes-parts régionales (RPT et postes sources, en k€/MW)



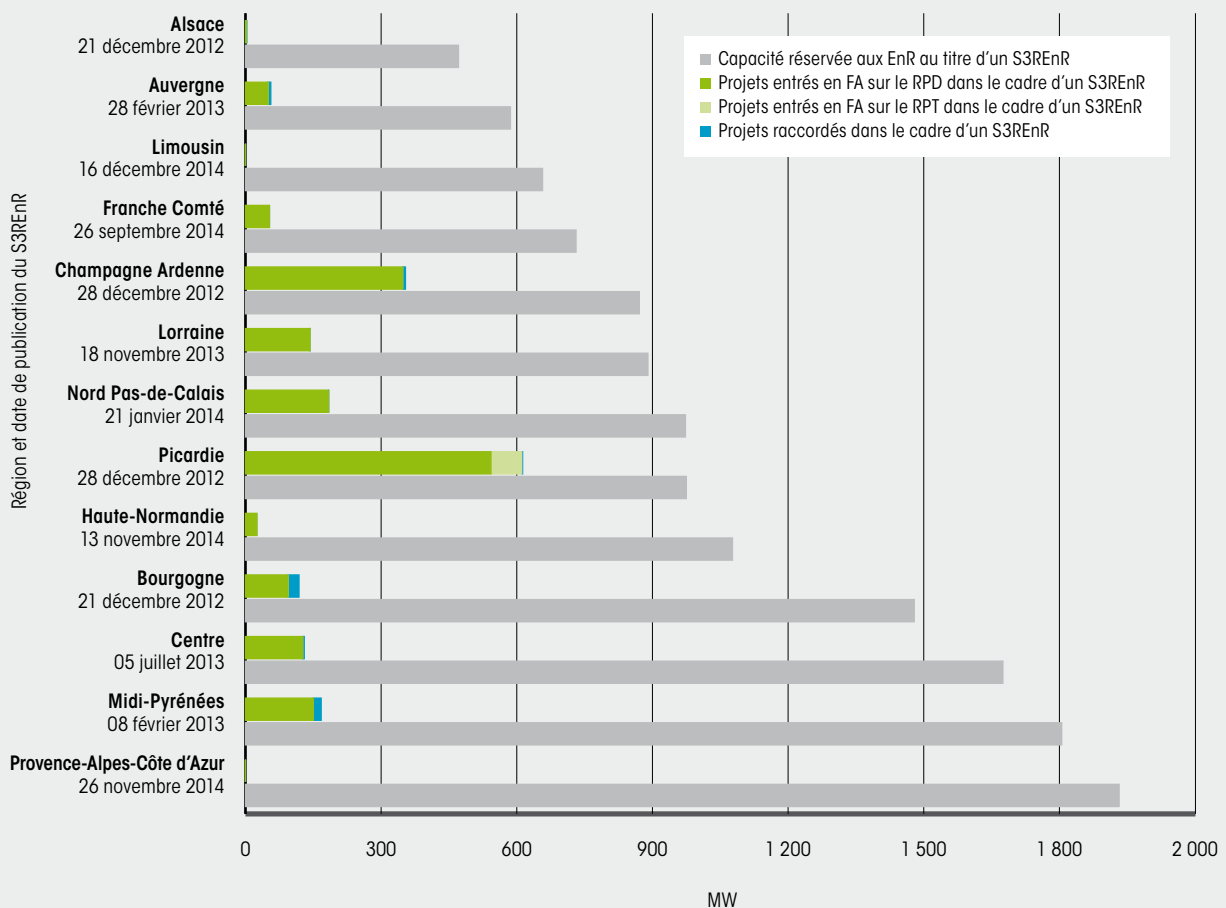
Les valeurs des capacités réservées et des quotes-parts publiées ici sont celles des S3RENr à leur date de publication.

### 3. Bilan des raccordements dans le cadre des S3REnR

Sur les treize S3REnR approuvés, on compte 1 700 MW en file d'attente et 61 MW raccordés au titre des schémas. La capacité raccordée au titre des S3REnR reste relativement faible en raison de la mise en œuvre récente du dispositif et de la durée incompressible de traitement des raccordements (procédures, durée des travaux de construction des ouvrages de raccordement, etc.).

Au 31 décembre 2014, le volume des projets raccordés et en file d'attente représente 14 % des capacités réservées au titre des S3REnR. A l'échelle des régions, la dynamique d'utilisation des capacités réservées varie d'une région à l'autre. En Picardie, 75 % des capacités réservées sont affectées avec plus de 613 MW en attente de raccordement. À l'inverse, seuls 2 % des capacités réservées ont été utilisées en Alsace (1,3 MW raccordé et 1,7 MW de projets en file d'attente).

**Capacités réservées, files d'attente (FA), puissances raccordées au 31 décembre 2014 dans le cadre des S3REnR**



Sources : RTE, ERDF et principales ELD



## 4. Un site internet pour aller plus loin dans le suivi des S3REnR

Depuis le mois d'août 2014, RTE et ERDF publient sur le site [www.capareseau.fr](http://www.capareseau.fr) un ensemble d'indicateurs illustrant la capacité des réseaux de transport et de distribution à accueillir la production. Ces informations permettent aux porteurs de projet de construire simplement une première évaluation de la faisabilité et de l'opportunité de leur projet.

Sur le site [www.capareseau.fr](http://www.capareseau.fr), les postes de RTE et les postes sources d'ERDF sont localisés sur une carte de France interactive. Des données sont publiées pour chacun des postes : des données

relatives au suivi des ENR, des informations relatives à la capacité d'accueil aux réseaux de RTE et d'ERDF.

### Suivi des EnR

Un onglet «suivi des EnR» est disponible uniquement dans les régions qui possèdent un S3REnR. Il donne une information sur l'état d'avancement du raccordement des EnR dans le cadre des schémas Régionaux du Climat de l'Air et de l'Energie (SRCAE). En particulier, il met en évidence la capacité réservée aux EnR au titre des S3REnR sur chaque poste.



### Capacité d'accueil du réseau public de transport

Un onglet, élaboré par RTE, donne les capacités d'accueil du réseau public de transport (RPT) pour l'ensemble des producteurs.



### Capacité d'accueil du réseau de distribution

Un onglet, élaboré par ERDF, détaille les capacités d'accueil en production du poste source pour l'ensemble des producteurs.



Les données publiées sont disponibles en téléchargement. Leur agrégation par région administrative permet notamment d'effectuer un suivi de l'avancement des SRCAE et des S3REnR.

A l'heure actuelle, seules les données de RTE et d'ERDF alimentent le site [www.caparéseau.fr](http://www.caparéseau.fr). Des travaux sont en cours avec les ELD pour les intégrer progressivement à la démarche. Les informations publiées par les gestionnaires de réseau sur le site [www.caparéseau.fr](http://www.caparéseau.fr), mises à jour régulièrement, ont un caractère purement indicatif.

# Glossaire

**La consommation intérieure brute** désigne l'ensemble des quantités d'électricité soutirée du réseau pour répondre au besoin d'électricité sur le territoire national et régional (hors DOM et COM y compris Corse pour le territoire national) : productions + importations - exportations – pompage.

**L'ENTSO-E** (European Network of Transmission System Operators for Electricity) est l'association des gestionnaires de réseau de transport d'électricité, regroupant 34 pays membres au travers de 41 GRT, qui a pour but de promouvoir les aspects importants des politiques électriques tels que la sécurité, le développement des énergies renouvelables et le marché de l'électricité. Elle travaille en étroite concertation avec la Commission européenne et représente la colonne vertébrale de l'Europe électrique.  
<https://www.entsoe.eu/data/Pages/default.aspx>

**Le facteur de charge** est le rapport entre l'énergie effectivement produite et l'énergie qu'aurait pu produire une installation si cette dernière fonctionnait pendant la période considérée à sa capacité maximale. Cet indicateur permet notamment de caractériser la productibilité des filières tant éolienne que photovoltaïque et la variabilité d'une période à une autre.

**La file d'attente** comprend, pour le réseau de RTE, les projets ayant fait l'objet d'une « proposition d'entrée en file d'attente » ou d'une « proposition technique et financière » acceptée ou qui ont été retenus dans le cadre d'un appel d'offres. Pour le réseau d'ERDF et des ELD, il s'agit de projets pour lesquels une demande de raccordement a été qualifiée complète par le gestionnaire de réseau de distribution.

**Le parc installé** représente le potentiel de production de l'ensemble des équipements installés (ou raccordés) sur un territoire donné (national ou régional). Cet indicateur est souvent exprimé en mégawatt (MW) ou en gigawatt (GW). Il est également désigné par les termes capacité installée et puissance installée.

**La PPI** (Programmation Pluriannuelle des Investissements) de production électrique est un document prévu par l'article 6 de la loi du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité. La PPI est la traduction de la politique énergétique dans le domaine de l'électricité et constitue un document de référence de la politique énergétique française. La PPI de production d'électricité reste un document indicatif sans caractère prescriptif ou planificateur.

**Le système électrique** est un ensemble organisé d'ouvrages permettant la production, le transport, la distribution et la consommation d'électricité.

**Les S3REnR** (Schémas Régionaux de Raccordement au Réseau des Energies Renouvelables) sont institués par l'article 71 de la loi du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité. Ils sont basés sur les objectifs fixés par les SRCAE et sont élaborés par RTE en accord avec les gestionnaires des réseaux publics de distribution d'électricité concernés.

**Les SRCAE** (Schémas Régionaux du Climat, de l'Air et de l'Energie) sont introduits par l'article 68 de la loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement. Ces schémas contribuent à définir les orientations régionales et stratégiques en matière notamment de réduction des émissions de gaz à effet de serre, de développement des énergies renouvelables et d'adaptation au changement climatique. Ils fixent des objectifs quantitatifs et qualitatifs de matière de valorisation des potentiels de développement des énergies renouvelables à l'horizon 2020.

**Le taux de couverture** est un indicateur mettant en rapport la production (éolienne, photovoltaïque et/ou hydraulique) à la consommation intérieure brute sur une période. Cet indicateur rend compte de la couverture de la demande par la production éolienne, photovoltaïque et/ou hydraulique.



# Tout savoir de l'électricité en France et dans votre région

Comprendre les enjeux du système électrique

Découvrir en temps réel les évolutions de l'électricité en France

Visualiser la mise en œuvre de la transition énergétique dans votre région



## Une application intelligente au service de la transparence

Grâce à sa navigation simple et ergonomique, éco2mix vous propose un accès rapide aux données régionales et nationales du système électrique.

<http://www.rte-france.com/eco2mix>

RTE met à la disposition du public des données sur la base de comptages effectués sur son réseau et à partir d'informations transmises par ERDF, des Entreprises Locales de Distribution et certains producteurs.

Télécharger gratuitement l'application dès maintenant !



Le réseau de l'intelligence électrique

---

**RTE - Réseau de transport d'électricité** SA à conseil de surveillance et directoire au capital de 2 132 285 690 € / RCS de Nanterre 444 619 258 / [www.rte-france.com](http://www.rte-france.com)  
**Syndicat des Energies Renouvelables** 13-15 rue de la Baume - 75008 Paris / [www.enr.fr](http://www.enr.fr)  
**ERDF** SA à conseil de surveillance et directoire au capital de 270 037 000 € / R.C.S. de Nanterre 444 608 442 / [www.erdfdistribution.fr](http://www.erdfdistribution.fr)  
**ADEef – Association des Distributeurs d'Electricité en France** 27, rue Saint Ferdinand - 75017 Paris / [www.adeef.fr](http://www.adeef.fr)

La responsabilité de RTE Réseau de transport d'électricité S.A., du Syndicat des énergies renouvelables, de ERDF Electricité Réseau de Distribution France S.A. et de ADEef Association des Distributeurs d'Electricité en France ne saurait être engagée pour les dommages de toute nature, directs ou indirects, résultants de l'utilisation ou de l'exploitation des données et informations contenues dans le présent document, et notamment toute perte d'exploitation, perte financière ou commerciale. Impression sur papier issu de forêts gérées durablement.

