



PANORAMA DE L'ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE EN 2015



Le réseau
de l'intelligence
électrique



Sommaire

Préambule	1
■ L'électricité renouvelable en France	2
■ La filière éolienne	11
■ La filière solaire	30
■ La filière hydraulique	51
■ La filière bioénergies	63
■ Les S3REnR	71
Note méthodologique	78
Glossaire	79

Préambule

L'engagement de la France de porter la part des énergies renouvelables à 40 % de la production d'électricité en 2030, renforce les enjeux de l'adaptation des infrastructures et de la gestion du système électrique afin d'y accueillir les nouvelles installations de production d'électricité.

Pour accompagner le déploiement des énergies renouvelables, RTE, le SER, ERDF et l'ADEEF ont engagé ensemble une coopération pour la publication d'un état des lieux détaillé des principales filières de production d'électricité de source renouvelable, tant à l'échelle régionale, nationale qu'europpéenne.

Une 6^{ème} édition déclinée selon les nouvelles régions administratives

Cette 6^{ème} édition du Panorama de l'électricité renouvelable présente l'état des lieux à fin décembre 2015. Le panorama régional des filières renouvelables électriques en France métropolitaine s'appuie sur les 13 nouvelles régions administratives^(*). Toutes les informations sont mises en regard des ambitions retenues par la France pour 2020 pour chaque source de production d'électricité renouvelable et du développement des énergies renouvelables en Europe.

La croissance des énergies renouvelables électriques portée par l'éolien et le solaire

Après une année 2014 marquée par la reprise du raccordement des installations éoliennes et solaires, l'année 2015 confirme que ce sont ces deux filières qui contribuent le plus à la croissance des énergies renouvelables électriques. Au 31 décembre 2015, les puissances des parcs éolien et solaire s'élèvent respectivement à 10 312 MW et 6 191 MW, soit un total supérieur à 16,5 GW. Cette dynamique est notamment liée aux mesures de simplification des procédures administratives encadrant leur développement et à la sécurisation du cadre tarifaire. Le solaire et l'éolien représentent désormais 38 % des capacités de production d'énergies renouvelables électriques en France métropolitaine.

Avec plus de 25 400 MW installés en France, la filière hydraulique, la première des énergies électriques de source renouvelable, demeure stable. Le parc de production d'électricité à partir des bioénergies s'élève à 1 703 MW à fin décembre 2015, soit une croissance de 105 MW en un an.

Toutes filières confondues, la croissance du parc s'élève à 2 GW, ce qui porte sa puissance à plus de 43,6 GW au 31 décembre 2015.

Des réseaux de transport et de distribution au cœur de la transition énergétique

Pour répondre aux objectifs de la transition énergétique, les réseaux de transport et de distribution continuent à évoluer afin de permettre l'intégration de la production d'électricité renouvelable tout en garantissant la sécurité et la sûreté du système électrique. Les installations de production de source renouvelable se caractérisent par leur nombre, leur disparité de taille et de répartition, et une production variable pour ce qui concerne l'éolien et le solaire. Moyen de mutualisation de ces ressources à l'échelle nationale, les réseaux permettent d'optimiser leur utilisation et sont un facteur important de solidarité entre les régions.

La mise en place de schémas régionaux de raccordement au réseau des énergies renouvelables (S3REnR) assure une visibilité à long terme des capacités d'accueil spécifiquement réservées aux énergies renouvelables. Réalisés par RTE en accord avec ERDF, l'ensemble des gestionnaires de réseaux de distribution et en concertation avec les acteurs concernés, ces schémas permettent d'optimiser le développement des réseaux et de mutualiser les coûts de raccordement.

Suite à l'adoption de l'Accord de Paris sur le climat lors de la COP21, et dans le cadre de la mise en œuvre de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte, le Panorama de l'électricité renouvelable se veut un outil d'accompagnement au service de toutes les parties prenantes.

(*) Les noms des nouvelles régions n'ayant pas été officiellement arrêtés à la date de publication, les appellations utilisées assemblent les anciens noms de région par ordre alphabétique.

L'ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE EN FRANCE EN 2015



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 2015.....	5
2.2. Répartition régionale du parc des installations de production d'électricité renouvelable.....	6

3. File d'attente et parc raccordé par rapport aux objectifs nationaux et régionaux7

4. La production d'électricité renouvelable dans l'équilibre offre - demande8

5. Principaux chiffres de l'électricité renouvelable en Europe9

1. Chiffres clefs et actualités de l'électricité renouvelable

1.1. Chiffres clefs



Installations de production d'électricité renouvelable raccordées au 31 décembre 2015

- Le parc des installations de production d'électricité renouvelable raccordées en France métropolitaine représente une puissance de **43 627 MW**(*) dont **25 402 MW** sur le réseau de RTE, **16 841 MW** sur le réseau d'ERDF, **1 016 MW** sur les réseaux des ELD et **353 MW** sur le réseau d'EDF-SEI en Corse ;
- Le parc des installations de production d'électricité renouvelable raccordées progresse de **1 999 MW**, depuis le 1^{er} janvier 2015. Ces capacités sont principalement réparties entre les filières éolienne et solaire.

1.2. Actualités

Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte

Avec un objectif de « porter la part des énergies renouvelables à 32 % de la consommation finale française brute d'énergie en 2030 », la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte, promulguée le 18 août 2015, offre aux énergies renouvelables de nouvelles perspectives. A cet horizon, la production d'électricité de source renouvelable devra atteindre 40 % du mix électrique. Cet objectif sera la base de la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE), inscrite dans la loi et dont le volet « énergies renouvelables » a fait l'objet d'une consultation au cours du dernier trimestre 2015. À noter que les DROM-COM établiront une PPE spécifique, tout comme la Corse dont la PPE a été décrétée dans le JO du 20 décembre 2015.

La loi modifie également les mécanismes de soutien aux énergies renouvelables électriques. Cette transformation fait suite aux décisions prises par la Commission européenne qui entreront en

File d'attente de raccordement au 31 décembre 2015

- La file d'attente de raccordement des installations de production d'électricité renouvelable en France continentale est de **13 747 MW** au 31 décembre 2015, soit un volume légèrement supérieur à l'année précédente. Elle se compose de **5 767 MW** sur le réseau de RTE, **7 245 MW** sur le réseau d'ERDF, **676 MW** sur les réseaux des ELD et de **60 MW** sur le réseau d'EDF-SEI en Corse.

Production d'électricité renouvelable en 2015

- La production d'électricité renouvelable du 1^{er} janvier au 31 décembre 2015 s'élève à **88,4 TWh**, dont **54 TWh**(**) de production hydraulique, **21 TWh** de production éolienne, **7,4 TWh** de production solaire et **6 TWh** de production de la filière bioénergies ;
- Le taux moyen de couverture de la consommation par la production d'électricité renouvelable est de **18,7 %** sur la période.

application au 1^{er} janvier 2016. Les lignes directrices européennes introduisent deux principales évolutions :

- Dans un premier temps, pour les installations supérieures à 0,5 MW, le mécanisme de soutien aux filières renouvelables électriques prendra la forme d'un complément de rémunération qui s'ajoutera au prix auquel l'électricité aura été vendue sur le marché ;
- Dans un second temps, pour les installations supérieures à 1 MW, ce complément de rémunération sera alloué via un système d'appels d'offres.

Ces dispositions constituent une mutation majeure du cadre économique des installations de production d'électricité renouvelable. Cependant, la loi privilégiant la progressivité du dispositif, elle préserve du nouveau mécanisme tous les projets qui auront fait l'objet d'une demande d'obligation d'achat avant le 1^{er} janvier 2016.

(*) Ce chiffre prend en compte près de 16 MW de droits d'eau en plus du parc raccordé à RTE, ERDF, aux ELD et à EDF-SEI en Corse.

(**) 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).

Il est à noter que la filière éolienne terrestre pourra bénéficier d'une période de cohabitation pendant laquelle les producteurs éoliens pourront choisir la vente directe sur le marché ou le tarif d'obligation d'achat. En effet pour cette filière, l'arrêté tarifaire en vigueur ayant été notifié à la Commission européenne en octobre 2013 et validé par elle en mars 2014, il demeure juridiquement valable au-delà du 1^{er} janvier 2016.

La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte confie, en outre, au gestionnaire du réseau de transport de l'électricité, l'établissement d'un registre national des installations de production d'électricité et de stockage raccordées aux réseaux publics de transport et de distribution d'électricité du territoire métropolitain continental et des zones non interconnectées.

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

Réforme territoriale

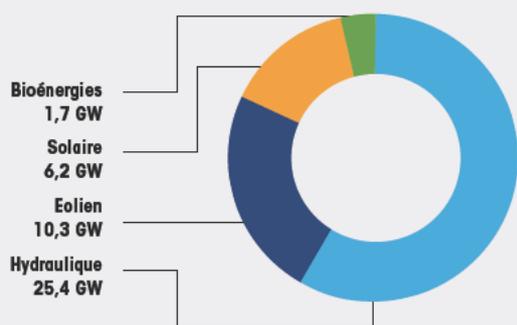
L'Assemblée nationale et le Sénat ont adopté le projet de loi portant nouvelle organisation territoriale de la République le 7 août 2015 (loi NOTRe). Il s'agit du troisième volet de la réforme des territoires, après la loi de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles et la loi relative à la délimitation des régions. Afin de s'adapter à ce nouveau contexte le Panorama de l'électricité renouvelable en 2015 décline ses indicateurs à la maille des 13 nouvelles régions. Les objectifs régionaux, anciennement portés par les SRCAE^(*), sont présentés sous forme agrégée afin de permettre le suivi des politiques en matière d'électricité renouvelable. De nouvelles orientations seront fixées d'ici 2019 au sein des schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET), créés par la loi NOTRe. Cela devrait permettre une meilleure cohérence entre les objectifs nationaux et l'ensemble des objectifs régionaux.

(*) Schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie.

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

2.1. Parc renouvelable raccordé au 31 décembre 2015

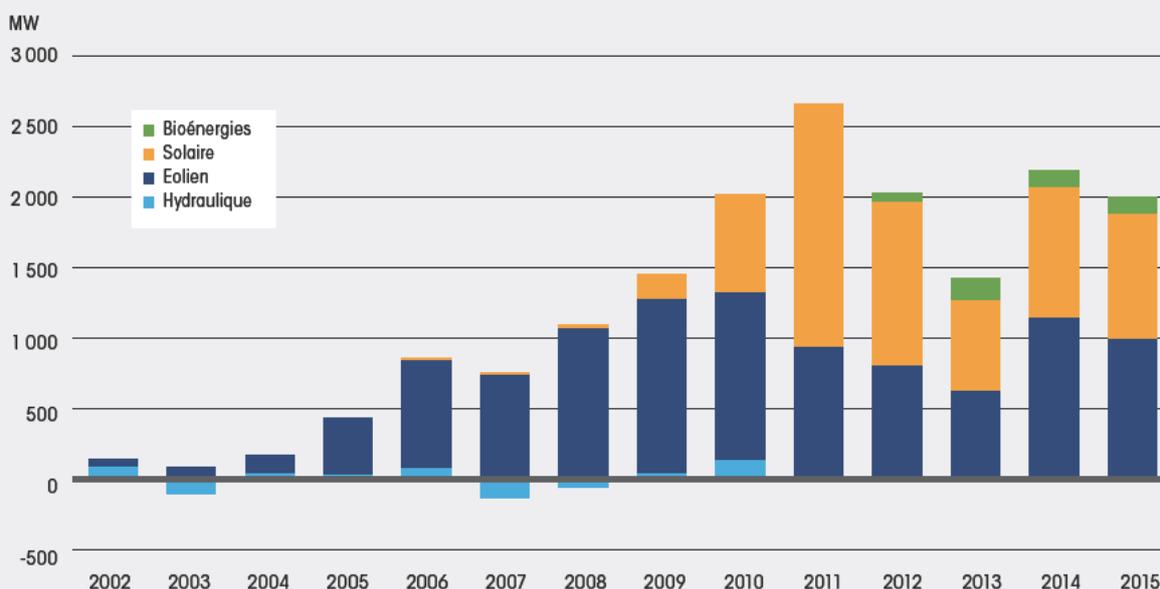
Parc renouvelable raccordé au 31 décembre 2015



La puissance du parc de production d'électricité renouvelable en France métropolitaine s'élève à 43 627 MW. Le parc hydraulique représente environ 60 % de la capacité installée. La filière éolienne et la filière solaire, encore exclusivement portée par la technologie photovoltaïque, connaissent actuellement la plus forte croissance et concentrent 38 % des capacités.

La composition du parc de production d'électricité renouvelable continue d'évoluer en faveur des filières éolienne et solaire avec l'arrivée de 1 894 MW de capacité installée durant l'année 2015. Ce volume est inférieur aux 2 086 MW raccordés sur ces deux filières en 2014, du fait d'une moindre maturité des projets actuellement en file d'attente. En effet, en 2014, la stabilisation du cadre tarifaire de la filière éolienne avait entraîné la concrétisation de nombreux projets matures, en attente d'un signal positif.

Evolution de la puissance totale raccordée annuellement depuis 2002



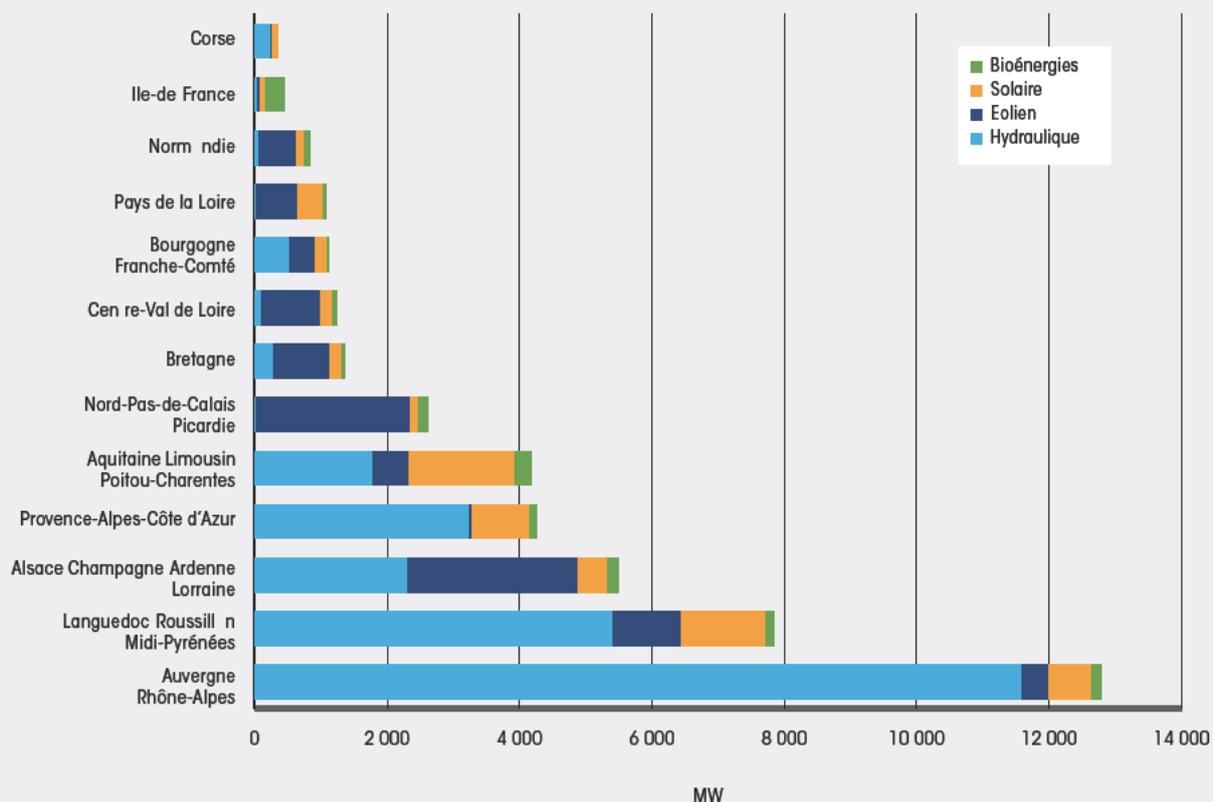
Les données relatives à la filière bioénergies ne sont pas disponibles avant 2012.

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

La région Auvergne Rhône-Alpes accueille le parc renouvelable le plus important, essentiellement grâce à l'hydroélectricité, et représente près de 30 % du parc renouvelable installé en France

métropolitaine. Suivent les régions Languedoc-Roussillon Midi-Pyrénées et Alsace Champagne-Ardenne Lorraine, régions dans lesquelles les parcs hydrauliques sont également développés.

Répartition régionale des puissances raccordées par filière au 31 décembre 2015



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 13 747 MW au 31 décembre 2015. Elle est composée de 7 490 MW d'installations éoliennes terrestres, 3 258 MW d'installations éoliennes *offshore*, 1 934 MW d'installations solaires, 557 MW d'installations bioénergies et de 508 MW d'installations hydrauliques.

Fixés à l'horizon 2020, l'atteinte des objectifs nationaux inscrits dans la PPI^(*), et l'atteinte des objectifs régionaux inscrits dans les SRCAE^(**), présentent des résultats contrastés selon les filières.

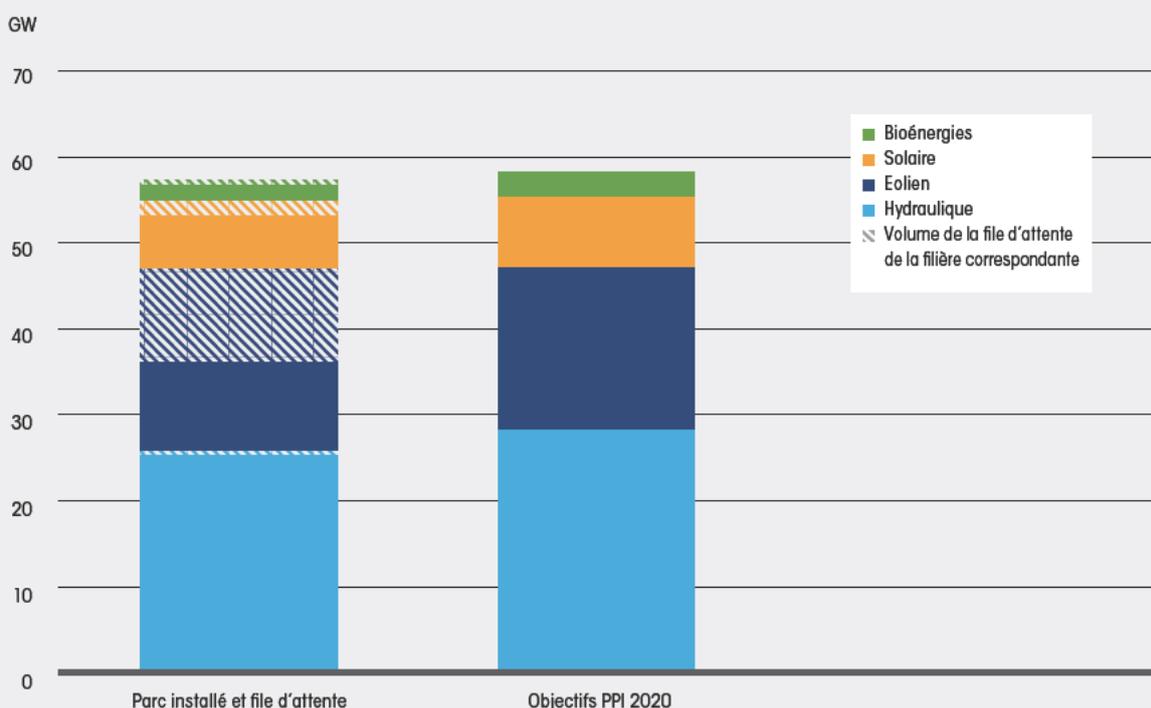
Pour le solaire, le rythme de croissance de la filière a permis d'atteindre l'objectif national de 5 400 MW^(***) dès 2014, soit avec 6 ans d'avance. Cet objectif a été revu à la hausse et s'établit à présent à 8 000 MW. Toutefois, au niveau régional, les objectifs cumulés

d'installation de parcs solaires atteignent près de 16 000 MW, ce qui semble difficile à atteindre d'ici 2020, malgré le dynamisme de la filière.

Concernant l'éolien, le rythme actuel de raccordement ne paraît pas suffisant pour remplir l'objectif national fixé à 19 000 MW, ni de fait les objectifs régionaux cumulés, encore plus ambitieux.

En revanche, les objectifs nationaux et régionaux concernant le parc hydraulique installé sont atteints respectivement à 90 % et 95 %. Ainsi, sur l'ensemble des filières de production d'électricité renouvelable, le parc raccordé remplit les objectifs nationaux à plus de 75 %. La file d'attente de raccordement représente, quant à elle, plus de 23 % de ces objectifs.

Parc installé et file d'attente au 31 décembre 2015, au regard des objectifs PPI par filière



(*) Programmation pluriannuelle des investissements.

(**) Schémas Régionaux du Climat, de l'Air et de l'Energie.

(***) Cet objectif PPI a été fixé en 2009, année où cette filière était encore dans les prémices de son développement. Les installations présentes hors France métropolitaine sont prises en compte dans l'atteinte de cet objectif.

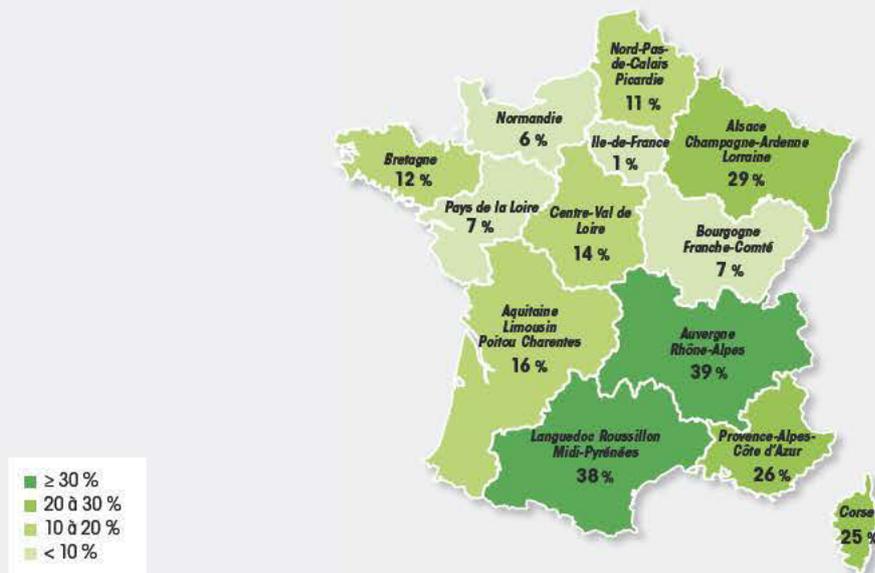
4. La production d'électricité renouvelable dans l'équilibre offre - demande

Le taux de couverture moyen de la consommation électrique par les énergies renouvelables a été de 18,7 % entre le 1^{er} janvier et le 31 décembre 2015, dont 11,4 % assurés par la filière hydraulique, 4,5 % par la filière éolienne, 1,6 % par la filière solaire et 1,3 % par les bioénergies.

Le taux de couverture moyen de la consommation électrique par les énergies renouvelables est en baisse par rapport à l'année 2014 où il était de 19,6 %. Cette variation de - 0,9 point s'explique

notamment par une hausse de la consommation de près de 2 % et une baisse de la production hydraulique d'environ 14 % (soit - 8,5 TWh), la pluviométrie ayant été largement inférieure aux niveaux constatés en 2014. Il semblerait également que la hausse des débits réservés ait impacté négativement le niveau de production hydraulique, comme évoqué dans l'édition du Panorama de l'électricité renouvelable 2014.

Taux de couverture moyen de la consommation par la production d'électricité renouvelable en 2015



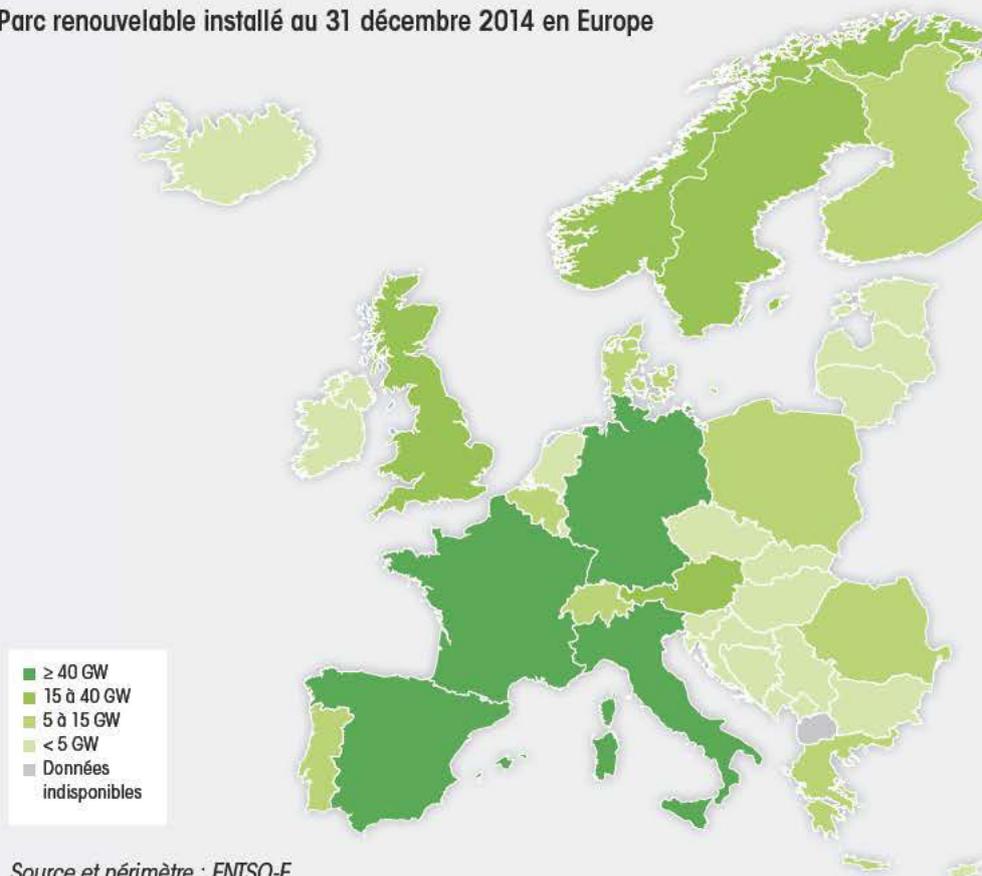
5. Principaux chiffres de l'électricité renouvelable en Europe

Le parc renouvelable installé

Au 31 décembre 2014, la puissance EnR installée en Europe s'élevait à près de 434 GW dans l'ensemble des pays européens membres de l'ENTSO-E.

Avec environ 92 GW installés, l'Allemagne possède le parc le plus important devant l'Italie (53,7 GW) et l'Espagne (50,3 GW). La France à fin décembre 2014 possédait la 4ème capacité d'Europe avec 41,6 GW.

Parc renouvelable installé au 31 décembre 2014 en Europe



Source et périmètre : ENTSO-E

(Pour la Grande-Bretagne, les données concernant les parcs éolien et solaire sont celles fournies par DECC).

LA FILIÈRE ÉOLIENNE EN 2015



1. Chiffres clefs et actualités

1.1. Chiffres clefs.....	12
1.2. Actualités.....	12

2. Le parc éolien en France

2.1. Parc éolien raccordé au 31 décembre 2015	13
2.2. Répartition régionale du parc éolien	14
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

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

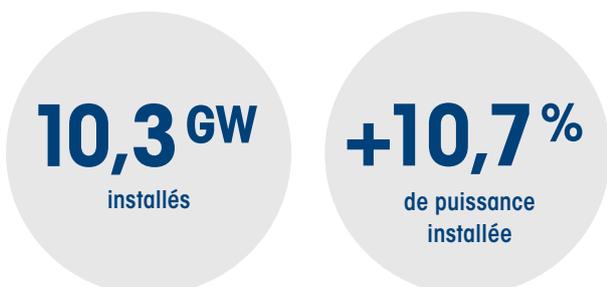
4.1. Production et facteur de charge du parc éolien	20
4.2. Répartition régionale de la production et du facteur de charge	21
4.3. Participation à la couverture de la consommation	23
4.4. Une production variable avec de fortes disparités régionales	24
4.5. La maîtrise des flux de production éolienne dans le système électrique	25

5. Principaux chiffres de la filière éolienne en Europe 26

Focus : Les perspectives et les défis de l'éolien en mer 29

1. Chiffres clefs et actualités

1.1. Chiffres clefs



Puissance éolienne au 31 décembre 2015

- Le parc éolien raccordé représente une puissance de **10 312 MW** dont **585 MW** sur le réseau de RTE, **9 191 MW** sur le réseau d'ERDF, **518 MW** sur les réseaux des ELD et **18 MW** sur le réseau d'EDF-SEI en Corse ;
- Le parc éolien progresse de **999 MW** en 2015.

File d'attente de raccordement au 31 décembre 2015

- La file d'attente de raccordement des installations éoliennes en France continentale est de **10 748 MW** au 31 décembre 2015 contre 9 877 MW au 31 décembre 2014 ;
- Elle se compose de **4 957 MW** sur le réseau de RTE (dont 3 258 MW d'installations éoliennes *offshore*), **5 170 MW** sur le réseau d'ERDF, **614 MW** sur les réseaux des ELD et **6 MW** sur le réseau d'EDF-SEI en Corse.

Production éolienne en 2015

- La production éolienne en 2015 s'élève à **21,1 TWh** soit une progression de 23,3 % par rapport à l'année précédente ;
- Le facteur de charge moyen mensuel pour cette période est de **24,3 %** ;
- Le taux moyen de couverture de la consommation par la production éolienne est de **4,5 %** sur la période.

1.2. Actualités

Cadre économique

Les travaux menés en 2015 tant sur l'évolution des mécanismes de soutien que sur la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) pour 2016-2023, et les nouveaux objectifs qui en découleront, constituent les prochains jalons majeurs du cadre économique de la filière éolienne.

A moyen terme, les nouveaux projets éoliens pourraient continuer à bénéficier du dispositif d'obligation d'achat et les producteurs éoliens auront le choix entre le complément de rémunération et le tarif d'achat garanti au moins jusqu'en 2018.

Cadre réglementaire

Diverses mesures de simplification administrative ont été adoptées dans le cadre de la loi relative à la transition énergétique. Ainsi, l'autorisation unique est expérimentée sur l'ensemble du territoire national depuis le 1^{er} novembre 2015. A l'issue de cette expérimentation, l'autorisation unique devrait être généralisée. Elle se substituerait alors aux autorisations dont elle réunit les objets (urbanisme, environnement...), en application de l'ordonnance prévue par la loi pour la croissance, l'activité et l'égalité des chances économiques, adoptée le 9 juillet 2015. Ces mesures sont de nature à soutenir la reprise engagée depuis 2014 au sein de la

filrière éolienne et de nouvelles dispositions visant à accélérer la réalisation des projets éoliens devraient voir le jour. La principale concerne la suppression des formalités liées à l'urbanisme.

S'agissant des contraintes techniques, des travaux et réflexions visant à améliorer la cohabitation des éoliennes et des radars, ont conduit à des évolutions concrètes telles que la révision des règles d'implantation vis-à-vis des radars météorologiques. Au sujet de toutes les contraintes aéronautiques militaires ou civiles, y compris les radars, les nombreux échanges entre la profession éolienne et les services concernés (Défense, DGAC) ont permis d'amorcer des pistes d'amélioration qui devraient se concrétiser au cours de l'année 2016.

Appel à projets pour des fermes pilotes d'éoliennes flottantes

L'ADEME a lancé en août 2015 un appel à projets (AAP) pour des fermes pilotes d'éoliennes flottantes, sur quatre zones issues de la concertation menée au premier semestre : trois en méditerranée, et une en Bretagne. Cet AAP constitue une étape importante vers l'industrialisation de cette technologie d'avenir, en France comme à l'international. Les réponses des candidats sont attendues pour le 4 avril 2016.

2. Le parc éolien en France

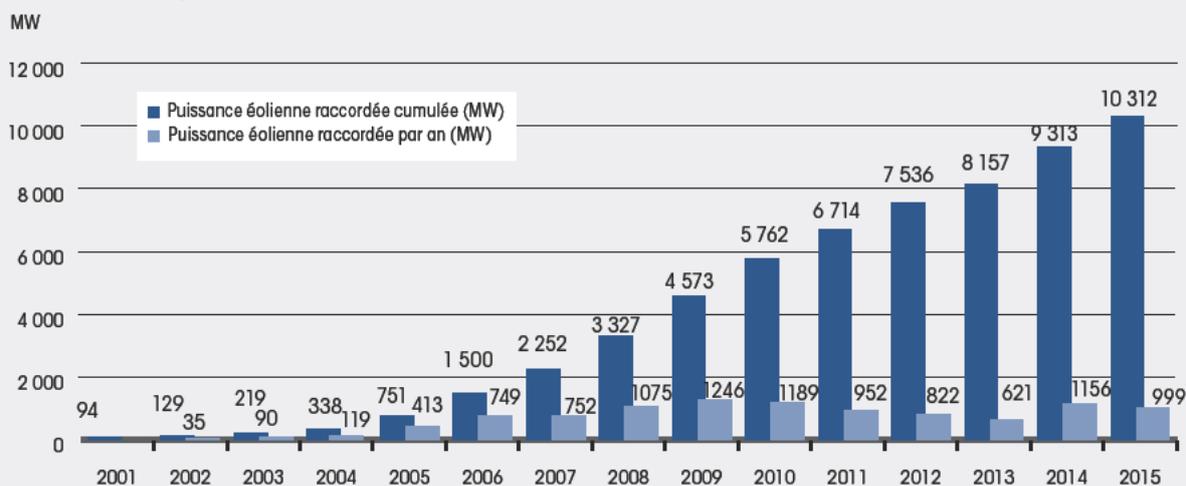
2.1. Parc éolien raccordé au 31 décembre 2015

La puissance éolienne raccordée aux réseaux électriques au 31 décembre 2015 est de 10 312 MW dont 585 MW sur le réseau de RTE, 9 191 MW sur le réseau d'ERDF, 518 MW sur les réseaux des ELD et 18 MW sur le réseau d'EDF-SEI en Corse. Le parc

éolien est en progression de 10,7 % sur l'année, avec 999 MW nouvellement raccordés contre 1 156 MW en 2014.

La dynamique observée l'année précédente semble se confirmer malgré une légère baisse des raccordements.

Evolution de la puissance éolienne raccordée



2.2. Répartition régionale du parc éolien

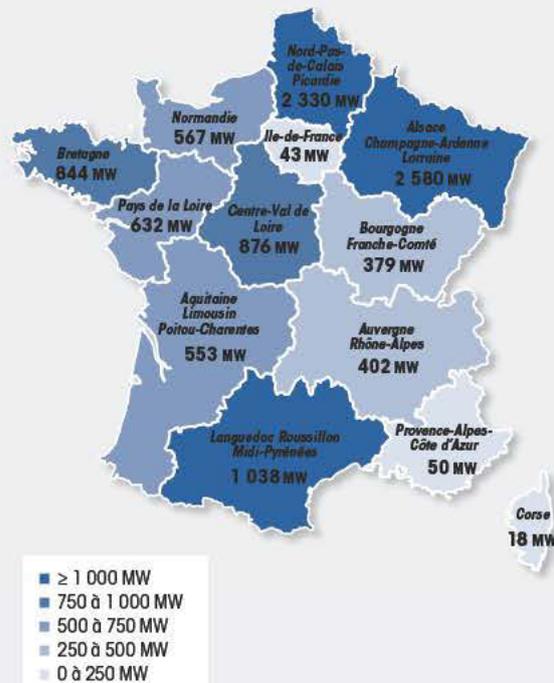
La carte des régions se modifie pour laisser apparaître de nouveaux grands ensembles. La région Alsace Champagne-Ardenne Lorraine devient la région dotée du plus grand parc installé avec 2 580 MW au 31 décembre 2015. Avec 2 330 MW, la région Nord-Pas-de-Calais Picardie héberge le deuxième parc le plus important. Ces deux régions comptent maintenant 48 % du parc installé.

Le regroupement des régions Languedoc-Roussillon et Midi-Pyrénées donne naissance à la troisième région en termes d'importance du parc installé avec un total de 1 038 MW. Les trois régions ayant une capacité installée inférieure ou égale à 50 MW (Corse, Île-de-France, Provence-Alpes-Côte d'Azur) représentent 1 % du parc métropolitain.

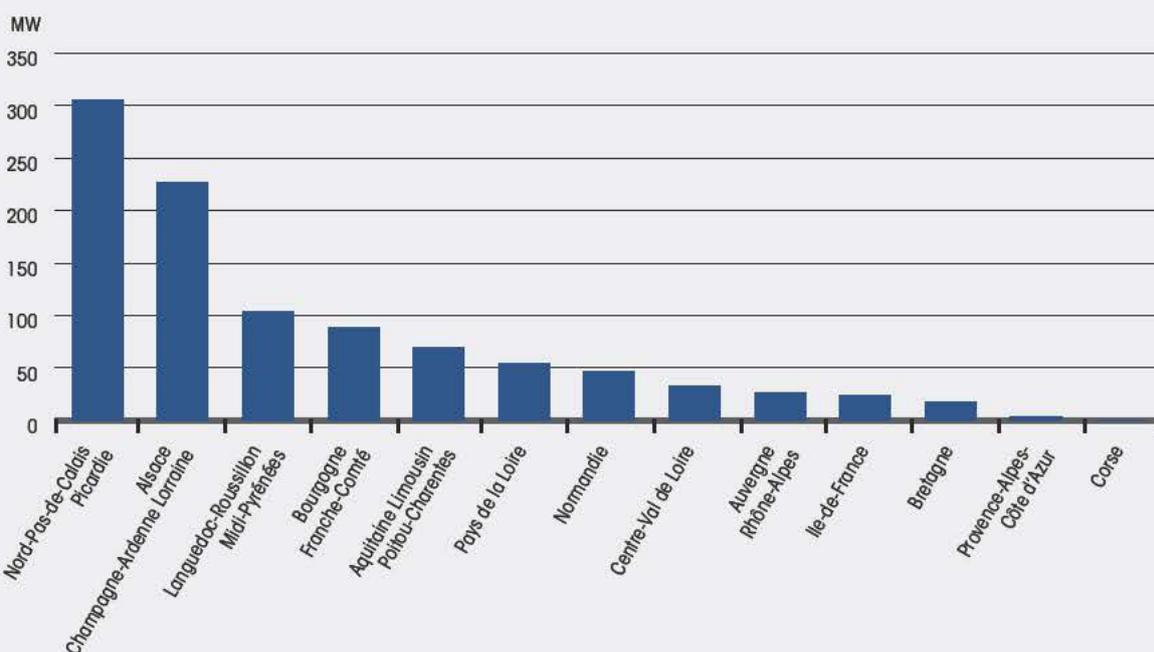
Les plus fortes progressions du parc installé sur l'année 2015 ont eu lieu en Nord-Pas-de-Calais Picardie et Alsace Champagne-Ardenne Lorraine, avec respectivement 306 et 227 MW installés, ce qui représente 53 % des nouvelles capacités installées. Trois autres régions (Languedoc-Roussillon Midi-Pyrénées, Aquitaine Limousin Poitou-Charentes, Bourgogne Franche-Comté) ont vu leur parc progresser de plus de 70 MW en 2015.

Le nouveau découpage administratif cache des disparités importantes puisque le Limousin, la Franche-Comté, l'Alsace, et l'Aquitaine qui avaient des parcs inférieurs à 50 MW au 1^{er} janvier 2015 se fondent désormais dans des ensembles plus importants.

Puissance éolienne raccordée par région au 31 décembre 2015

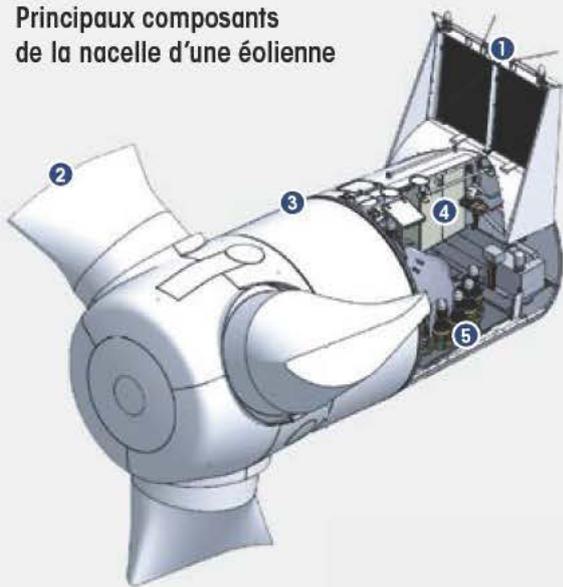


Répartition régionale des nouvelles puissances éoliennes installées en 2015



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^(*), ce chiffre a régulièrement évolué pour atteindre 90 mètres^(*) 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).

(*) Source SER

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^(*)), et celles équipées d'un générateur synchrone (environ 20 % du marché^(*)). 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.

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 10 748 MW au 31 décembre 2015. Elle est constituée de 4 957 MW de puissances en attente de raccordement sur le réseau de RTE (dont 3 258 MW de puissances éoliennes *offshore*), de 5 170 MW sur le réseau d'ERDF, 614 MW sur les réseaux des ELD et de 6 MW sur le réseau d'EDF-SEI en Corse.

La variation de la file d'attente pour l'éolien terrestre est sensiblement plus élevée en 2015 (+ 736 MW) qu'en 2014 (+ 622 MW). La file d'attente a vu son volume croître de 8,8 % en 2015, alors même que celui-ci s'était contracté de 4 % l'année précédente. Ainsi la file d'attente dépasse son niveau de fin 2013 (10 285 MW). La publication du tarif éolien en 2014 a pu permettre de finaliser certains projets en attente, ce qui peut expliquer un taux de

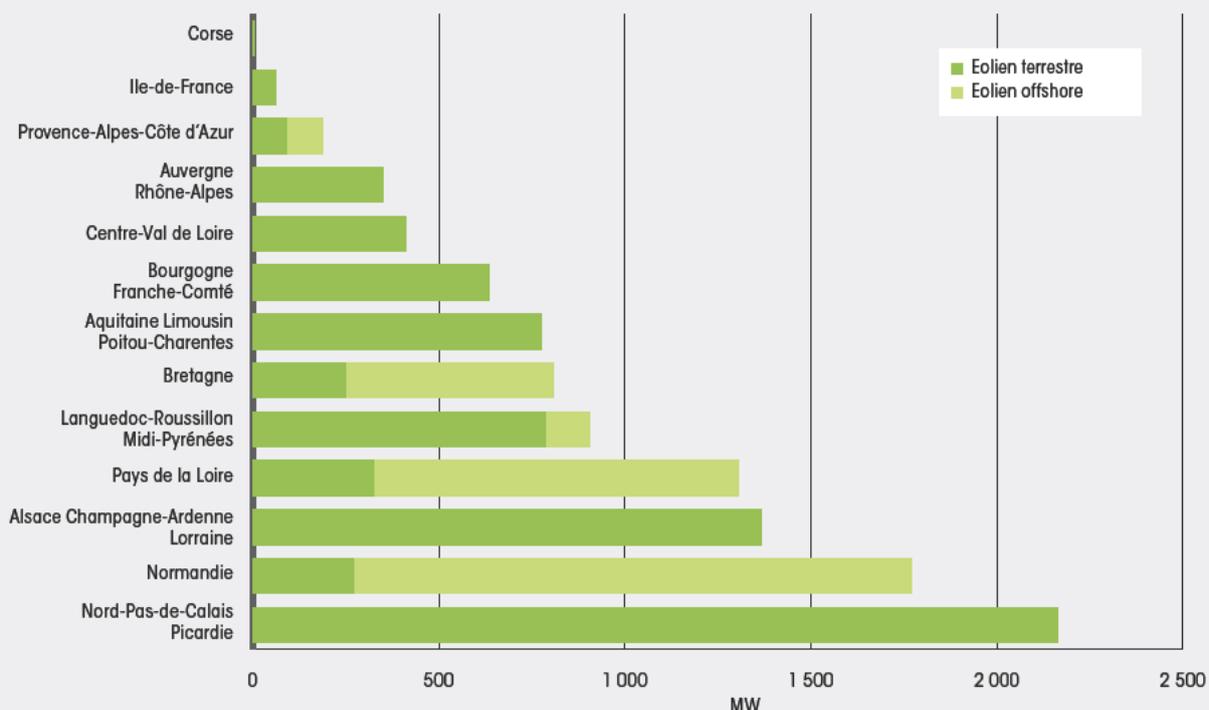
Evolution de la file d'attente (MW)

	File d'attente au 31 décembre 2014	File d'attente au 31 décembre 2015
RPD	5 156	5 790
RPT	4 721	4 957
Total	9 877	10 748

raccordement plus élevé et une augmentation de la file d'attente plus faible que ce que l'on observe en 2015.

Cette dynamique traduit un maintien de la confiance des acteurs dans la filière.

File d'attente de raccordement des projets éoliens par région au 31 décembre 2015

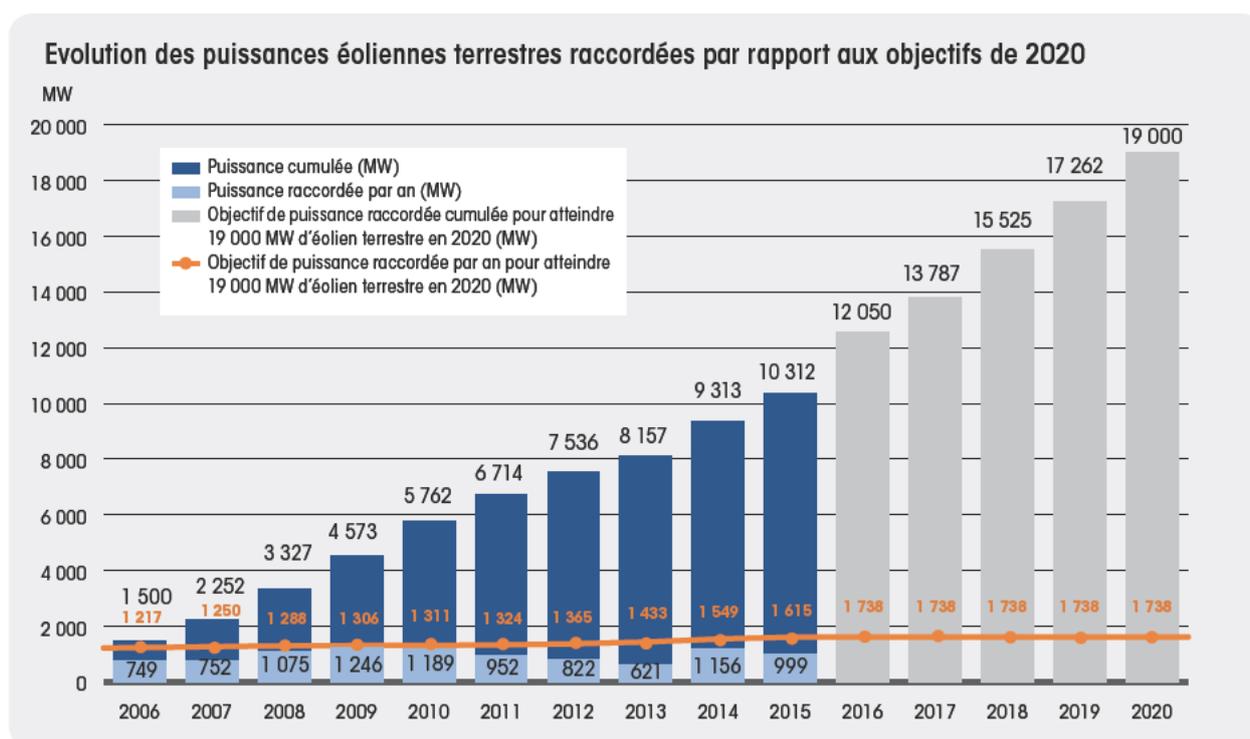


3.2. File d'attente par rapport aux objectifs nationaux et régionaux

Depuis le début du développement de l'énergie éolienne en France, le rythme annuel des raccordements se situe en deçà du rythme théoriquement nécessaire pour atteindre les objectifs fixés à l'horizon 2020.

En 2015, 999 MW ont été raccordés. Ce volume, plus élevé qu'en 2011, 2012 et qu'en 2013, notamment suite à la stabilisation du cadre tarifaire et à la simplification des procédures, est légèrement

inférieur à celui constaté en 2014. Cependant, malgré ces chiffres encourageants, ce volume ne représente que 62 % du volume annuel nécessaire pour atteindre l'objectif de la PPI à 2020. Ceci s'explique en partie par les contraintes économiques, juridiques, techniques ou environnementales évoquées précédemment qui ont historiquement freiné le développement de la filière, malgré des avancées ces dernières années.

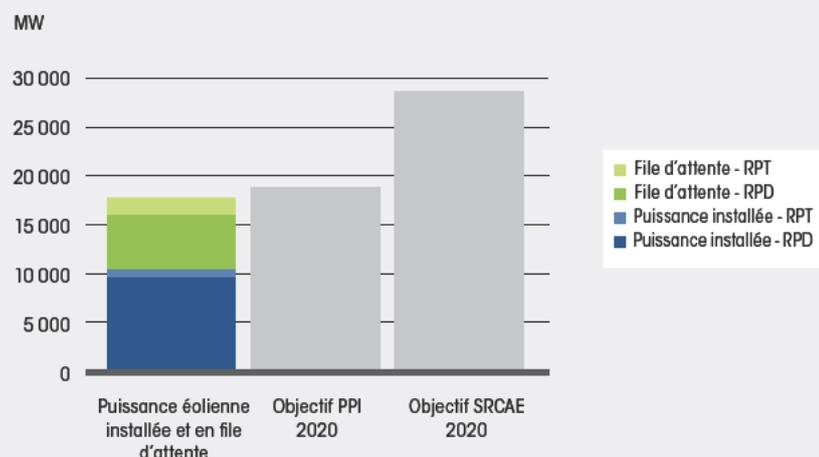


De même, un retard est constaté en matière d'éolien *offshore* par rapport à l'objectif PPI de 6 000 MW. À ce jour, 3 258 MW sont en file d'attente mais aucun parc n'est encore en service. Parmi ceux-ci, 2 928 MW sont issus des appels d'offres lancés respectivement en juillet 2011 et janvier 2013. Les premières installations devraient être mises en service en 2018.

Au plan régional, les objectifs concernant le développement des énergies renouvelables étaient fixés par les SRCAE. Ces schémas aux anciennes mailles régionales, seront intégrés d'ici 2019 aux schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET), créés par la loi n°2015-991, dite loi NOTRe^(*). Cela devrait permettre une meilleure cohérence entre les objectifs nationaux et l'ensemble des objectifs régionaux.

(*) Loi du 7 août 2015 portant Nouvelle Organisation Territoriale de la République

Puissance éolienne terrestre installée et en file d'attente, objectifs PPI et SRCAE au 31 décembre 2015

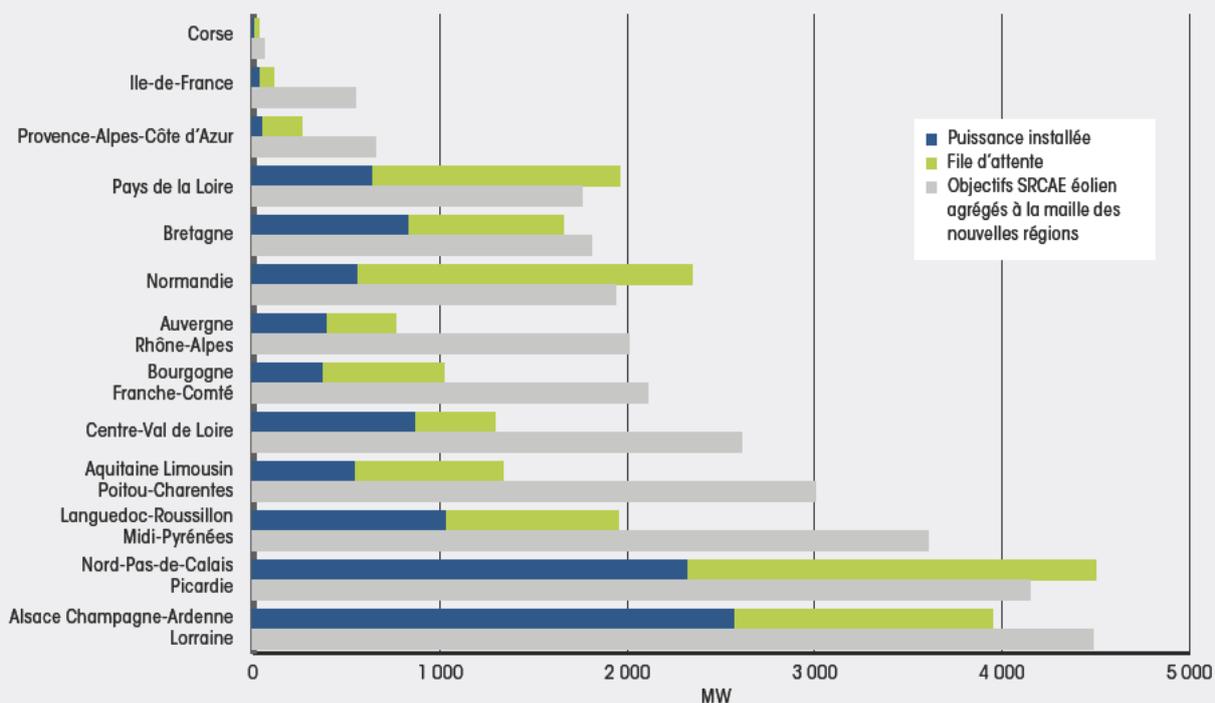


En attendant la déclinaison des objectifs à la maille des nouvelles régions, et afin de permettre le suivi des politiques en matière d'électricité renouvelable, les puissances installées et en file d'attente de chaque nouvelle région sont mises en regard de la somme des objectifs SRCAE.

Ainsi, les nouvelles frontières administratives font apparaître 4 régions affichant une somme des objectifs SRCAE supérieurs à 3 000 MW : Alsace Champagne-Ardenne Lorraine, Nord-Pas-De-Calais Picardie, Languedoc-Roussillon Midi-Pyrénées, et Aquitaine Limousin Poitou-Charentes. La comparaison de ces objectifs à la

somme des puissances raccordées et des puissances en file d'attente fait ressortir des disparités entre régions. En effet, en comptabilisant la capacité installée et la file d'attente, la région Nord-Pas-de-Calais Picardie remplit dès à présent son objectif agrégé à hauteur de 108 % (soit 346 MW de surplus). Les régions Normandie et Pays de la Loire ont aussi des files d'attente suffisantes pour atteindre leurs objectifs SRCAE. Quant aux régions Languedoc-Roussillon Midi-Pyrénées et Aquitaine Limousin Poitou-Charentes, elles rempliraient respectivement leurs objectifs à hauteur de 54 et 44 %, soit 1 700 MW d'écart pour chacune d'elles avec leurs objectifs régionaux agrégés.

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



Si les conditions météorologiques et les caractéristiques géologiques (relief) des régions sont en grande partie à l'origine des différences interrégionales constatées, il est évident que la volonté politique locale, à tous les échelons, joue également un rôle majeur dans le développement de la filière éolienne. Les premières régions éoliennes de France en sont la manifestation. Les contraintes

environnementales (zones protégées, avifaune, etc.) et techniques (radars, zones militaires, etc.), dont la répartition sur le territoire n'est pas uniforme, ont aussi des conséquences importantes. La région Provence-Alpes-Côte d'Azur constitue un bon exemple de région impactée par de telles contraintes.

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

4.1. Production et facteur de charge du parc éolien

La production éolienne en 2015 est de 21,1 TWh, soit une progression de 23,3 % par rapport à l'année précédente. La puissance de production éolienne durant l'année a varié entre un maximum de 8 266 MW (le 29/03/2015 à 13 h) et un minimum de 21 MW (le 25/06/2015 à 10 h).

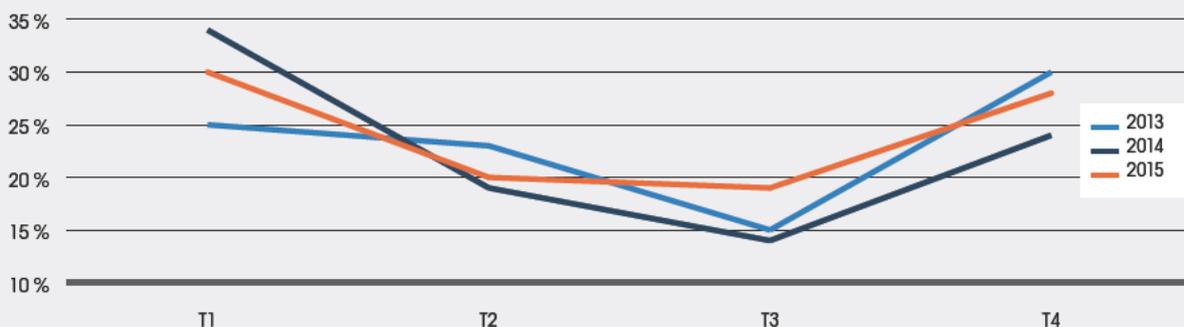
Le facteur de charge moyen mensuel en 2015 est de 24,3 %, légèrement supérieur à l'année précédente. L'observation des facteurs de charge moyens mensuels depuis 2013 révèle que ceux-ci varient entre un maximum de 45 % (février 2014) et un minimum de 11 % (septembre 2014).

Sur l'année, le facteur de charge moyen mensuel est relativement élevé pendant les mois d'hiver (de 30 à 32,8 %), et se stabilise autour de valeurs plus faibles pendant les mois d'été (de 15,3 à 19 %). Les conditions météorologiques saisonnières – avec davantage de vent en hiver – expliquent en partie la variabilité constatée. Même si la production mensuelle diminue en été, la France disposant de plusieurs régimes de vents décorrélés, l'effet de foisonnement engendré permet à la filière éolienne de produire en permanence une partie de l'électricité injectée sur les réseaux.

Production éolienne mensuelle et facteur de charge mensuel moyen depuis 2013



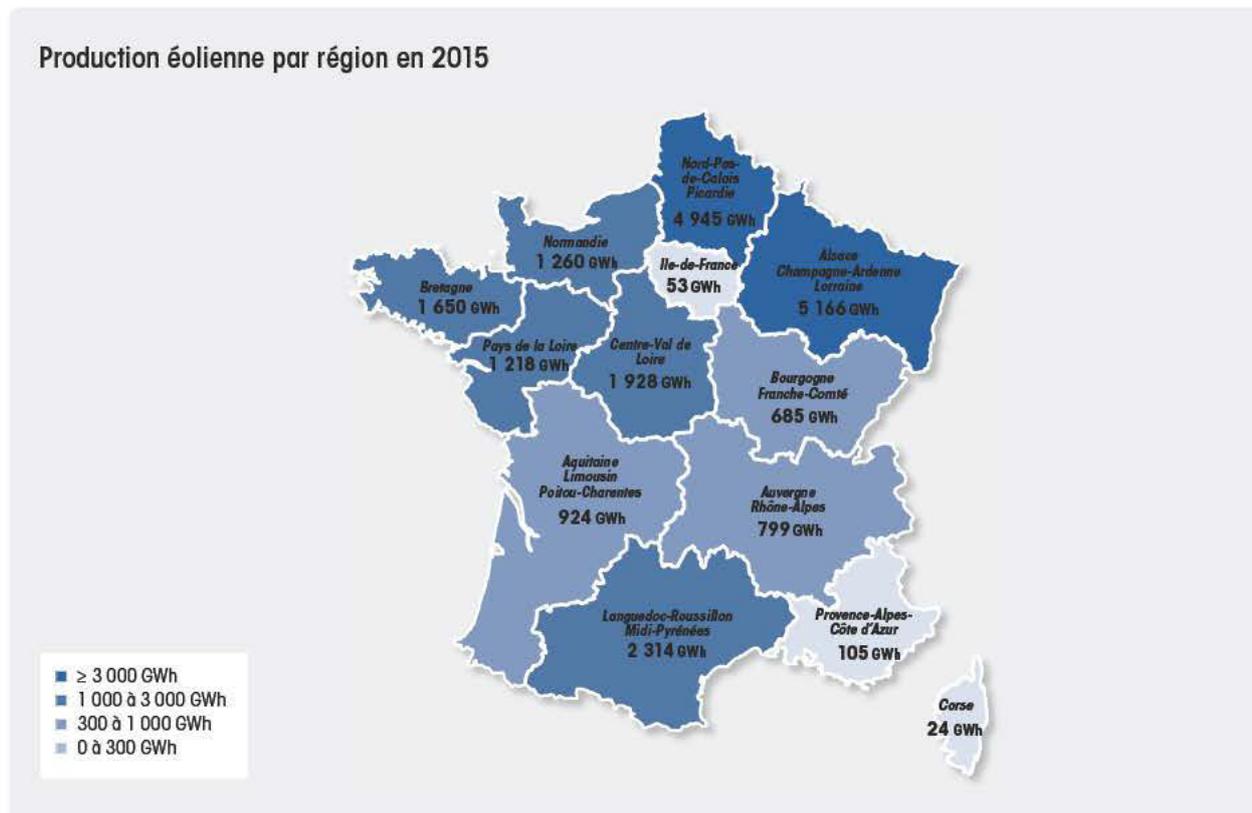
Facteur de charge trimestriel moyen depuis 2013



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

Sur l'année 2015, trois régions contribuent à 59 % de la production éolienne de France métropolitaine : l'Alsace Champagne-Ardenne

Lorraine (5 166 GWh), le Nord-Pas-De-Calais Picardie (4 945 GWh), et le Languedoc-Roussillon Midi-Pyrénées (2 314 GWh).

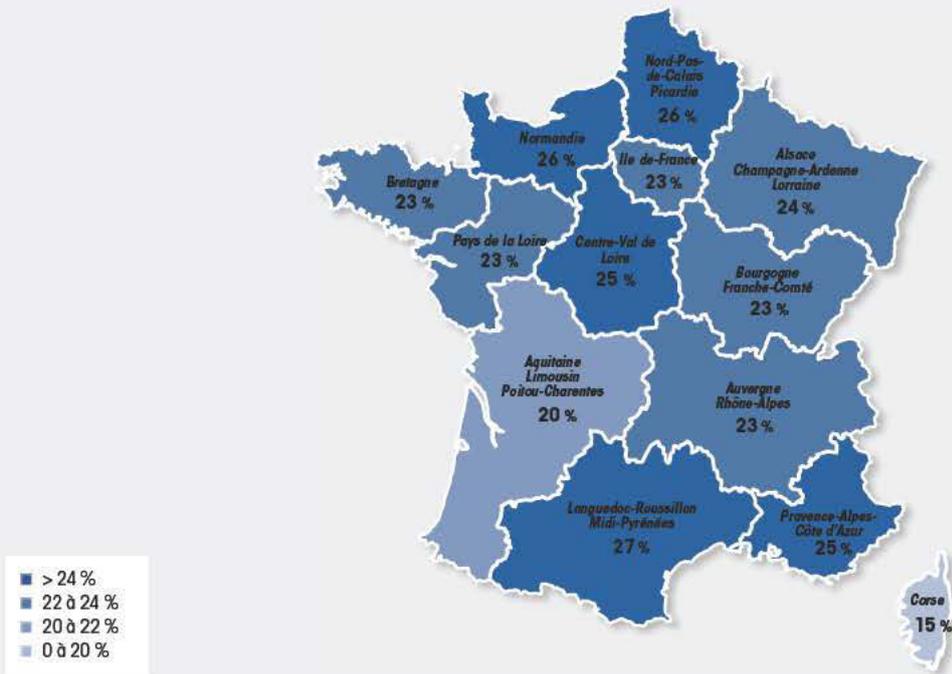


Les régions les plus productives (ayant un facteur de charge élevé) ne sont pas nécessairement celles qui disposent du parc le plus important^(*). Ceci s'explique en grande partie par les conditions

climatiques locales, le nombre de parcs déjà installés et les contraintes environnementales et techniques de chaque région.

(*) Plus le parc installé est important, moins il reste de territoires propices pour de nouvelles installations. Ainsi, les derniers arrivants bénéficient de sites pouvant être moins bien exposés aux vents, ce qui fait baisser le facteur de charge.

Facteur de charge éolien moyen en 2015



L'aléa éolien en France : quatre zones de vent homogènes



Vitesse annuelle moyenne :

- Entre 5,2 m/s et 9,1 m/s
- Entre 2,5 m/s et 6,6 m/s
- Entre 6,3 m/s et 8,9 m/s
- Entre 4,5 m/s et 7 m/s

Pour ce qui est des conditions climatiques, après traitement statistique^(*), on peut repérer quatre zones de vent homogènes sur la totalité du territoire de la France continentale. Cela signifie d'une part qu'à l'intérieur de chaque zone délimitée, les périodes venteuses ont tendance à avoir lieu au même moment et à être d'intensité similaire, et d'autre part qu'un écart significatif existe entre les comportements des différentes zones. Ainsi, la diversité du territoire permet d'avoir des éoliennes en fonctionnement à tout moment. Cette carte permet de mieux comprendre la répartition régionale du parc, bien que d'autres facteurs, déjà mentionnés, entrent également en ligne de compte.

Carte construite dans le cadre d'une étude RTE visant à modéliser l'aléa éolien avec les données 2015 de MétéoFrance. A noter, les vitesses indiquées sont issues du modèle météorologique ARPEGE de MétéoFrance construit pour reproduire la vitesse du vent à 100 m sur des points de grille espacés de 50 km, à partir des observations de terrain réalisées en station.

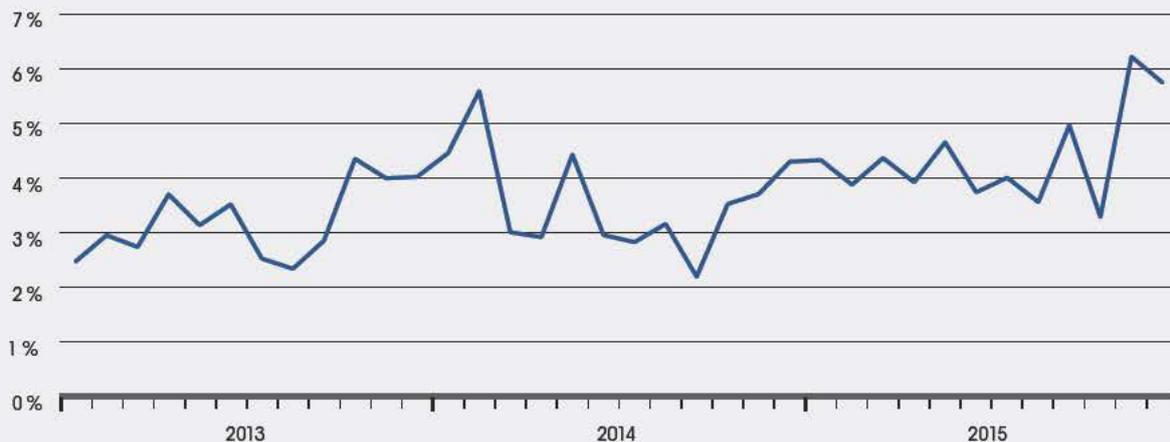
(*) Un traitement a été réalisé afin d'identifier les zones géographiques homogènes quant à la force du vent. La construction de ces zones a été réalisée à partir de données météo fournies à une maille d'un point tous les 50 km, sur l'historique au pas de temps horaire de l'année 2015. Une étape préalable sert à réduire le nombre de données manipulées (réalisation d'une analyse en composantes principales - ACP - et conservation de 95 % de la variance initiale). Puis les points géographiques sont regroupés en groupes homogènes par un algorithme statistique dit de clustering (k-means). A la maille de données dont nous disposons, quatre groupes se distinguent clairement les uns des autres, et ce quelle que soit l'année de données considérée.

4.3. Participation à la couverture de la consommation

En 2015, le taux de couverture moyen de la consommation par la production éolienne a été de 4,5 %, contre 3,7 % l'année précédente. Le taux de couverture maximal instantané a

atteint 16,8 % le 25/07/2015 à 7 h avec une production éolienne de 6 064 MW et une consommation de 36 143 MW.

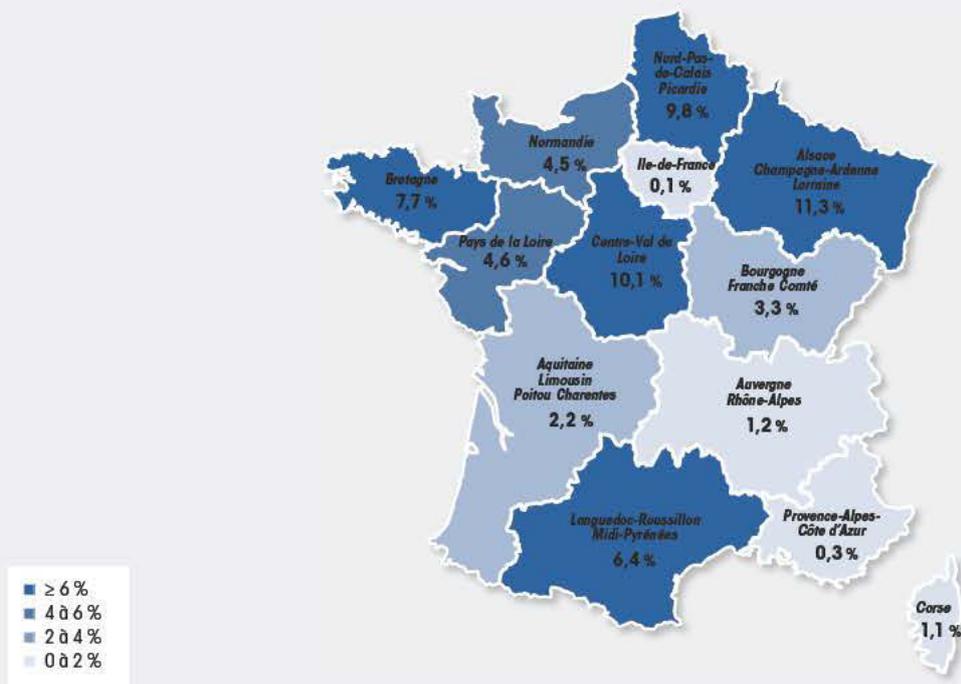
Taux de couverture mensuel moyen depuis 2013



La production éolienne en 2015 a couvert plus de 11 % de la consommation en Alsace Champagne-Ardenne Lorraine, et couvre

plus de 6 % de la consommation dans quatre autres régions.

Taux de couverture moyen de la consommation par la production éolienne en 2015



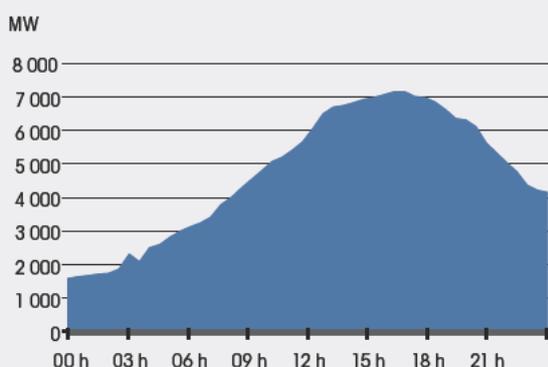
4.4. Une production variable avec de fortes disparités régionales

Contrairement à la production de la filière solaire 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 peut varier très fortement, mais aussi rapidement. Par exemple la puissance instantanée a atteint un maximum de 8 266 MW le 29 mars, et un minimum de 21 MW le 25 juin. Par ailleurs, le 28 janvier la puissance injectée a connu une hausse de plus 5 500 MW en un peu plus de 16h, puis une diminution de 3 000 MW en 8h. Le 28 mars, le niveau de production est passé de 1 700 à 6 900 MW entre le début et la fin de journée.

Profil de production éolienne le 28 janvier 2015



Profil de production éolienne le 28 mars 2015



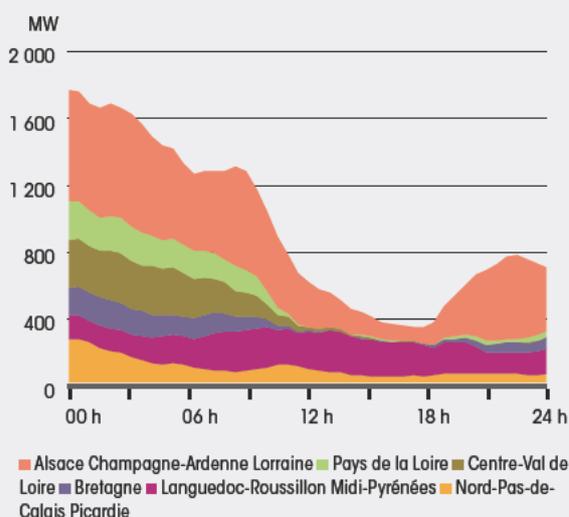
Des productions éoliennes régionales décorréliées

Comme indiqué au 4.2, la France dispose de plusieurs régimes de vent décorréliés, 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 sur une partie du territoire et quasi nulle ailleurs. Les réseaux permettent la mutualisation de ces productions régionales.

La journée du 11 février 2015 permet d'illustrer l'absence de corrélation entre des productions éoliennes régionales. Sur cette journée, si les régimes de vent sur les régions Bretagne, Centre-Val de Loire et Pays de la Loire sont par exemple similaires, ils sont décorréliés sur les régions Alsace Champagne-Ardenne Lorraine et Languedoc-Roussillon Midi-Pyrénées.

Cette journée illustre également la complémentarité que peuvent avoir les productions régionales. La production éolienne des régions du sud de la France (Languedoc-Roussillon Midi-Pyrénées) a limité l'effet de la baisse de production dans le reste du pays en milieu d'après-midi.

Production éolienne empilée le 11 février 2015



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... 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.

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 prévision 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 72 h. 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 4,9 %. Le biais de cet écart est faible, avec une prévision en moyenne légèrement surestimée (biais de 0,3 %).

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 2,4 %.

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'estimations 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

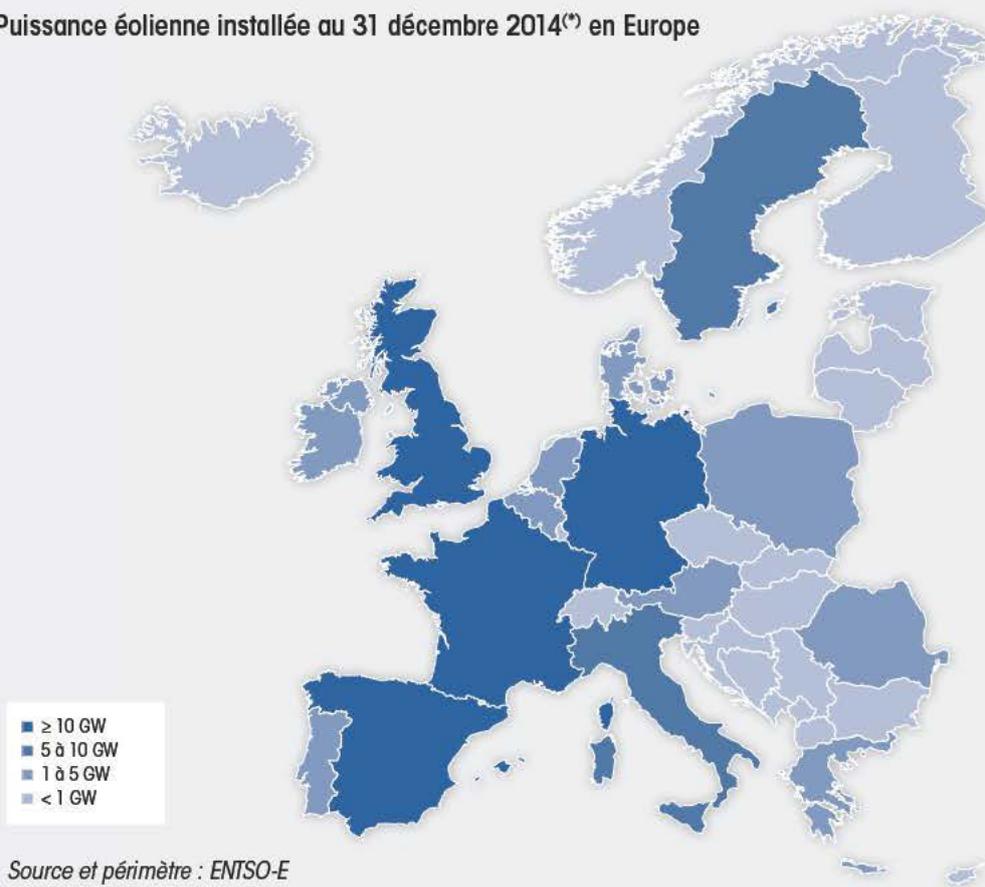
Le parc éolien installé

Au 31 décembre 2014, la puissance éolienne installée représentait plus de 122 GW dans les pays européens membres de l'ENTSO-E. Avec 37 GW installés, l'Allemagne se situe en première position. Elle est suivie par l'Espagne (23 GW installés) ainsi que par la Grande-Bretagne et la France. L'Italie et la Suède ont également

un parc relativement développé avec respectivement 8,7 GW et 5,4 GW installés.

La somme de ces parcs éoliens représente plus des trois-quarts de la capacité installée en Europe.

Puissance éolienne installée au 31 décembre 2014(*) en Europe



Source et périmètre : ENTSO-E
(Pour la Grande-Bretagne, les données sont celles fournies par DECC).

S'agissant de la croissance annuelle du parc, l'Allemagne connaît en 2014 la plus importante augmentation en puissance, avec 2,5 GW de capacités supplémentaires raccordées. Le parc Français a lui crû de 1 156 MW sur la même période, et de 999 MW sur l'année 2015.

Le taux de croissance de la puissance installée dépasse 20 % dans deux pays : la Lettonie avec un taux de 28 % (16 MW de puissance raccordée en 2014) ; et la Suisse, avec un taux de 22 %, (11 MW supplémentaires en 2014). Le taux de croissance du parc éolien allemand est de 7,4 %, celui de la France est de près de 14,2 % sur cette période, de 10,7 % en 2015.

(*) Sauf France au 31 décembre 2015.

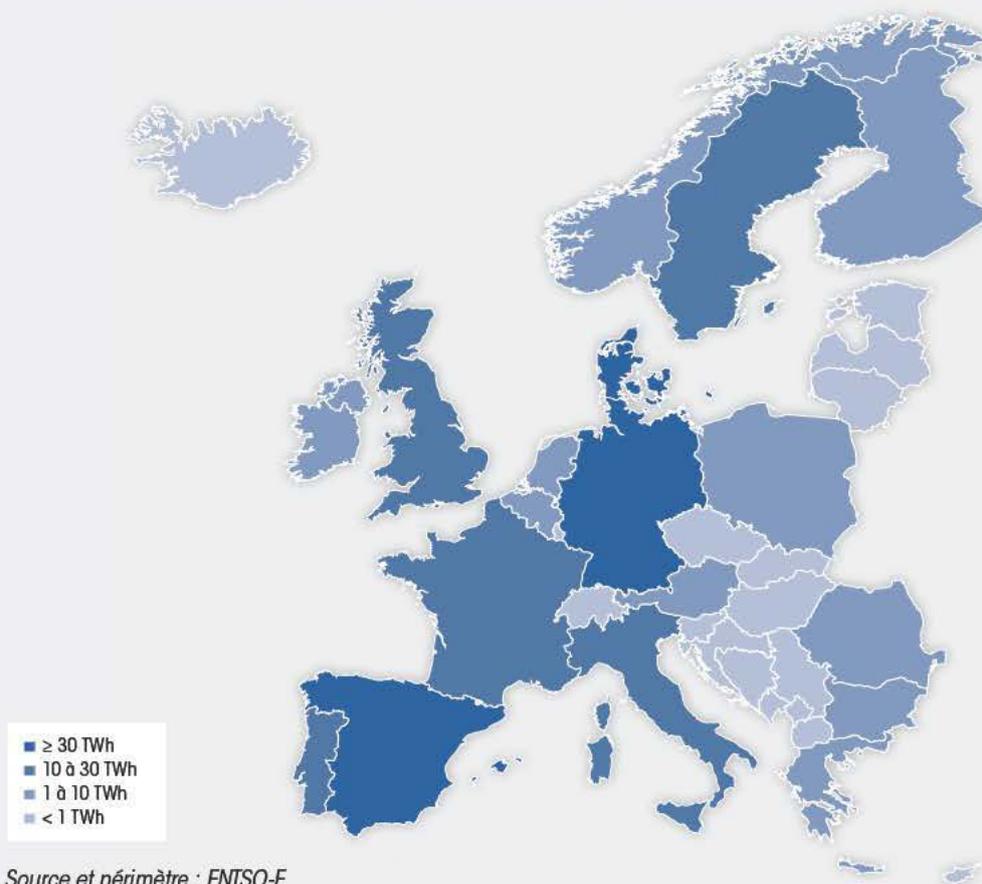
La production éolienne

Compte tenu des délais de consolidation nécessaires pour les chiffres européens, dus en partie aux disparités de gestion des données entre pays, les données de production éolienne européenne portent sur la période allant de juillet 2014 à juin 2015. Cinq pays européens ont une production supérieure à 15 TWh. L'Allemagne arrive en tête avec une production de plus de 63 TWh,

suivie de l'Espagne avec 50 TWh. La France affiche une production d'un peu plus de 18 TWh et l'Italie de pratiquement 16 TWh. La production éolienne suédoise a été légèrement inférieure à 15 TWh sur la période considérée.

A l'échelle de l'ENTSO-E, la production sur la période de juillet 2014 à juin 2015 a été de plus de 256 TWh.

Production éolienne en Europe du 1^{er} juillet 2014 au 30 juin 2015



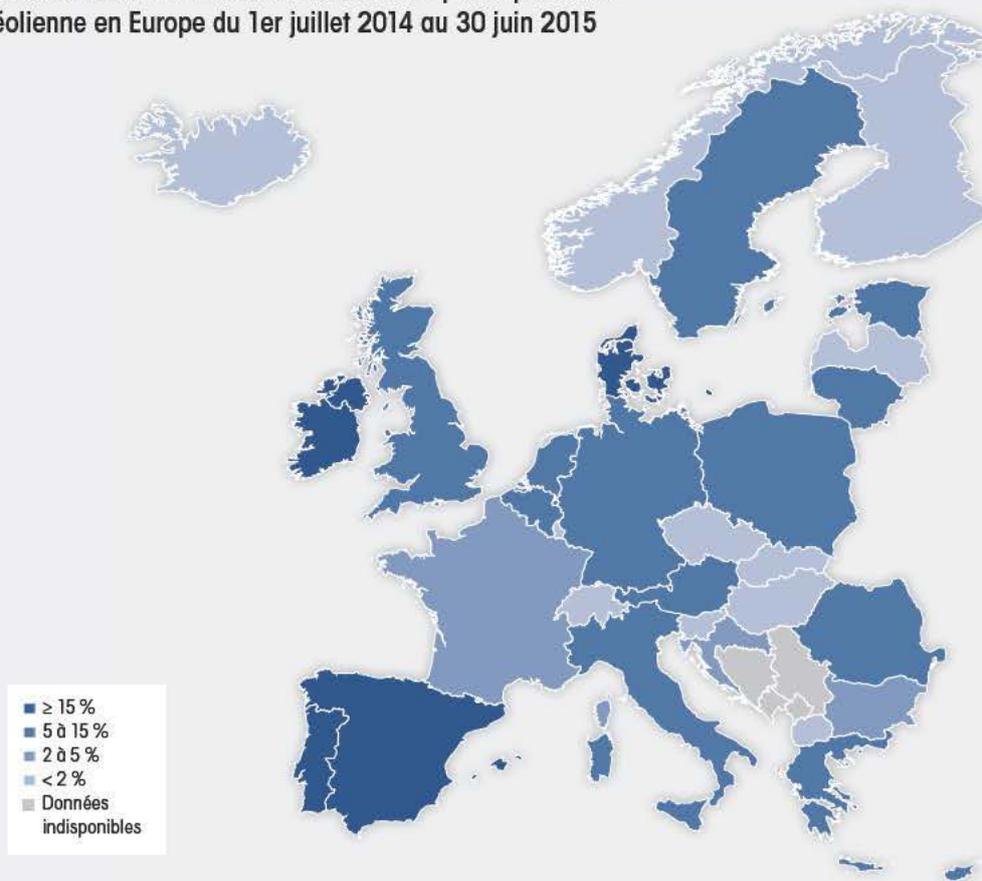
Source et périmètre : ENTSO-E
(Pour la Grande-Bretagne, les données sont celles fournies par DECC).

La couverture de la consommation électrique par la production éolienne

La production éolienne a permis de répondre à 7,9 % de la consommation d'électricité dans les pays européens membres de l'ENTSO-E entre le 1^{er} juillet 2014 et le 30 juin 2015. Le Danemark, pays où la production éolienne participe le plus à la consommation

avec 39,9 %, est suivi par le Portugal avec un taux de 22,8 %, puis par l'Irlande avec 21,6 % et l'Espagne avec 19 %. L'Allemagne se situe en sixième position avec 12,2 %, tandis que la France, avec 3,8 %, se situe au vingtième rang sur cette période.

Taux de couverture de la consommation par la production éolienne en Europe du 1er juillet 2014 au 30 juin 2015



Source ENTSO-E

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

Focus : 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.

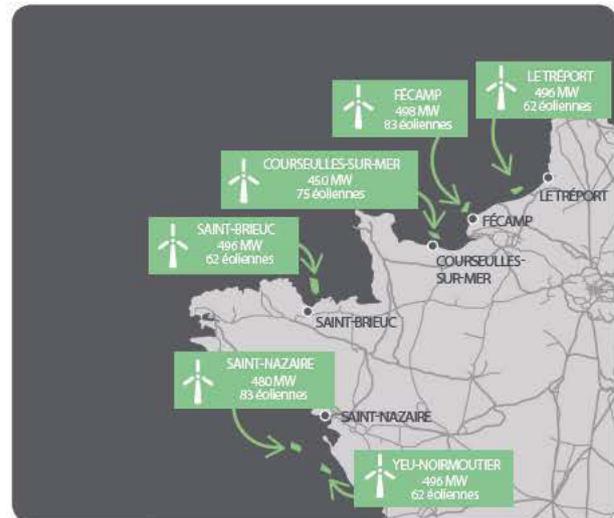
Ce premier appel d'offres implique l'installation de plusieurs centaines d'éoliennes au large des côtes françaises avec pour objectif de produire l'équivalent de 1,75 % de la consommation française. Les lauréats ont été désignés par le gouvernement le 6 avril 2012 pour quatre zones sur les cinq. Cela 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

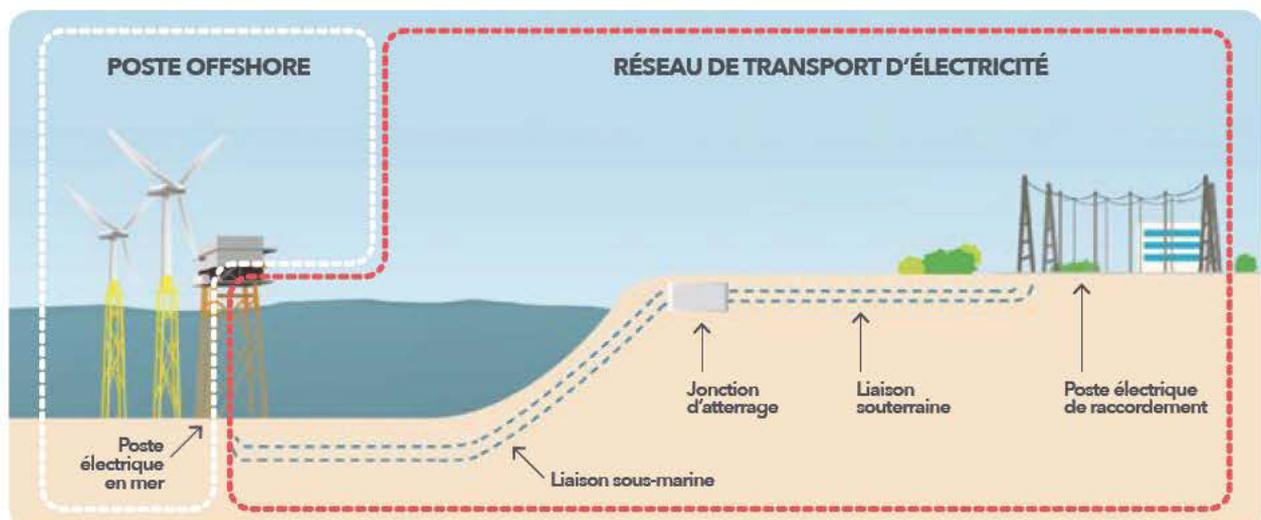
Les quatre parcs offshore seront raccordés au réseau terrestre par des câbles sous-marins 225 kV en courant alternatif. Longs de 45 à 60 km, ils comprendront une partie sous-marine, jusqu'à

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



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 deuxième 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.



LA FILIÈRE SOLAIRE EN 2015

1. Chiffres clefs et actualités

1.1. Chiffres clefs.....	31
1.2. Actualités.....	31

2. Le parc solaire en France

2.1. Parc solaire raccordé au 31 décembre 2015	32
2.2. Répartition régionale du parc solaire	33
2.3. Répartition des installations par tranche de puissance	34
2.4. Technologies de production solaire.....	35

3. Les perspectives de croissance du parc solaire

3.1. File d'attente de raccordement aux réseaux publics de transport et de distribution	37
3.2. File d'attente par rapport aux objectifs nationaux et régionaux.....	38

4. La production solaire dans l'équilibre offre-demande

4.1. Production et facteur de charge du parc solaire	40
4.2. Répartition régionale de la production et du facteur de charge	40
4.3. Participation à la couverture de la consommation	42
4.4. Caractéristiques de la production solaire photovoltaïque	43
4.5. Maîtrise des flux de production solaire photovoltaïque.....	44

5. Principaux chiffres de la filière solaire en Europe45

Focus : L'industrie solaire photovoltaïque française.....48

1. Chiffres clefs et actualités

1.1. Chiffres clefs



Installations solaires raccordées au 31 décembre 2015

- Le parc solaire raccordé représente une puissance de **6 191 MW** dont **565 MW** sur le réseau de RTE, **5 217 MW** sur le réseau d'ERDF, **299 MW** sur les réseaux des ELD et **110 MW** sur le réseau de EDF-SEI en Corse ;
- Le parc solaire raccordé progresse de **895 MW** depuis fin décembre 2014.

File d'attente des raccordements au 31 décembre 2015

- La file d'attente de raccordement des installations solaires aux réseaux de RTE, d'ERDF, des ELD et d'EDF-SEI en Corse s'élève à **1 934 MW** au 31 décembre 2015 contre **2 137 MW** à fin décembre 2014.

Production solaire en 2015

- En 2015, la production solaire s'élève à **7,4 TWh**, en hausse de 25 % par rapport à l'année précédente ;
- Le facteur de charge moyen sur l'année 2015 est de **15 %** ;
- Le taux moyen de couverture de la consommation par la production solaire est de **1,6 %** pour la période.

1.2. Actualités

Modification de la programmation pluriannuelle des investissements (PPI) de production d'électricité et présentation du projet de programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE)

Par arrêté du 28 août 2015, le gouvernement a relevé l'objectif fixé dans la PPI pour le développement du solaire photovoltaïque au 31 décembre 2020 à 8 000 MW, en lieu et place de l'objectif initial de 5 400 MW. Ce relèvement était nécessaire afin de sécuriser juridiquement les appels d'offres en cours et de garantir la poursuite du développement des installations solaires, le parc actuel ayant dépassé les 5 400 MW en France métropolitaine début 2015. Par ailleurs, les orientations et actions à mener pour la période 2016-2023, envisagées dans le cadre de la PPE, sont en cours d'élaboration par le gouvernement.

Doublement des appels d'offres en cours et mise en œuvre d'appels d'offres tri-annuels

Pendant l'été 2015, la puissance cible de l'appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'installations solaires photovoltaïques sur bâtiment pour une puissance comprise entre 100 et 250 kWc, lancé mi-mars, a été réévaluée à 240 MW en lieu et place de 120 MW. La puissance cible de l'appel d'offres pour les installations

de plus de 250 kWc lancé en novembre 2014 a également été réévalué à la hausse, pour passer de 400 à 1 100 MW.

Par ailleurs, en parallèle du projet de PPE, le gouvernement a présenté en novembre 2015 un calendrier d'appel d'offres tri-annuels portant sur les centrales au sol d'une part (3 000 MW d'ici début 2019) et les installations sur bâtiment d'autre part (1 350 MW d'ici début 2019).

Réévaluations tarifaires pour les petites installations

Par voie d'arrêté, le gouvernement a réévalué à deux reprises en 2015 le tarif d'achat dédié aux installations dites « ISB » (Intégré Simplifié au Bâti) sur les petites toitures (jusqu'à 100 kWc, soit environ 1 000 m²). En effet, les raccordements sur ce segment sont en deçà des objectifs du dispositif : 110 MW sur l'année 2014 contre un objectif de réalisation de 200 MW par an.

Les deux hausses tarifaires ont été appliquées pour les demandes de raccordement déposées respectivement au cours du 2^{ème} et du 3^{ème} trimestre 2015. Par ailleurs, le mécanisme de dégressivité des tarifs a été atténué pour le deuxième semestre 2015.

2. Le parc solaire en France

2.1. Parc solaire raccordé au 31 décembre 2015

Le parc solaire de France métropolitaine s'élève à 6 191 MW, soit une progression de 16,9 % depuis fin décembre 2014. Le volume raccordé durant l'année 2015 est de 895 MW. Ce volume est légèrement inférieur au volume raccordé durant l'année 2014. Le parc actuel est encore exclusivement constitué d'installations photovoltaïques, les premières installations solaires thermodynamiques sont en projet.

Le rythme des puissances raccordées a connu ces dernières années de fortes variations. Entre 2011 et 2013, les nouveaux volumes raccordés ont diminué de plus de 60 %.

Ce ralentissement s'explique en partie par le moratoire sur cette filière qui a duré presque 4 mois, entre fin 2010 et mars 2011. Durant cette période, de nombreux projets sont sortis de la file d'attente. Certains l'ont réintégrée progressivement après le mois de mars 2011, mois marqué par la publication du nouvel arrêté tarifaire solaire, toujours en vigueur^(*).

En parallèle, de nombreux projets de puissance élevée relevant de la HTA, dont les délais moyens de raccordement sont d'environ 2 ans, n'étaient pas suffisamment matures pour être raccordés en 2011, du fait du moratoire.

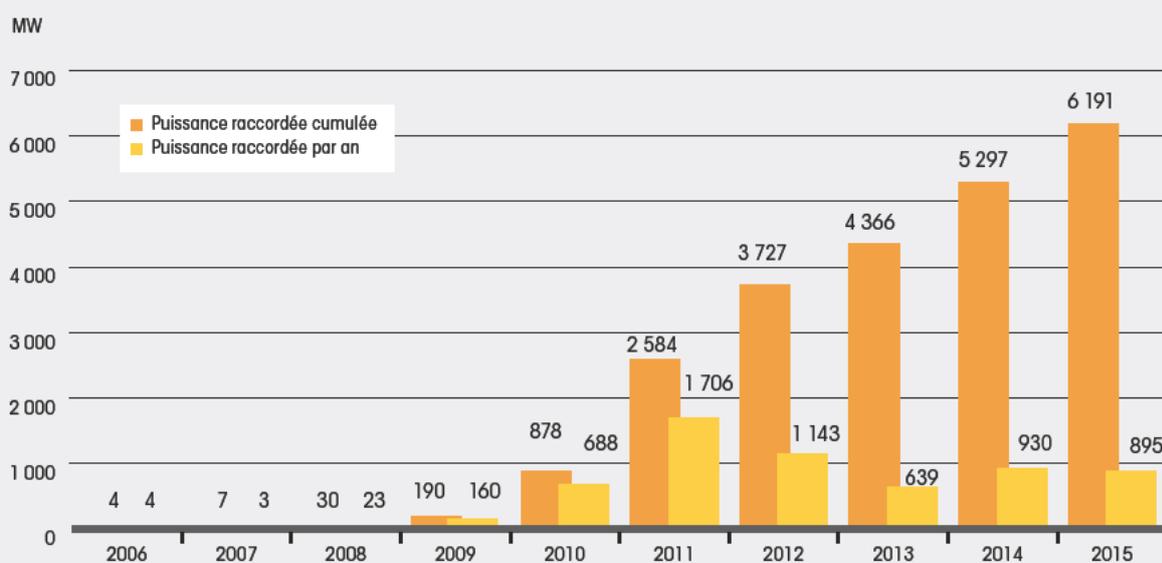
En effet, avant leur raccordement, les installations en elles-mêmes doivent être construites et les réseaux doivent parfois faire l'objet de modifications profondes (création d'un poste de transformation HTB/HTA) afin de pouvoir accueillir ces nouvelles installations, ce qui peut demander plusieurs années.

Ainsi, l'augmentation des volumes raccordés depuis le 2^{ème} semestre 2014 est en grande partie due à la maturité des projets entrés en file d'attente après la publication du dernier arrêté tarifaire.

La majorité des nouvelles installations raccordées, de puissance supérieure à 250 kVA, le sont en HTA et entrent pour la plupart dans le cadre des appels d'offres.

Le parc solaire est en grande partie raccordé sur le réseau public de distribution (91 %) avec 5 217 MW sur le réseau d'ERDF, 299 MW sur les réseaux des ELD et 110 MW sur le réseau d'EDF-SEI en Corse. Le réseau de transport accueille 565 MW, soit 9 % de la puissance solaire installée.

Évolution de la puissance solaire raccordée



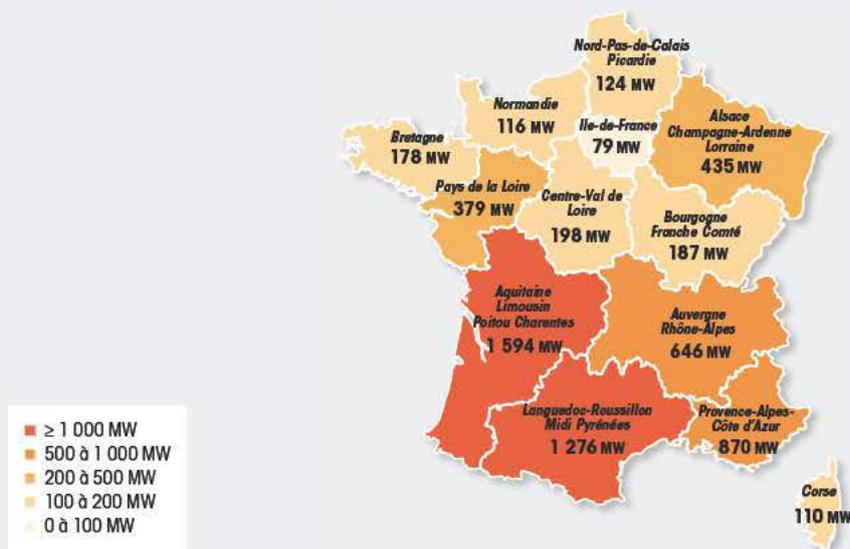
(*) Au moment de la rédaction de ce document

2.2. Répartition régionale du parc solaire

La région Aquitaine Limousin Poitou-Charentes, grâce à son parc d'une puissance de 1 594 MW, est la région de France qui accueille le parc solaire le plus important. Elle est suivie par la région Languedoc-Roussillon Midi-Pyrénées avec un parc raccordé d'une puissance de 1 276 MW. Ces deux régions accueillent presque la moitié de la puissance solaire raccordée en France métropolitaine. Les quatre régions du sud, Aquitaine Limousin Poitou-Charentes, Languedoc-Roussillon Midi-Pyrénées, Auvergne Rhône-Alpes et

Provence-Alpes-Côte d'Azur regroupent 70 % du parc total. Cette concentration des installations solaires dans le sud de la France s'explique notamment par le niveau d'ensoleillement de ces régions. En effet, l'ensoleillement est l'un des facteurs principaux déterminant la productivité de l'installation. Les régions du nord de la France ont un niveau d'ensoleillement annuel moyen de l'ordre de 1 630 h alors que, pour les régions du sud, ce niveau s'élève à environ 2 200 h, soit 35 % de plus que les régions du nord.

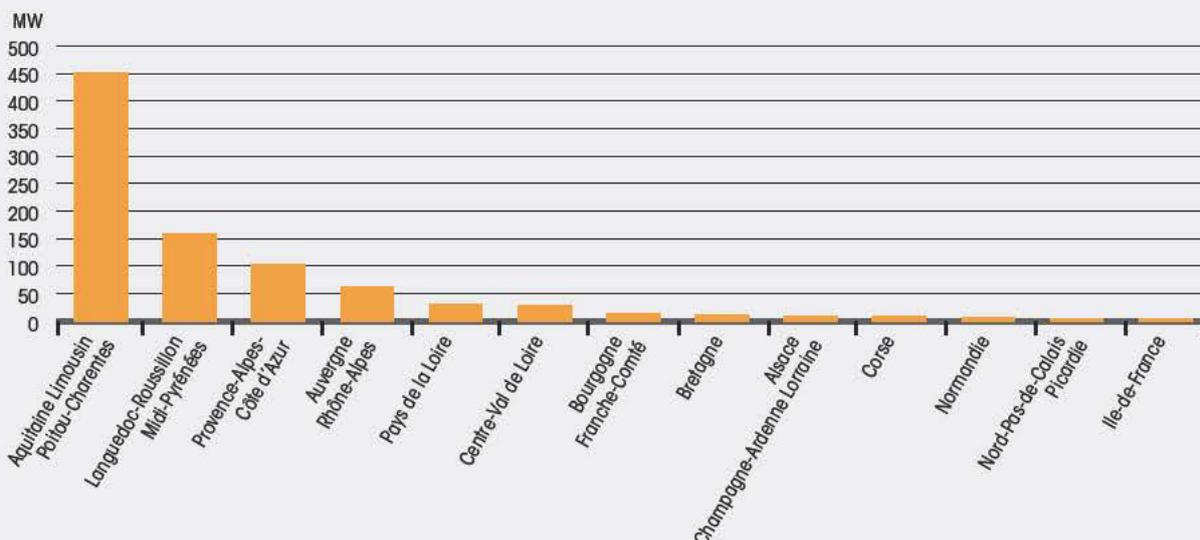
Parc solaire raccordé aux réseaux par région au 31 décembre 2015



La région Aquitaine Limousin Poitou-Charentes a raccordé sur son territoire 452 MW soit la moitié de la puissance des nouvelles installations raccordées en France métropolitaine durant l'année 2015. Ce volume provient en grande partie du raccordement du

parc Constantin sur le réseau public de transport d'électricité. Situé dans la commune de Cestas en Gironde, il est le plus grand d'Europe avec 230 MW de puissance installée.

Répartition régionale des nouvelles puissances solaires raccordées en 2015



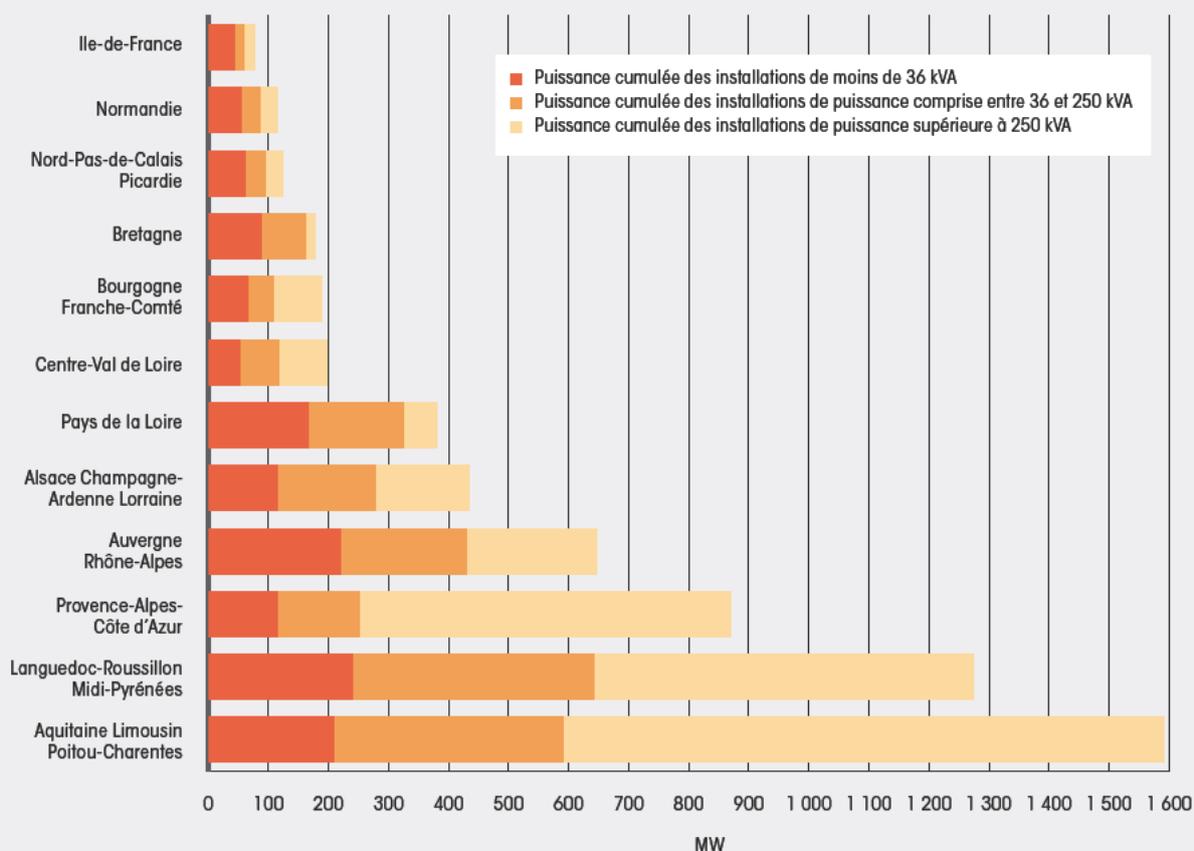
2.3. Répartition des installations par tranche de puissance

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 kW :** ces installations sont raccordées sur le réseau BT et sont principalement situées sur des habitations. Cette catégorie d'installations est historiquement à l'origine du développement de la filière. On en dénombre aujourd'hui plus de 320 000, soit plus de 97 % du parc total, et elles représentent en puissance moins de 25 % du parc. La puissance moyenne de ces installations est de 4 kW ;
- **Les installations de puissance comprise entre 36 et 250 kW :** ces installations sont également raccordées sur le réseau BT et sont principalement situées sur des bâtiments industriels ou agricoles de grande taille, des parkings ou des serres. Elles représentent en puissance 28 % du parc total. Leur puissance moyenne est de 113 kW ;

- **Les installations de puissance supérieure à 250 kW :** 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 48 % du parc total. Pour celles raccordées au réseau HTA, leur puissance moyenne est de 2,4 MW. Ce secteur est en pleine croissance et bénéficie d'un dispositif de soutien poussant la filière vers plus d'innovation. La part de ce segment ne devrait cesser de croître puisque 80 % de la puissance en file d'attente correspondent à des installations appartenant à cette catégorie.

Répartition des parcs solaires régionaux par segment de puissance au 31 décembre 2015



La répartition des parcs solaires régionaux par types d'installations varie fortement d'une région à l'autre. Ainsi, la région Aquitaine Limousin Poitou-Charentes voit sa puissance majoritairement

constituée de centrales au sol alors que la région Pays de la Loire (6^{ème} en termes de puissance installée) possède une majorité d'installations de faible puissance.

2.4. Technologies de production solaire

La filière solaire regroupe l'ensemble des technologies utilisant l'énergie du soleil. La technologie la plus répandue est la technologie photovoltaïque mais il existe également celle du solaire thermodynamique.

1. LA TECHNOLOGIE DE PRODUCTION SOLAIRE 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 (de 14 à 15 % pour le multicristallin et de près de 16 à 21 % pour le monocristallin). Elles représentent près de 90 % 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 % 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).

2. LA TECHNOLOGIE DE PRODUCTION SOLAIRE THERMODYNAMIQUE

Une centrale solaire thermodynamique à concentration est une centrale qui concentre les rayons du soleil à l'aide de miroirs afin de chauffer un fluide caloporteur qui permet en général de produire de l'électricité.

Il existe plusieurs types de centrales :

- **à tour** : elle est constituée d'un champ de capteurs solaires appelés héliostats qui concentrent les rayons du soleil vers un foyer fixe, situé en haut d'une tour ;
- **à miroir cylindro-parabolique** : les miroirs concentrent le rayonnement sur des tubes. Le liquide caloporteur (huile ou sels fondus), à l'intérieur, est ainsi porté à haute température. Ce caloporteur envoyé dans une chaudière vaporise de l'eau. La vapeur fait tourner des turbines qui entraînent des alternateurs produisant de l'électricité ;
- **à miroirs de Fresnel** : elle utilise des miroirs plans (ou quasi-plans) qui peuvent chacun pivoter autour d'un axe horizontal de façon à suivre la course du soleil et ainsi rediriger et concentrer de manière optimale les rayons solaires vers un tube absorbeur.

Les technologies solaires thermodynamiques : elles permettent de prolonger la production d'électricité au-delà de la période d'irradiation solaire, moyennant un investissement additionnel, en stockant le fluide caloporteur dans des réservoirs pour pouvoir en extraire la chaleur plusieurs heures après le coucher du soleil.

3. Les perspectives de croissance du parc solaire

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

La file d'attente de raccordement des installations solaires sur les réseaux de RTE, d'ERDF et des ELD est de 1 934 MW au 31 décembre 2015 contre 2 137 MW au 31 décembre 2014.

Cette diminution s'explique à la fois par le volume des installations raccordées en 2015, par le volume des projets abandonnés avant complétion, ainsi que par la baisse du volume des projets entrés en file d'attente au cours de l'année.

En 2015, une baisse de l'ordre de 20 % des demandes de raccordement est observée par rapport à 2014. Cette diminution est liée à la baisse des tarifs d'achat intervenue au cours du second semestre 2014. Les revalorisations successives opérées en 2015 ont permis d'amorcer une reprise des projets qui n'a pu compenser le ralentissement observé au premier semestre 2015. Pour les installations à raccorder en HTA, le comportement est différent puisque la file d'attente est restée relativement stable en 2015. Cela s'explique par la dynamique des appels d'offres qui fait régulièrement entrer en file d'attente des projets qui seront raccordés en moyenne 2 ans plus tard.

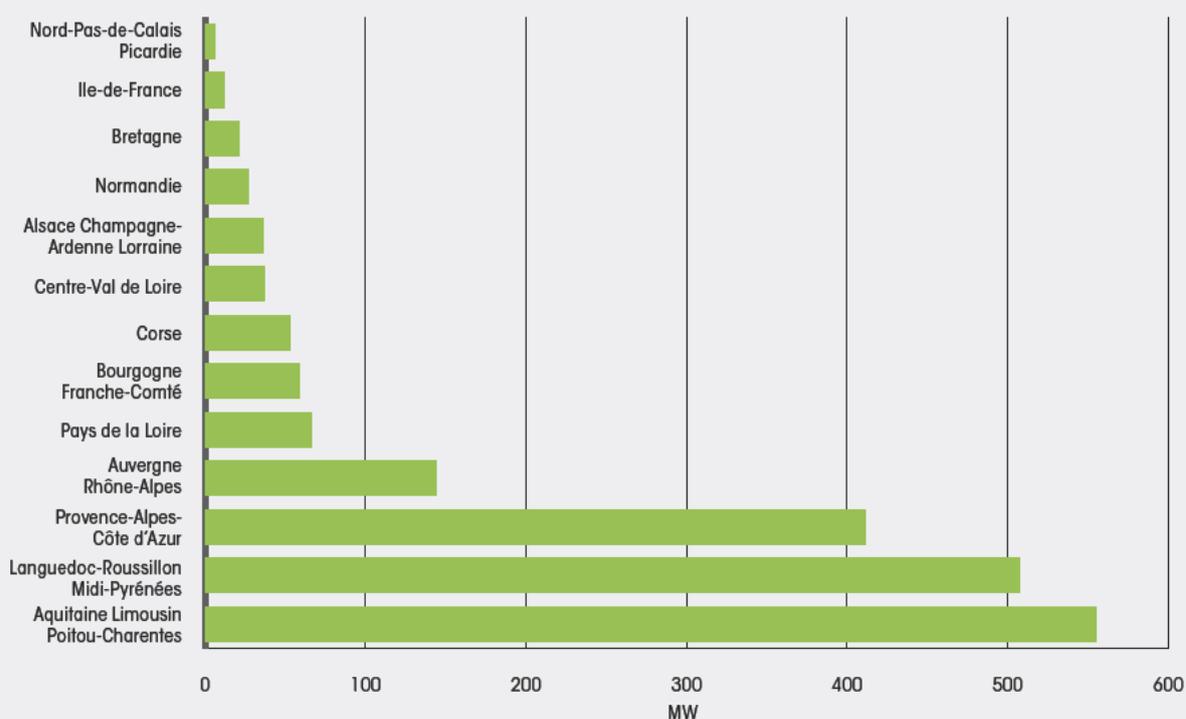
ERDF concentre 90 % de ces puissances en file d'attente, soit 1 741 MW, tandis que 105 MW de projets solaires sont dans la file d'attente de RTE, 34 MW sur le réseau des ELD et 53 MW sur le réseau d'EDF-SEI en Corse^(*).

Les régions Aquitaine Limousin Poitou-Charentes, Languedoc-Roussillon Midi-Pyrénées et Provence-Alpes-Côte d'Azur regroupent 76 % des installations solaires en attente de raccordement, avec respectivement 555 MW, 507 MW et 411 MW. Ces régions font partie des régions les plus ensoleillées de France.

Evolution de la file d'attente (MW)

	File d'attente au 31 décembre 2014	File d'attente au 31 décembre 2015
RPT	489	105
RPD	1 648	1 829
Total	2 137	1 934

Répartition régionale de la file d'attente au 31 décembre 2015



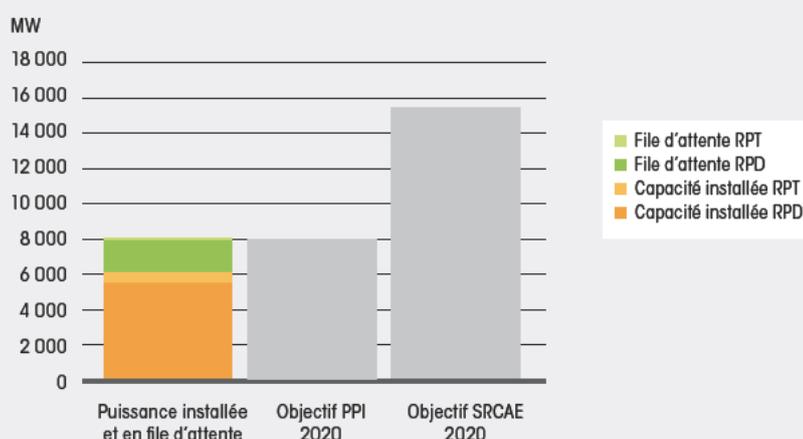
(*) La file d'attente de raccordement au réseau d'EDF-SEI en Corse inclut un parc de 12 MW utilisant la technologie solaire thermodynamique.

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

La croissance du parc constatée ces dernières années a permis d'atteindre l'objectif national initial de 5 400 MW inscrit dans la PPI. Afin de garantir la poursuite du développement des installations solaires, dans l'attente de la fixation de nouveaux objectifs par la future programmation pluriannuelle de l'énergie, le Gouvernement a réévalué à 8 000 MW l'objectif de puissance installée de la filière solaire pour 2020.

Toutefois, la somme des ambitions régionales concernant le solaire étant de 15 500 MW, le rythme de croissance actuel du parc rendra l'atteinte des objectifs inscrits dans les SRCAE(*) difficile.

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

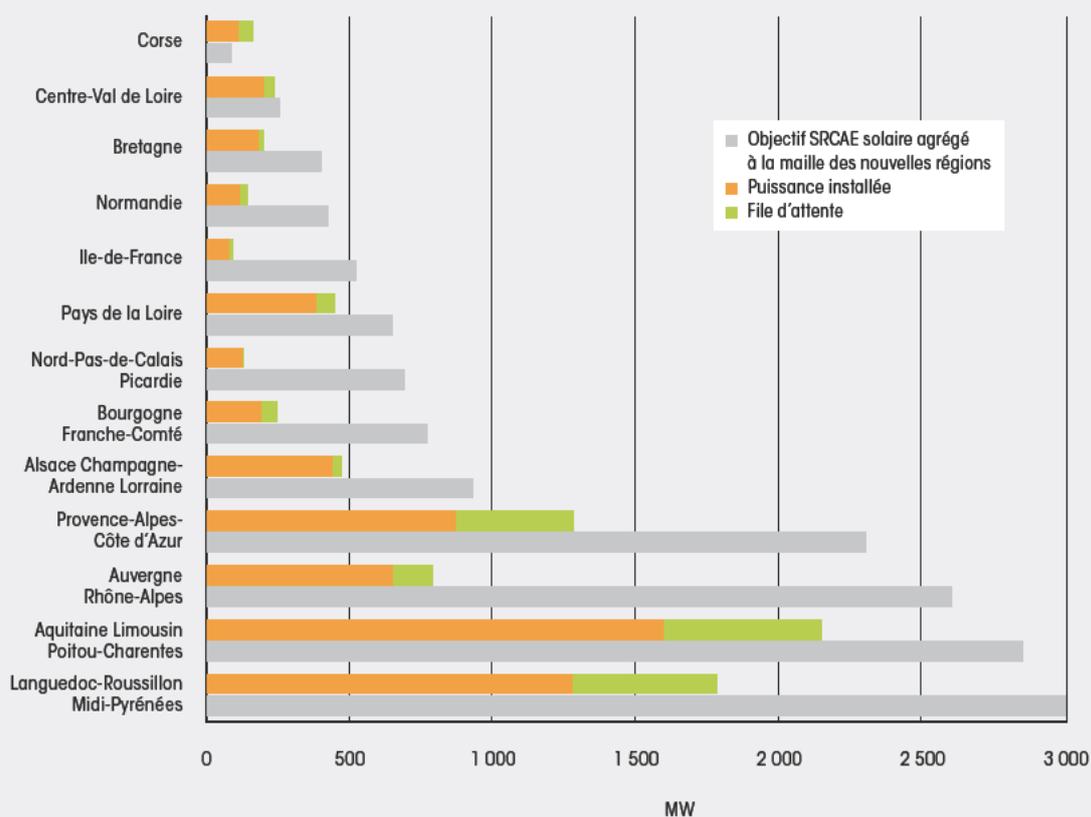


Les nouvelles frontières administratives font apparaître 4 régions affichant une somme des objectifs SRCAE supérieure à 2 000 MW : Languedoc-Roussillon Midi-Pyrénées, Aquitaine Limousin Poitou-Charentes, Auvergne Rhône-Alpes et Provence-Alpes-Côte d'Azur. La comparaison de ces objectifs à la somme des puissances raccordées et des puissances en file d'attente fait ressortir des disparités entre régions. En effet, en comptabilisant la capacité installée et la file d'attente, la région Corse remplit dès à présent

son objectif agrégé à hauteur de 191 % (soit 78 MW de surplus). Les régions Centre-Val de Loire et Aquitaine Limousin Poitou-Charentes remplissent respectivement leurs objectifs à hauteur de 93 et 75 %. Quant aux régions Nord-Pas-de-Calais Picardie et Île-de-France, elles remplissent respectivement leurs objectifs à hauteur de 19 et 17 %.

(*) Au plan régional, les objectifs concernant le développement des énergies renouvelables étaient fixés par les schémas régionaux du climat de l'air et de l'énergie (SRCAE). Ces schémas aux anciennes mailles régionales seront intégrés d'ici 2019 aux schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET), créés par la loi n°2015-991, dite loi NOTRe. Cela devrait permettre une meilleure cohérence entre les objectifs nationaux et l'ensemble des objectifs régionaux. En attendant la déclinaison des objectifs à la maille des nouvelles régions, et afin de permettre le suivi des politiques en matière d'électricité renouvelable, les puissances installées et en file d'attente de chaque nouvelle région sont mises en regard de la somme des objectifs SRCAE.

Puissance installée et en file d'attente au 31 décembre 2015 par rapport aux objectifs SRCAE



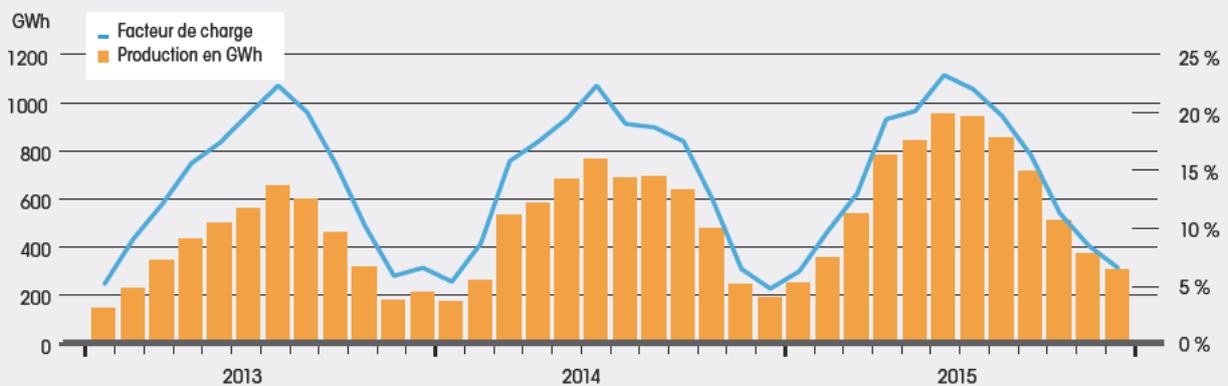
4. La production solaire dans l'équilibre offre-demande

4.1. Production et facteur de charge du parc solaire

La production solaire en 2015 est de 7,4 TWh. Le pic de production a été atteint avec 4 601 MW le 24 juin 2015 à 14h00 et le facteur de charge a atteint un pic de 83,5 % le 21 avril 2015. Le facteur de charge moyen sur l'année est quant à lui de 15 %.

Chaque été, l'atteinte d'un nouveau maximum de production mensuelle s'explique à la fois par l'augmentation du parc installé et par les conditions d'ensoleillement, particulièrement favorables à cette période.

Production solaire et facteur de charge mensuel depuis 2013

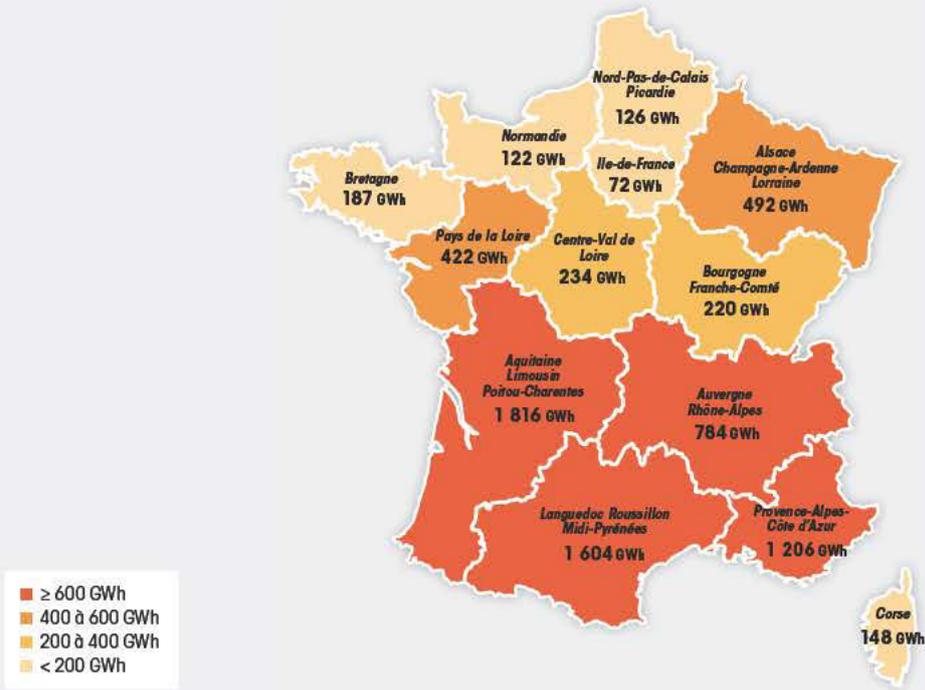


4.2. Répartition régionale de la production et du facteur de charge

Sur l'année 2015, quatre régions assurent presque les trois-quarts de la production solaire de France métropolitaine : Aquitaine Limousin Poitou-Charentes (1 816 GWh), Languedoc-Roussillon Midi-

Pyrénées (1 604 GWh), Provence-Alpes-Côte d'Azur (1 206 GWh) et Auvergne Rhône-Alpes (784 GWh).

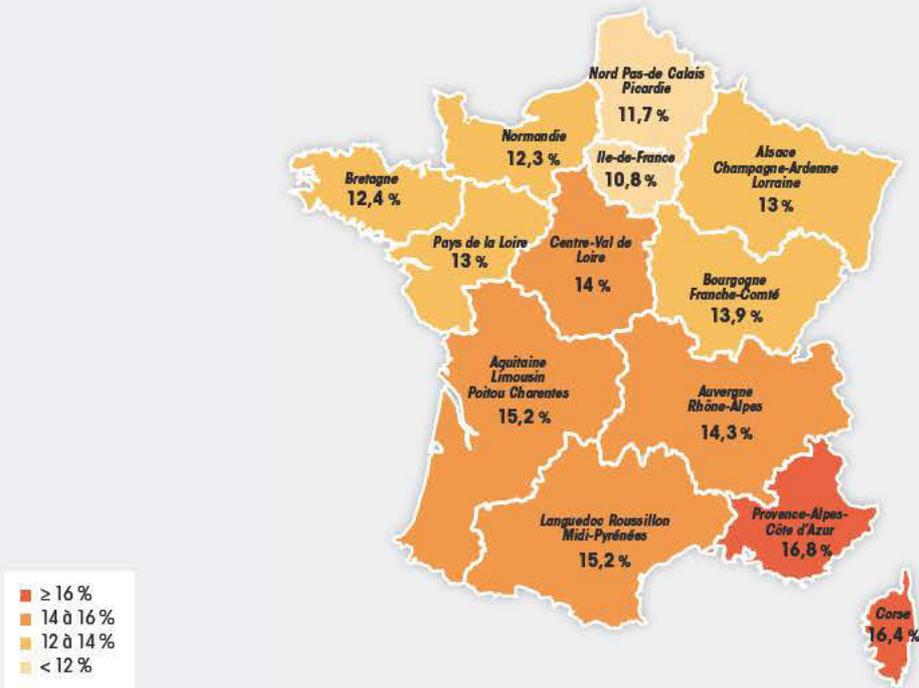
Production solaire par région en 2015



La région Provence-Alpes-Côte d'Azur dispose du facteur de charge mensuel moyen le plus élevé de France métropolitaine avec 16,8 %

en 2015. Elle est suivie par trois autres régions ayant un facteur de charge supérieur à 15 %.

Facteur de charge solaire en 2015



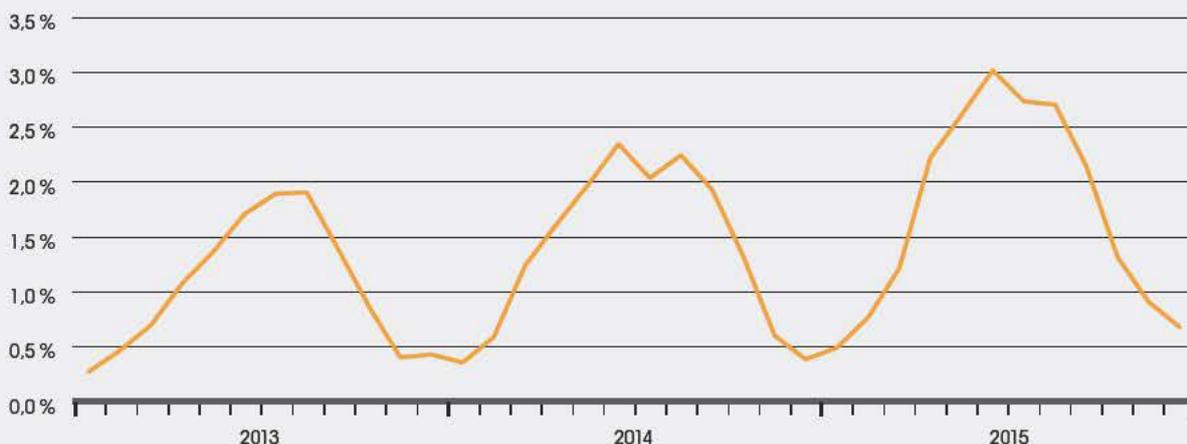
4.3. Participation à la couverture de la consommation

Le taux de couverture moyen de la consommation par la production solaire s'élève à 1,6 % sur l'année 2015. Ce taux atteint un maximum

de 11,2 % le 2 août 2015 à 15h00 en France métropolitaine pour une production de 4 270 MW et une consommation de 38 241 MW.

Taux de couverture de la consommation par la production solaire depuis 2013

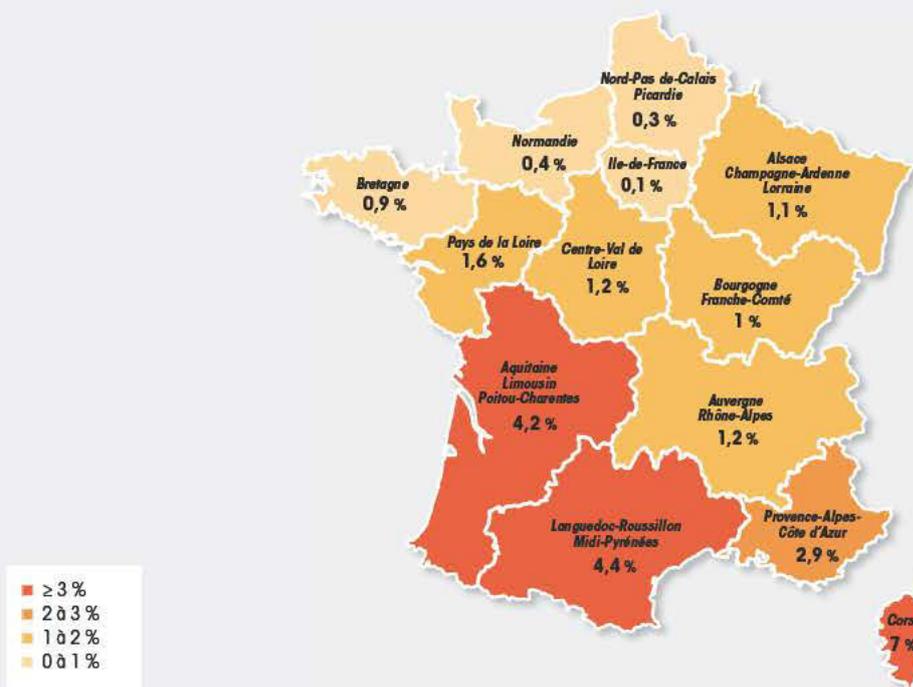
Moyenne mensuelle



Le taux de couverture moyen de la consommation par la production solaire dépasse le seuil de 4 % sur l'année 2015 dans trois régions :

Corse, Languedoc-Roussillon Midi-Pyrénées et Aquitaine Limousin Poitou-Charentes.

Taux de couverture moyen de la consommation par la production solaire en 2015



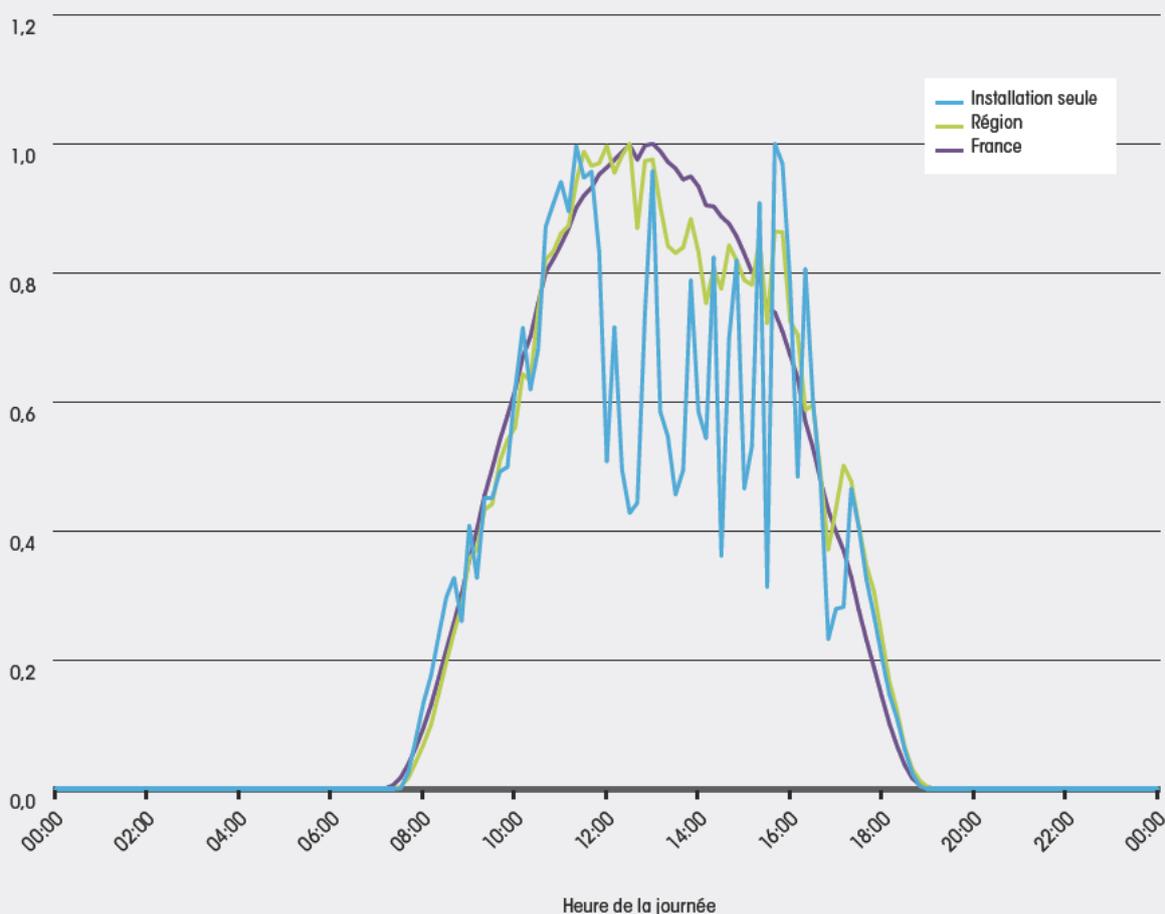
4.4. Caractéristiques de la production solaire photovoltaïque

La production solaire 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 solaire photovoltaïque

Le niveau de la production dépend de facteurs tels que le rayonnement et la nébulosité.

La production solaire photovoltaïque provient de plus de 340 000 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 solaire 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 solaire photovoltaïque en J-1

IPES héberge un modèle de prévisions de production solaire photovoltaïque développé par RTE et opérationnel depuis fin 2012 : FOSPHOR. 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.

Estimation de la production solaire photovoltaïque en temps réel

Le système IPES estime la puissance solaire photovoltaïque produite en temps réel grâce à des télémesures acquises par RTE ou transmises par d'autres acteurs dont ERDF. Au 31 décembre 2014, 20 % de la puissance solaire 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 moyenne 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 %). Par convention, l'erreur quadratique et le biais ne sont calculés que sur la plage horaire restreinte 8h-17h.

La qualité des prévisions et de l'estimation de la production solaire 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 solaires photovoltaïques. Cette démarche permet de disposer de prévisions et d'estimations de production solaire 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

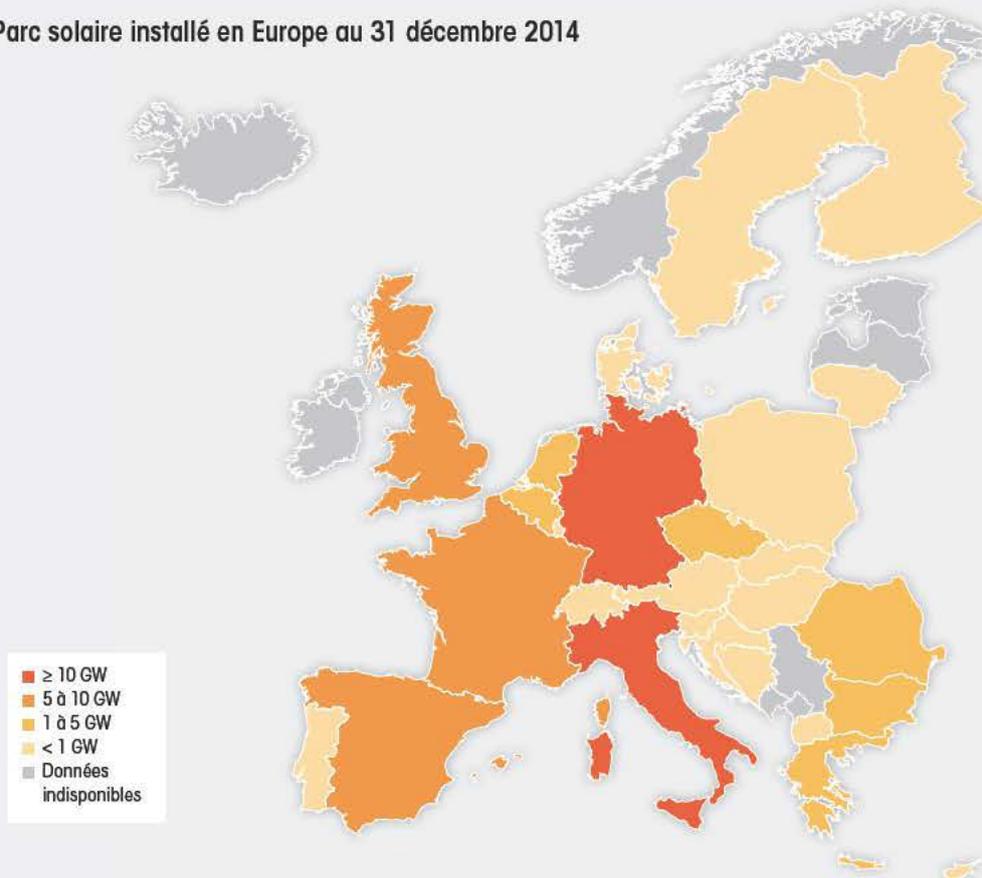
5. Principaux chiffres de la filière solaire^(*) en Europe

Le parc solaire installé

Au 31 décembre 2014, la puissance solaire installée en Europe s'élevait à près de 83 GW dans l'ensemble des pays européens membres de l'ENTSO-E.

Avec environ 38 GW installés, l'Allemagne possède le parc le plus important devant l'Italie (18,6 GW) et l'Espagne (6,8 GW). L'ensemble des parcs solaires de ces trois pays et de la France représente plus de 80% de la capacité installée en Europe.

Parc solaire installé en Europe au 31 décembre 2014



Source et périmètre : ENTSO-E

(Pour la Grande-Bretagne, les données sont celles fournies par DECC).

S'agissant de la croissance annuelle du parc, l'Allemagne connaît en 2014 la plus importante augmentation en puissance, avec plus de 1 GW d'installations nouvellement raccordées. Elle est suivie par la France avec 0,9 GW, puis la Roumanie avec 0,6 GW.

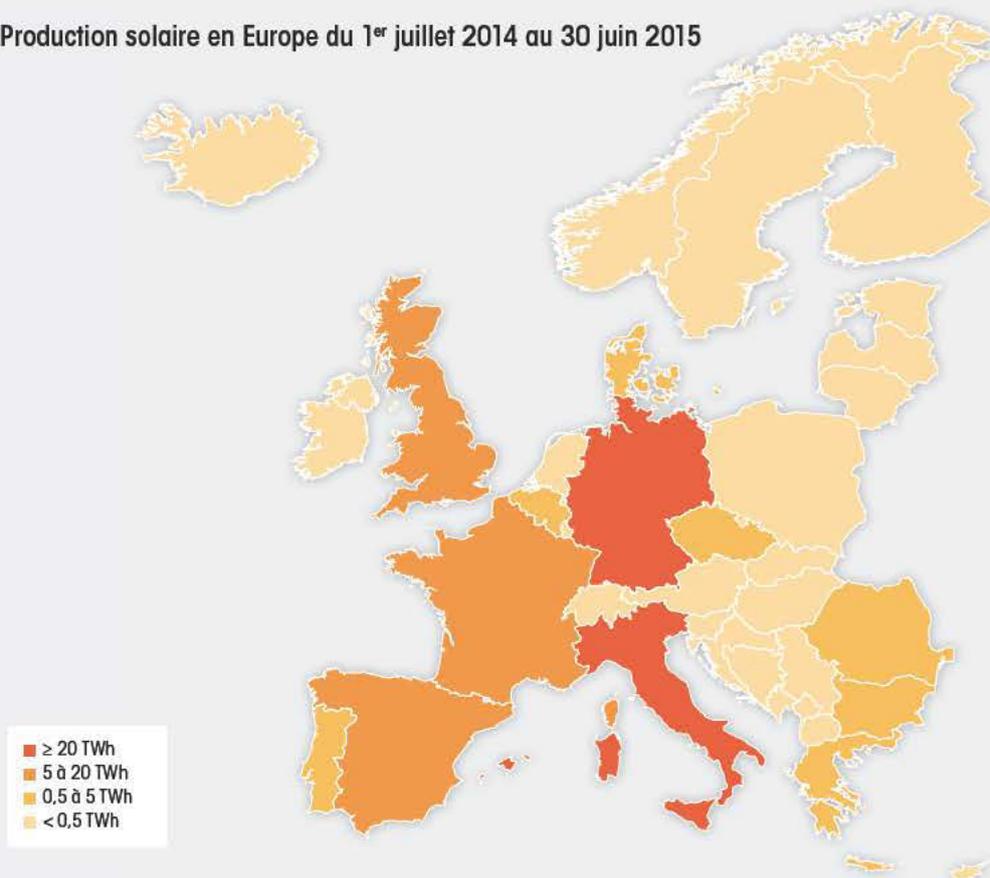
(*) La filière solaire comprend les technologies à la fois solaire photovoltaïque et solaire thermodynamique.

La production solaire

Du 1^{er} juillet 2014 au 30 juin 2015, trois pays européens ont une production supérieure à 10 TWh : l'Allemagne (34,8 TWh), l'Italie (23,7 TWh) et l'Espagne (13,5 TWh). La France dispose, quant à elle, d'une production de 6,8 TWh. La production est en hausse

de 2,4 % par rapport à la période précédente. A l'échelle de l'ENTSO-E, la production solaire s'élève à 92,8 TWh du 1^{er} juillet 2014 au 30 juin 2015.

Production solaire en Europe du 1^{er} juillet 2014 au 30 juin 2015

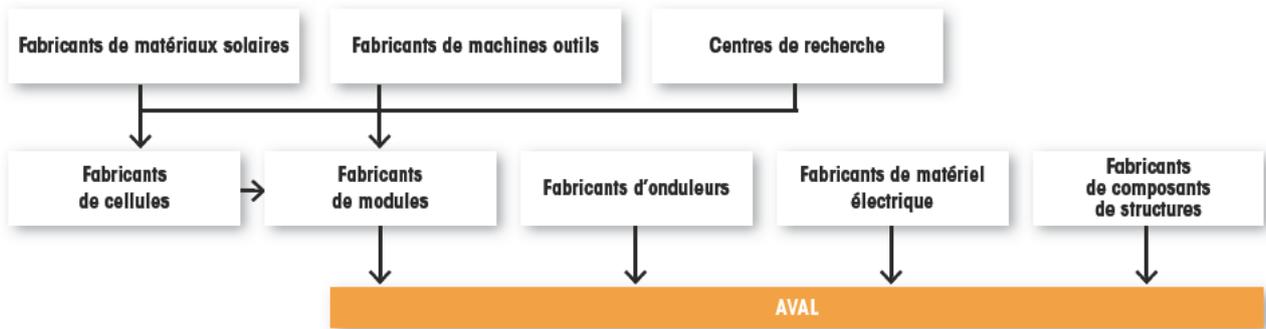


Source et périmètre : ENTSO-E.
(Pour la Grande-Bretagne, les données sont celles fournies par DECC).

Focus : L'industrie solaire photovoltaïque française

De la chimie en amont à l'électronique et la mécanique en aval, la chaîne de valeur industrielle française du solaire photovoltaïque regroupe un grand nombre de métiers. SOLER, la branche photovoltaïque du SER, a répertorié à ce jour environ **200 entreprises** disposant d'une unité de fabrication implantée

en France sur l'ensemble de la chaîne de valeur, dont certaines très innovantes, ainsi qu'environ **50 centres** de recherche, dont certains (Institut National de l'Energie Solaire, Institut Photovoltaïque d'Île-de-France) sont parmi les plus en pointe au plan mondial.

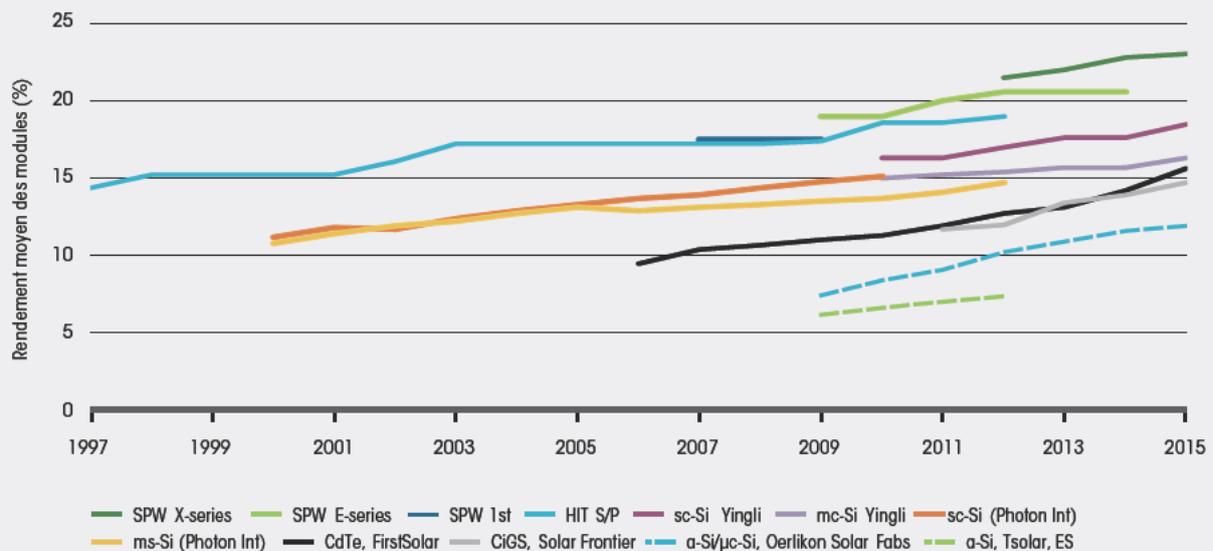


Les modules solaires photovoltaïques

Les modules à base de silicium poly et monocristallin représentent aujourd'hui environ 90 % du marché mondial. Les couches minces, essentiellement CdTe, CIS/CIGS et silicium amorphe représentent

environ 10 % du marché mondial. Les rendements commerciaux des technologies disponibles évoluent d'environ 1 % tous les 3 ans et s'établissent aujourd'hui pour les technologies les plus avancées à 21,5 %.

Rendements commerciaux actuels et attendus des modules solaires photovoltaïques



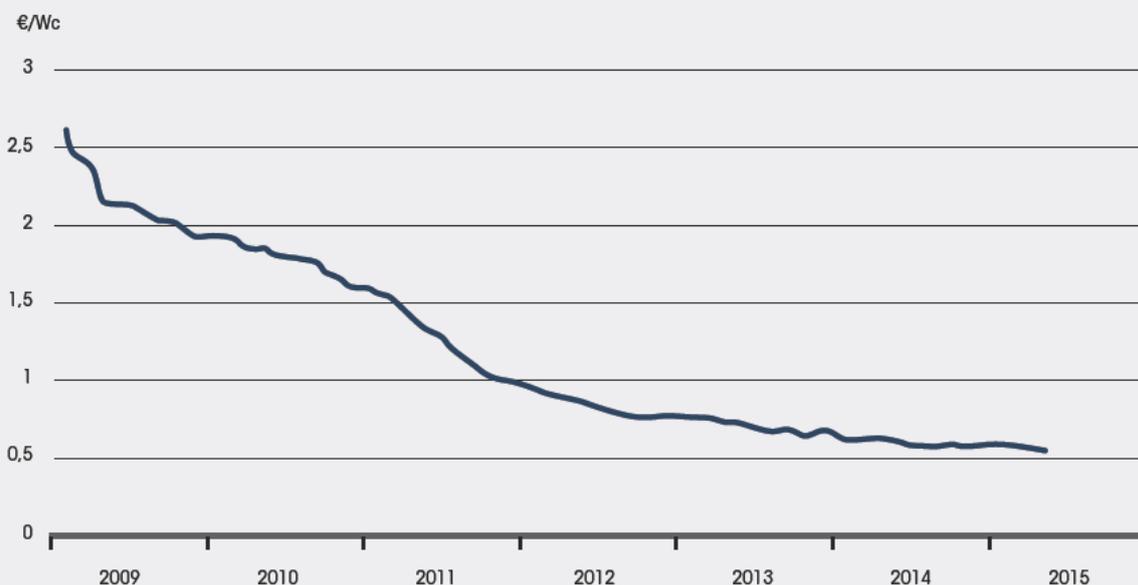
Note : SPW est l'abréviation de SunPower, et HIT S/P celle de Heterojunction Intrinsic Thin Layer Sanyo/Panasonic

Source : De Wild-Scholten, M. (2013), « Energy payback time and carbon footprint of commercial PV systems », *Solar Energy Materials & Solar Cells*, NO. 119, pp. 296-305

Le coût de fabrication des modules solaires photovoltaïques décroît rapidement et est sans commune mesure avec ce qu'il était il y a encore quelques années. A l'échelle mondiale, le prix

des modules a été divisé par plus de 5 en 6 ans. Depuis 1976, on observe, toujours à l'échelle mondiale, que le prix des modules baisse de 20 % chaque fois que la production cumulée double.

Evolution du prix moyen d'un module cristallin en €/Wc.



Source : pvXchange

Les fabricants de modules peuvent intégrer toute la chaîne de fabrication ou intervenir uniquement sur le processus d'encapsulation des cellules. Fin 2015, la France comptait

10 fabricants de modules et/ou cellules disposant d'une unité de fabrication implantée sur notre territoire, pour une capacité maximale cumulée de production annuelle de 794 MW.

	LOCALISATION DES OUTILS DE PRODUCTION	CAPACITÉ MAXIMALE DE PRODUCTION ANNUELLE (MWC/AN)
Producteurs intégrés^(*) de modules		
EDF ENR PWT (Photowatt)	Bourgoin-Jallieu (38)	100
Producteurs de cellules		
Irysolar	Montpellier (34)	10
Producteurs de modules		
Fonroche	Roquefort (47)	90
Francewatts	Barentin (76)	25
Sillia VL	Vénissieux (69), Lannion (22)	260
SNA solar	Tourouvre (61)	25
Systovi	Saint-Herblain (44)	40
Sunpower (groupe Total)	Toulouse (31), Porcelette (57)	154
VMH Energies	Châtellerault (86)	20
Voltec Solar	Dinsheim-sur-Bruche (67)	60
Total France (MWC/an)		784

Source : SER-SOLER, décembre 2015 (capacités déclarées par les fabricants)

(*) On appelle producteur photovoltaïque intégré, un acteur qui maîtrise l'ensemble de la chaîne de valeur du photovoltaïque, de la matière première (le silicium dans le cas du silicium cristallin) aux modules.

Les fabricants de machines-outils

Au sein des filières couches minces et silicium cristallin, la production de cellules et de modules photovoltaïques nécessite de nombreux équipements spécifiques à destination des chaînes de fabrication, parmi lesquels : fours de fusion du silicium, de cristallisation, de ségrégation et de diffusion, pompes à vide, robots multi-axes, machines à sérigraphier, lasers de micro-usinage, spectromètres, etc.

Plusieurs fabricants français sont positionnés sur ce segment de la chaîne de valeur ; on peut citer notamment : AET-Technologies, Apollon Solar, Cyberstar, ECM Technologies, EFD Induction, Machines Dubuit, Mersen (ex-Carbone Lorraine), Vincent Industrie, etc.

Les fabricants de matériaux solaires

En parallèle des équipementiers, on trouve les fournisseurs de matériaux nécessaires au processus de fabrication. A ce titre, on peut citer par exemple : les gaz nécessaires à la fabrication des cellules (O_2 et N, NF_3 ou F_2 pour le nettoyage des fours, H_2O_2 ultra pur pour la fabrication des cellules) ; polymères pour l'encapsulation des cellules (EVA, PVDF, Tedlar, films de face avant ; substrats pour silicium amorphe, adhésifs, films polyester biorientés) ; les blocs et les plaquettes de silicium polycristallin ; les liquides de polissage ; les produits chimiques par procédés humides ; les verres spéciaux et les miroirs haute performance ; le graphite isostatique permettant la fabrication de pièces usinées.

Les fabricants français positionnés sur ce segment sont notamment les suivants : Air Liquide, Arkema, Emix, Entegris, Micel Film, Saint-Gobain, Technic France, etc.

Les fabricants de matériels électriques et électroniques

Le passage du module au système nécessite l'intégration de nombreux composants électriques, tels que : boîtes de jonction, onduleurs, câbles DC, connecteurs DC, parafoudres, interrupteurs-sectionneurs, armoires et coffrets, cartes électroniques, compteurs d'électricité, optimisateurs de productible, trackers, moyens de stockage, tableaux électriques, monitoring, transformateurs et inductances, etc.

Le rôle des onduleurs est de convertir en courant alternatif le courant continu produit par les modules photovoltaïques. Le rendement de conversion est généralement de l'ordre de 95 %. Les caractéristiques de fréquence et de tension sont adaptées à celles du réseau électrique public.

Les fabricants français positionnés sur ce segment sont notamment les suivants : Emelec technologies, Exosun, Legrand, Leroy-Somer, Nexans, Schneider Electric, Socomec, etc.

Les fabricants de structures et composants associés

La voie choisie par les pouvoirs publics de l'intégration au bâti (IAB - les modules photovoltaïques viennent se substituer à des éléments de l'enveloppe des bâtiments) a favorisé l'émergence sur notre territoire d'une activité industrielle associée : fabricants de profilés, fabricants de systèmes d'intégration complets, acteurs spécialisés dans les produits de bardage, les fixations et ossatures secondaires, la visserie, les tuiles composites, les membranes d'étanchéité, ou encore les ombrières de parking, les verrières, les façades et les auvents.

La filière industrielle de l'IAB compte une dizaine de fabricants français actifs sur le marché en 2014 et la quasi-totalité des systèmes IAB installés aujourd'hui en France sont fabriqués sur le territoire national par des PME-PMI.

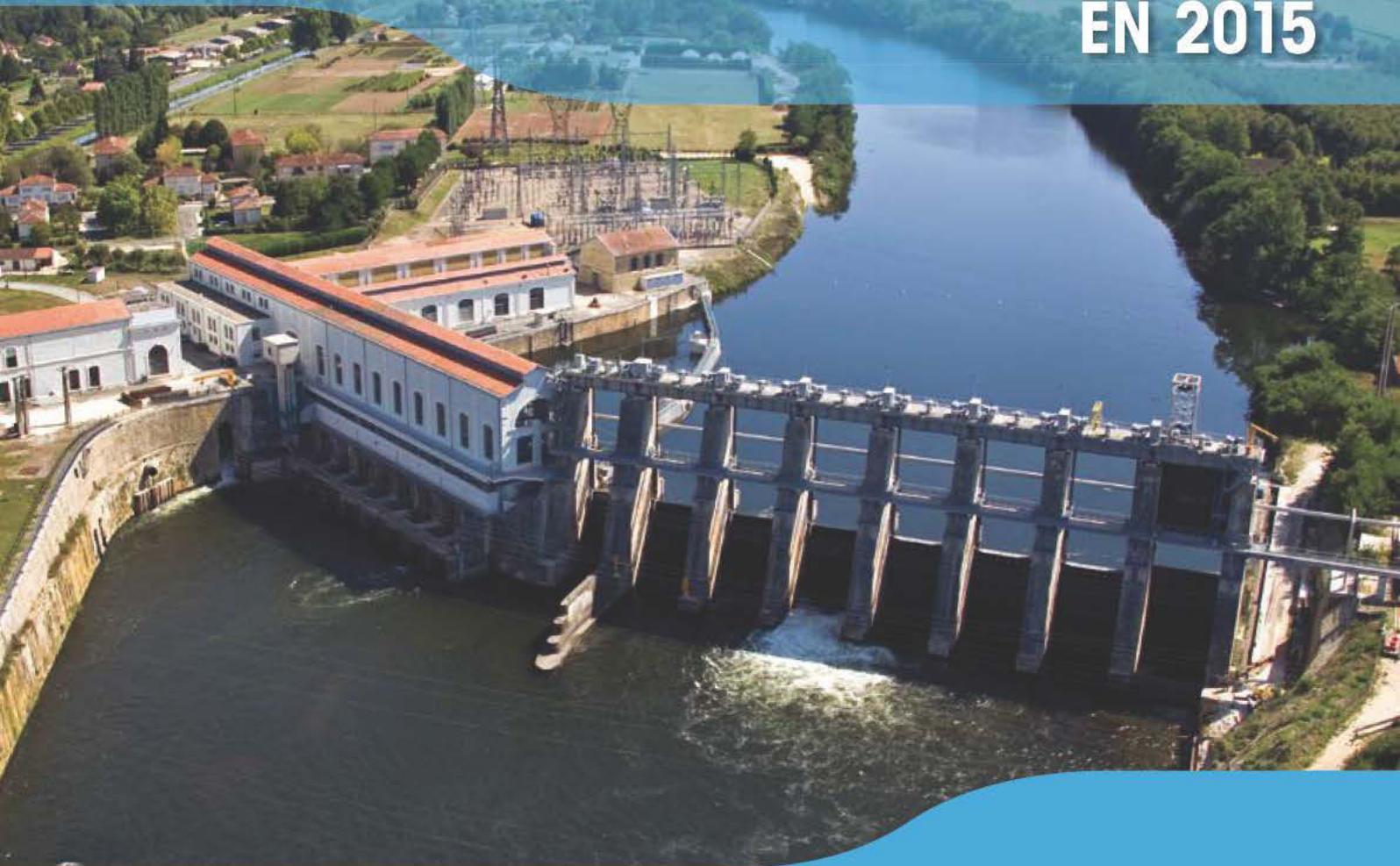
Les fabricants de systèmes IAB identifiés sont notamment les suivants : Adiwatt, Clipsol, Fonroche Energie, GSE Intégration, Imerys TC, IRFITS, Mecosun, Solarsit, Systovi, Terreal, Voltec Solar, etc.

L'aval de la chaîne de valeur

En aval, les développeurs, installateurs et/ou exploitants de projets, et producteurs, ainsi que toutes les professions support (bureaux d'études, avocats, établissement financiers, assurances...) achèvent de constituer la filière française du photovoltaïque.

Pour en savoir plus : www.acteurs-enr.fr

LA FILIÈRE HYDRAULIQUE RENOUVELABLE EN 2015



1. Chiffres clefs et actualités

1.1. Chiffres clefs.....	52
1.2. Actualités.....	52

2. Le parc hydraulique en France

2.1. Parc hydraulique raccordé au 31 décembre 2015.....	54
2.2. Répartition régionale du parc hydraulique.....	54
2.3. Répartition du parc hydraulique en puissance.....	55
2.4. Types de centrales.....	55

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.....	57
3.2. Parc installé, file d'attente et objectifs nationaux.....	57

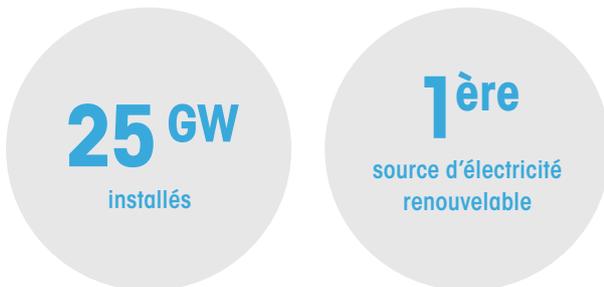
4. La production hydraulique dans l'équilibre offre-demande

4.1. Production hydraulique.....	58
4.2. Taux de couverture de la consommation par la production hydraulique.....	59

5. Principaux chiffres de la filière hydraulique en Europe.....60

1. Chiffres clefs et actualités

1.1. Chiffres clefs



Installations hydrauliques raccordées au 31 décembre 2015

- Le parc hydraulique s'élève à **25 421 MW^(*)** dont **23 657 MW** sur le réseau de RTE, **1 457 MW** sur le réseau d'ERDF et **67 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 2015

- La file d'attente pour le raccordement des installations hydrauliques aux réseaux publics de transport et de distribution est de **508 MW** au 31 décembre 2015, contre 573 MW en 2014. Elle se répartit entre **405 MW** sur le réseau de RTE, **103 MW** sur le réseau d'ERDF et **0,6 MW** sur les réseaux des ELD.

Production hydraulique renouvelable^(**) en 2015

- La production hydraulique renouvelable s'élève à **53,9 TWh**. La production hydraulique totale, incluant la part non renouvelable produite par les installations turbinant de l'eau remontée par pompage, est de **58,7 TWh**. Elle est en baisse de **9,3 TWh** par rapport à l'année précédente (- **13,7 %**). Ce volume annuel de production est parmi les plus faibles de ces dix dernières années.
- Le taux moyen de couverture de la consommation par la production hydraulique renouvelable est de **11,4 %** en 2015. Ce taux était de 13,6 % en 2014.

1.2. Actualités

Expérimentation d'une autorisation unique

Suite à la publication du décret n°2014-751, le 1^{er} juillet 2014, l'expérimentation d'un permis unique est lancée dans l'ensemble des départements des régions Rhône-Alpes et Languedoc-Roussillon pour une durée de trois ans. Cette autorisation unique réunit l'ensemble des autorisations nécessaires à la réalisation d'une installation, d'un ouvrage, d'un travail ou d'une activité (IOTA) soumis à autorisation au titre de la législation relative à l'eau et aux milieux aquatiques (LEMA).

Cette procédure, qui sera élargie à tout le territoire dans le cadre de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte, doit permettre d'accélérer l'instruction des dossiers.

Augmentation des débits réservés

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 – débits minimaux que tout ouvrage doit maintenir de façon à garantir en permanence la vie,

la circulation et la reproduction des espèces présentes – ont été augmentés pour l'ensemble des ouvrages existants avant le 1^{er} janvier 2014. Cette modification semble avoir un impact important sur la production hydroélectrique, les estimations indiquant une baisse de près de 4 TWh.

Renouvellement des concessions hydroélectriques

La loi sur la transition énergétique pour la croissance verte, adoptée le 22 juillet 2015 à l'Assemblée nationale et promulguée le 18 août, prévoit la possibilité de 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 de la 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. Aux côtés des entités publiques (collectivités locales, mais également d'éventuels investisseurs publics), les actionnaires privés sont sélectionnés à l'issue d'une

(*) Ce chiffre prend en compte 223 MW installés en Corse ainsi que près de 16 MW de droits d'eau en plus du parc raccordé à RTE, ERDF et aux ELD.

(**) La note méthodologique en fin de document précise les modalités de calcul de la part renouvelable de la production hydraulique (modalités définies en application de la directive européenne 2009/28/CE).

procédure de mise en concurrence, conformément à la législation européenne. Dans certains cas, la loi prévoit également la possibilité de regrouper des concessions afin d'optimiser l'exploitation de chaînes d'aménagements hydrauliquement liés. Une date d'échéance commune est alors fixée.

Les dispositions de la loi doivent désormais faire l'objet de textes d'application. L'examen de ces textes par les instances de consultation est en cours, pour une publication attendue rapidement, notamment suite à la mise en demeure de la France à ce sujet par la Commission Européenne.

Tarifs d'achat et complément de rémunération

Suite à l'adoption par la Commission Européenne de nouvelles lignes directrices encadrant le soutien aux énergies renouvelables électriques, le 28 juin 2014, la révision des mécanismes de soutien aux filières électriques renouvelables est en cours. Concernant la filière hydroélectrique, pour les installations d'une puissance inférieure à 500 kW, il s'agit de définir de nouveaux tarifs d'obligation d'achat, adaptés tant à la rénovation de sites existants qu'à la création de nouveaux ouvrages. S'agissant des installations de plus de 500 kW, l'électricité sera vendue directement sur le marché

et assortie d'une prime variable définie ex-post. La méthode pour la détermination de ce complément de rémunération, ainsi que les niveaux des tarifs pour l'obligation d'achat devraient être arrêtés en application de la loi sur la transition énergétique dans les prochains mois.

Appel d'offres

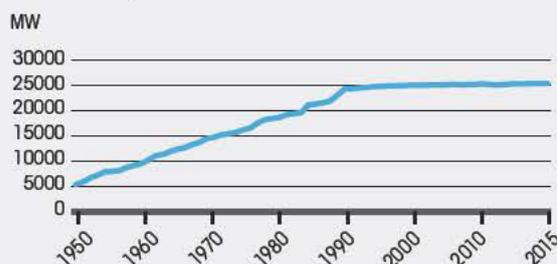
La Ministre de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, Ségolène Royal, a confirmé son intention de lancer un appel d'offres pour relancer le développement de la petite hydroélectricité. L'appel d'offres vise à développer plus de 60 MW de nouvelles capacités, dans tous les champs de la petite hydroélectricité : réhabilitation d'anciens moulins et équipements de petits ouvrages existants pour une puissance entre 36 et 150 kW ; installations nouvelles situées dans des zones propices, de puissance supérieure à 500 kW ; équipement d'ouvrages déjà existants mais ne produisant pas d'électricité, ayant par exemple un usage de navigation ou d'alimentation en eau potable, à partir d'une puissance supérieure à 150 kW. Le cahier des charges de cet appel d'offres a fait l'objet d'une consultation fin 2015, pour un lancement prévu pour le premier trimestre 2016.

2. Le parc hydraulique en France

2.1. Parc hydraulique raccordé au 31 décembre 2015

Avec une capacité installée de 25 421 MW, la filière hydraulique est la deuxième source d'électricité française, et la première parmi les sources d'électricité renouvelable. Stabilisé autour des années 1990, après quarante années de croissance, le parc hydraulique reste un atout majeur du mix électrique français. En effet, lorsqu'elle est associée à un réservoir, l'hydroélectricité est la seule énergie renouvelable modulable, avec la possibilité d'augmenter très rapidement la production électrique, faisant de cette énergie une ressource essentielle pour la sécurité du réseau.

Evolution de la puissance du parc hydraulique installé depuis 1950

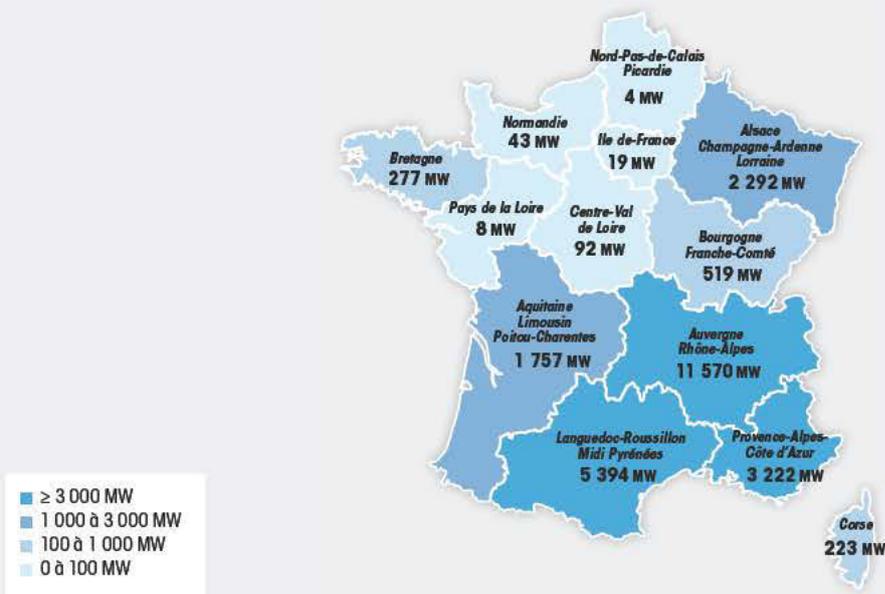


2.2. Répartition régionale du parc hydraulique

Déterminée par l'hydrographie et le relief, l'hydroélectricité est très localisée sur le territoire. La région Auvergne Rhône-Alpes accueille le parc hydraulique le plus important avec 11 570 MW de capacités raccordées, soit près de 46 % du parc installé en

France métropolitaine. Elle est suivie de Languedoc-Roussillon Midi-Pyrénées et de Provence-Alpes-Côte d'Azur avec respectivement 5 394 MW et 3 222 MW. Ces trois régions concentrent près de 80 % du parc hydraulique.

Répartition régionale du parc hydraulique raccordé au 31 décembre 2015

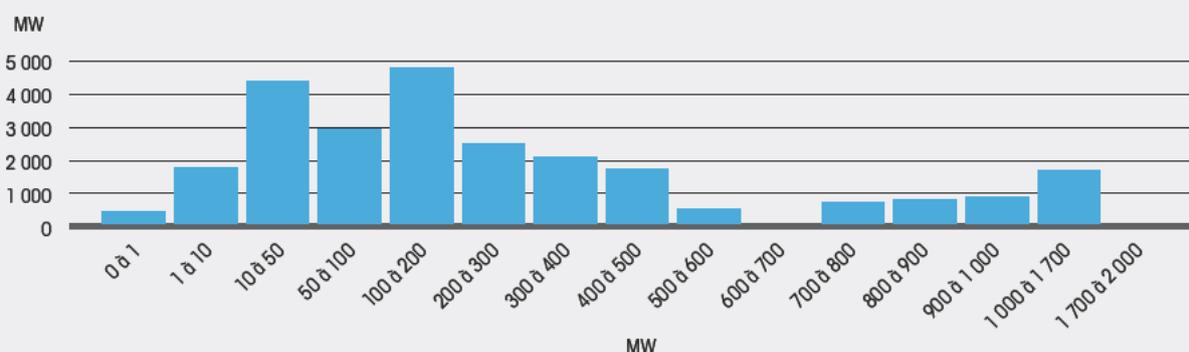


2.3. Répartition du parc hydraulique en puissance

Le parc hydraulique français compte plus de 2 500 installations, dont plus de 90 % sont des centrales au fil de l'eau. 95 installations atteignent une puissance installée comprise entre 50 et 600 MW

et concentrent 58 % de la capacité de production. Plus de 1 600 installations ont une puissance inférieure à 1 MW et représentent 1,8 % de la capacité installée.

Répartition des installations hydrauliques par segment de puissance

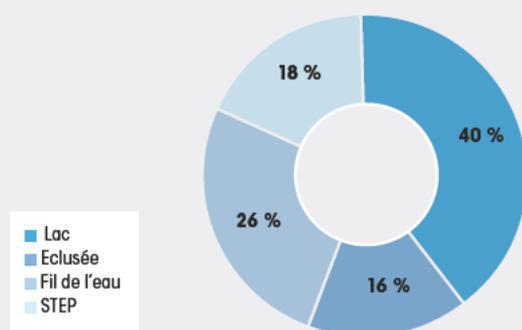


2.4. Types de centrales

Les centrales hydrauliques se répartissent en différentes catégories selon la durée de remplissage de leurs réservoirs. Celle-ci permet en effet de déterminer la capacité de modulation et de fonctionnement en pointe de l'ouvrage.

de taille moyenne (compris entre 2 et 400 heures) et assurent une fonction de modulation journalière ou hebdomadaire. Ces installations permettent de stocker l'eau en période de faible consommation selon les cycles journaliers (stockage la nuit, turbinage en journée) ou hebdomadaires (stockage la nuit et les jours de week-end, turbinage en jours ouvrables).

Répartition des capacités hydrauliques sur le réseau de transport par type de centrale au 31 décembre 2015



Les « **centrales lacs** » sont situées dans les lacs en aval des moyennes et hautes montagnes. La capacité du réservoir permet un stockage sur une période beaucoup plus longue (durée supérieure à 400 heures). Elles apportent la garantie de pouvoir disposer de la puissance indépendamment des conditions hydrologiques.

Les « **centrales au fil de l'eau** », situées principalement en plaine, présentent une retenue de faible hauteur et ont une capacité du réservoir amont très réduite (inférieure à 2 heures). Ces installations ont donc de faibles capacités 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, constituent un outil de stockage efficace contribuant à l'équilibre du système électrique. L'eau est pompée dans un réservoir lors des heures creuses pour être turbinée lors de la pointe de consommation. L'électricité produite par les STEP est renouvelable à 30 % dans la mesure où la remontée de l'eau préalable consomme de l'électricité. Cependant, les STEP améliorent le lissage de la courbe de charge, ce qui optimise l'utilisation du parc nucléaire en base et contribue à utiliser au mieux la production fatale d'énergie renouvelable. Ce moyen de production étant, par ailleurs, exploité à la pointe en substitution de centrales thermiques à combustible fossile, l'intérêt des STEP est aussi de réduire les émissions de CO₂, de polluants atmosphériques tels que le SO₂ ou les NO_x, et les particules fines.

Les « **centrales éclusées** », situées principalement dans les lacs en aval des moyennes montagnes, disposent d'un réservoir amont

Au 31 décembre 2015, la puissance de turbinage, qui traduit la puissance maximale de génération d'électricité, atteint près de 4,2 GW. La puissance de pompage, qui correspond à la puissance maximale consommée par l'installation pour transférer l'eau du bassin aval au bassin amont atteint 4,7 GW.

L'usine « **marémotrice** » de la Rance tire son énergie de la marée. D'une capacité de 240 MW, l'installation est dotée de turbines qui peuvent fonctionner en pompage-turbinage et utilisent alternativement la force de la marée montante puis celle de la marée descendante, augmentée du courant du fleuve.

L'accueil des hydroliennes océaniques

Les hydroliennes océaniques utilisent la vitesse des courants issus des marées pour produire de l'électricité. Cette production est à la fois renouvelable et prévisible.

En 2015, les premières hydroliennes océaniques reliées à un réseau électrique français sont entrées en service.

- Il y a d'une part, l'hydrolienne construite par Sabella, d'une capacité de 1 MW installée dans le passage du Fromveur. Elle alimente en électricité l'île d'Ouessant, non connectée au réseau métropolitain.
- D'autre part, une hydrolienne, construite par DCNS et EDF, a été immergée au large des Côtes d'Armor entre Paimpol et l'île de Bréhat. D'ici la fin de l'hiver 2015-2016, une seconde turbine devrait également être installée dans la zone, pour former la première ferme hydrolienne au monde à être raccordée à un réseau public d'électricité. Prévue pour fonctionner cinq ans, ces deux turbines pourront développer une puissance maximale de 2 MW et être complétées de deux autres turbines.

D'autres mises en services devraient voir le jour prochainement suite à l'annonce des lauréats d'un appel à projets pour l'installation de fermes hydroliennes pilotes au Raz-Blanchard (Manche) d'ici 2017-2018. Il s'agit de DCNS et EDF d'un côté avec le projet Normandie Hydro, et Alstom/GE et ENGIE de l'autre avec le projet Nephyd. Ces différents projets contribuent au développement et à la maturation d'une véritable filière industrielle des énergies renouvelables marines en France. C'est d'ailleurs pour aider à structurer cette filière naissante qu'un nouvel appel à projet, portant sur la réalisation de démonstrateurs ainsi que la réalisation de briques technologiques, a été lancé en 2015.

Pour rappel, selon une étude prospective menée par RTE en 2013, le gisement hydrolien français est le deuxième en Europe, avec un potentiel théorique exploitable estimé de 3 à 5 GW selon les sources.

Pour plus de détails : <http://www.rte-france.com/sites/default/files/etude-hydrolien-2013.pdf>



© Sabella



© EDF - Wallace Valley

Immersion d'hydroliennes en France

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 508 MW au 31 décembre 2015 contre 573 MW en 2014, soit une évolution de -11 %. Près de 80 % de ces capacités sont en file d'attente de raccordement au réseau public de transport. Elles portent essentiellement sur l'accroissement de la puissance des installations existantes. La principale région concernée est Auvergne Rhône-Alpes avec 424 MW en file d'attente soit 83 % de la puissance en attente de raccordement à l'échelle nationale.

Evolution de la file d'attente (MW)

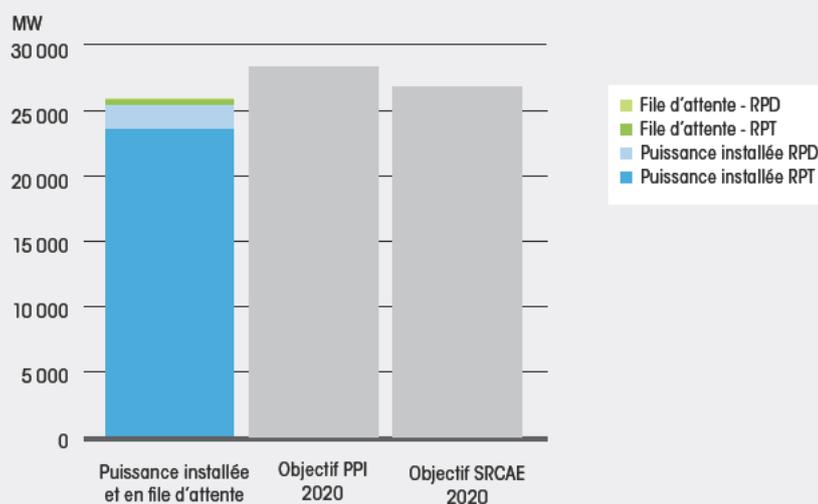
	File d'attente au 31 décembre 2014	File d'attente au 31 décembre 2015
RPD	116	103
RPT	457	405
Total	573	508

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

Le parc hydraulique installé au 31 décembre 2015 représente 90 % de l'objectif hydraulique PPI^(*) et 95 % de la somme des objectifs hydrauliques SRCAE^(**).

La file d'attente représente quant à elle 2 % des capacités nécessaires que ce soit pour atteindre l'objectif PPI ou la somme des objectifs SRCAE de la France continentale.

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



(*) Programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité.

(**) Schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie. Ces schémas seront intégrés d'ici 2019 dans les schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET), créés par la loi n° 2015-991, dite loi NOTRe.

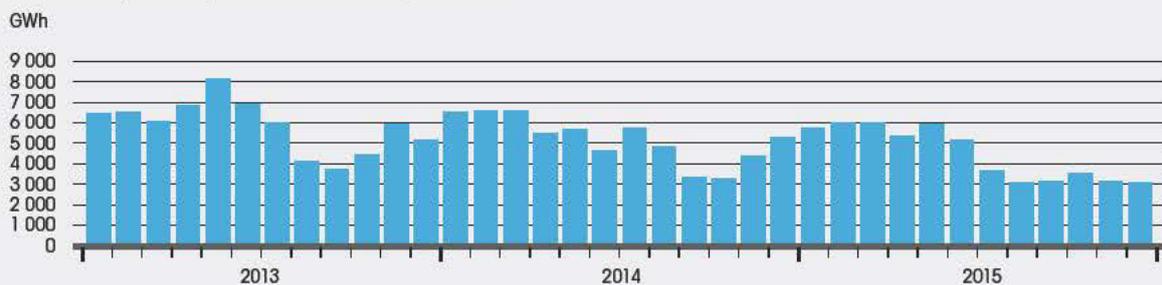
4. La production hydraulique dans l'équilibre offre-demande

4.1. Production hydraulique

La production hydraulique renouvelable s'élève à 53,9 TWh en 2015, soit 13,7 % de moins que l'année précédente. Cette baisse s'explique par des précipitations moins importantes qu'en 2014. Sur l'année 2015, la pluviométrie a été nettement inférieure à la

normale avec 8 mois déficitaires, 2 mois dans les normales de saison (janvier et février) et 2 mois excédentaires (août et septembre). La production mensuelle varie entre un minimum de 3,1 TWh en août et un maximum de 6 TWh atteint en mars.

Production hydraulique mensuelle depuis 2013

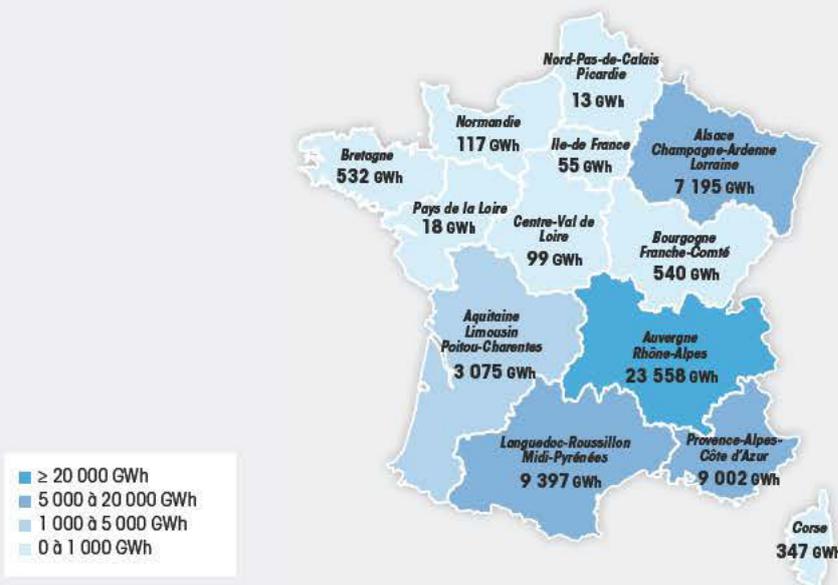


La production mensuelle publiée correspond à la part renouvelable de la production hydraulique en France au sens de la réglementation en vigueur

Les trois régions contribuant le plus à la production hydraulique en France en 2015 sont Auvergne Rhône-Alpes, Languedoc-Roussillon Midi-Pyrénées et Provence-Alpes-Côte d'Azur. Ces

régions représentent 78 % de la production hydraulique en France métropolitaine avec près de 42 TWh.

Production hydraulique par région en 2015



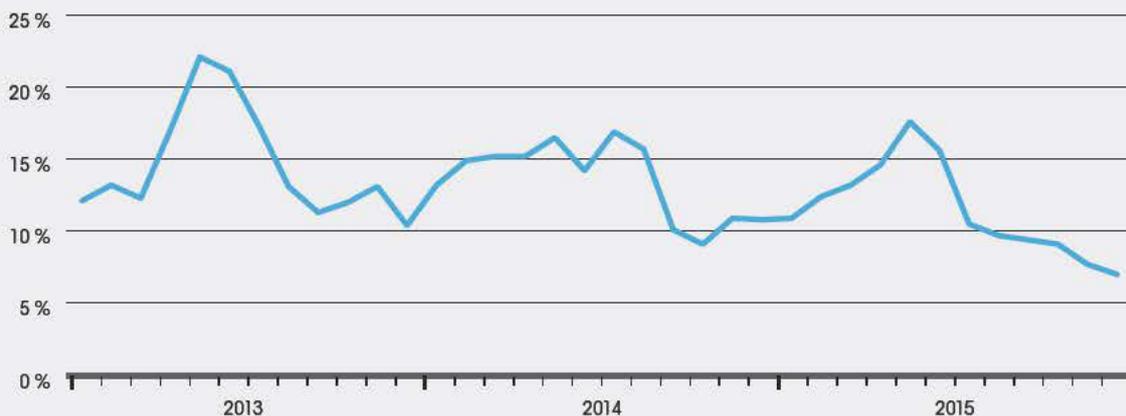
La production annuelle publiée correspond à la part renouvelable de la production hydraulique en France au sens de la réglementation en vigueur

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 11,4 % en 2015. En 2014, ce taux s'élevait à 13,6 %. La baisse de la production et la hausse de la consommation

expliquent la chute de ce taux en 2015. Le taux de couverture moyen mensuel varie durant cette période entre un minimum de 7 % en décembre 2015 et un maximum de 17,6 % en mai 2015.

Taux de couverture mensuel moyen de la consommation par la production hydraulique depuis 2013

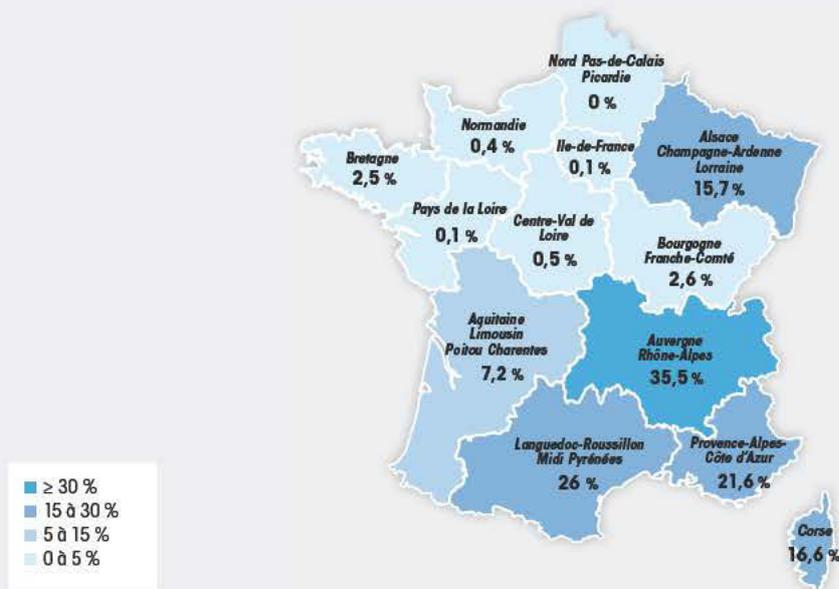


Le taux de couverture mensuel publié fait référence à la part renouvelable de la production hydraulique en France au sens de la réglementation en vigueur

Au niveau régional, l'Auvergne Rhône-Alpes détient à la fois le taux annuel moyen le plus élevé sur la période avec 35,5 % et le taux

mensuel moyen le plus haut avec plus de 55 % de sa consommation couverte par sa production hydraulique en mai 2015.

Taux de couverture moyen de la consommation par la production hydraulique en 2015



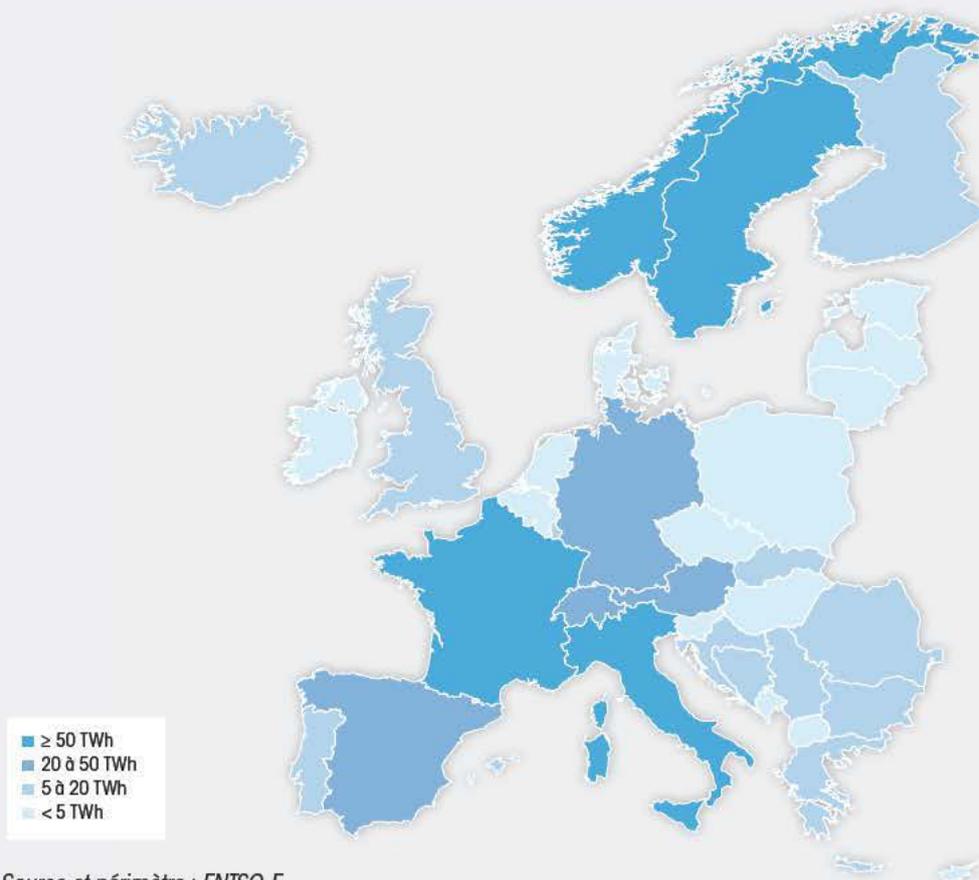
Le taux de couverture annuel publié fait référence à la part renouvelable de la production hydraulique en France au sens de la réglementation en vigueur.

La production hydraulique

Représentant à elle seule 17 % de la production d'électricité en Europe, avec une énergie délivrée de 563 TWh entre le 1^{er} juillet 2014 et le 30 juin 2015, l'hydroélectricité^(*) est de loin la première des énergies

renouvelables en Europe. Quatre pays concentrent près de 56 % de la production hydraulique : la Norvège (137 TWh), la Suède (64 TWh), la France (61 TWh), et l'Italie (50 TWh).

Production hydraulique en Europe du 1^{er} juillet 2014 au 30 juin 2015



Source et périmètre : ENTSO-E

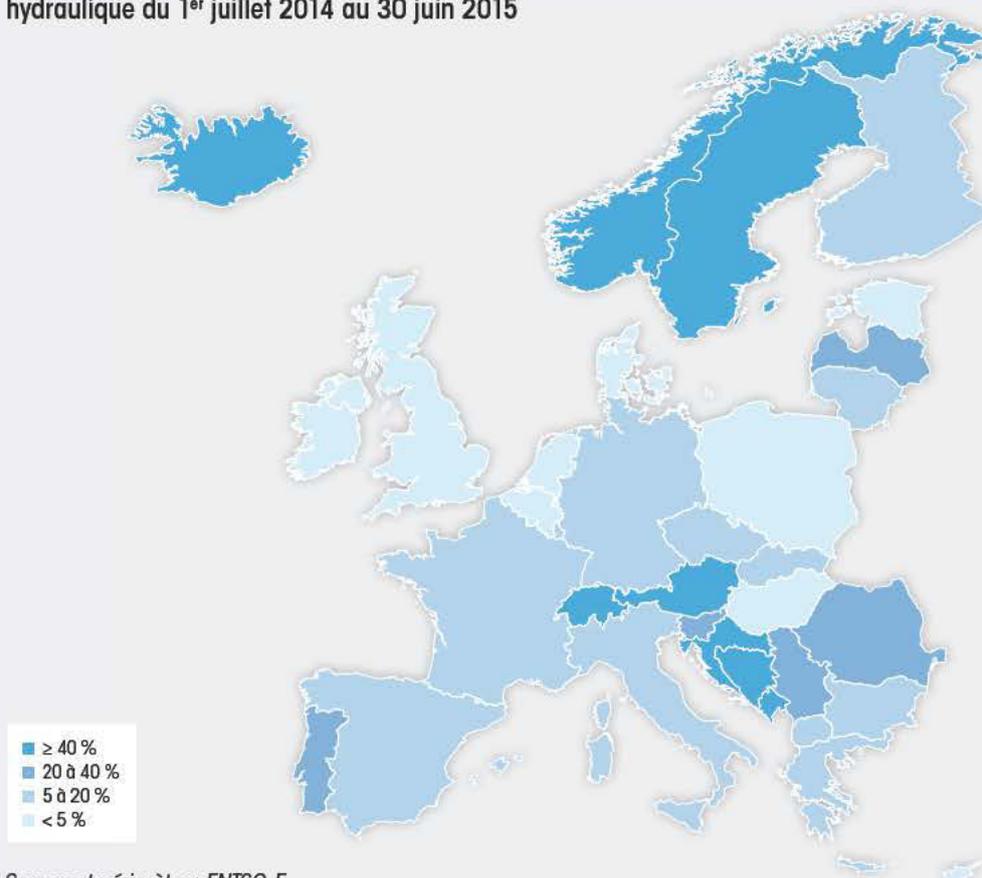
(*) Dans cette partie et la suivante, la production hydraulique fait référence à la part renouvelable de l'hydraulique.

Le taux de couverture de la consommation par la production hydraulique

Du 1^{er} juillet 2014 au 30 juin 2015, l'hydraulique a permis de couvrir 17,3 % de la consommation des pays membres de l'ENTSO-E. Le taux de couverture de la consommation par la production hydraulique est supérieur à 40 % dans huit pays de l'ENTSO-E. Ce taux atteint plus de 100 % en Norvège, 74 % en Islande, et 62 %

en Suisse. L'Italie et l'Espagne connaissent un taux de couverture proche de la moyenne européenne, avec respectivement 16 % et 12 %. Le taux de couverture de la consommation par la production hydraulique n'est que de 4 % en Allemagne.

Taux de couverture de la consommation par la production hydraulique du 1^{er} juillet 2014 au 30 juin 2015



Source et périmètre : ENTSO-E

LA FILIÈRE BIOÉNERGIES EN 2015



1. Chiffres clefs et actualités

1.1. Chiffres clefs.....	64
1.2. Actualités.....	64

2. Le parc de la filière bioénergies en France

2.1. Définition de la filière bioénergies.....	66
2.2. Caractéristiques du parc raccordé	66
2.3. Répartition régionale du parc de la filière bioénergies	67

3. Les perspectives de croissance de la filière bioénergies

3.1. File d'attente de raccordement aux réseaux publics de transport et de distribution	68
3.2. Parc installé et file d'attente par rapport à l'objectif national	68

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

4.1. Production de la filière bioénergies.....	69
4.2. Répartition régionale de la production	69
4.3. Taux de couverture de la consommation par la production de la filière bioénergies	70

1. Chiffres clefs et actualités

1.1. Chiffres clefs



Installations de la filière bioénergies au 31 décembre 2015

- Le parc de la filière bioénergies représente **1 703 MW** dont **594 MW** sur le réseau de RTE, **975 MW^(*)** sur le réseau d'ERDF, **132 MW** sur les réseaux des ELD et près de **2 MW** sur le réseau d'EDF-SEI en Corse.
- Avec **105 MW** raccordés en 2015, la filière enregistre une croissance de 6,6 % par rapport au 31 décembre 2014.
- Le parc est composé de **871 MW** d'installations fonctionnant à partir de déchets ménagers (stable par rapport au 31 décembre 2014), de **363 MW** à partir de biogaz (+ 10,5 %), de **400 MW** à

partir de bois-énergie et autres biocombustibles renouvelables (+ 23 %) et de **69 MW** à partir des déchets de papeterie (stable par rapport au 31 décembre 2014).

File d'attente des raccordements au 31 décembre 2015

- La file d'attente de raccordement des installations de la filière bioénergies s'élève à **557 MW**.
- Elle est constituée de **300 MW** sur le réseau de RTE, de **231 MW** sur le réseau d'ERDF, de **27 MW** sur les réseaux des ELD et de **1 MW** sur le réseau d'EDF-SEI en Corse.

Production de la filière bioénergies en 2015

- En 2015, la production renouvelable de la filière bioénergies s'élève à **5,9 TWh^(**)** soit une hausse de **8 %** par rapport à 2014. La production brute de cette filière, incluant la part considérée comme non renouvelable de l'électricité produite par des déchets ménagers s'élève à **7,9 TWh**.
- Le taux de couverture annuel moyen de la consommation par la production de la filière bioénergies est de **1,3 %** en 2015.

1.2. Actualités

Appels d'offres

Suite aux consultations effectuées par la Direction Générale de l'Énergie et du Climat en 2014 et 2015, deux appels d'offres avec complément de rémunération concernant respectivement les installations de production d'électricité à partir de biogaz (méthanisation) et celles à partir de bois-énergie devraient être lancés en 2016. Un calendrier des appels d'offres par filière a été rendu public en novembre 2015 par la Ministre de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, Ségolène Royal. Etalé sur les trois premières années de la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie, ce calendrier prévoit le lancement d'un appel d'offres par an jusqu'en 2018. Les volumes annuels totaux envisagés sont les suivants :

- entre 50 et 100 MW pour le bois-énergie ;
- 10 MW pour les installations de production d'électricité à partir de biogaz de méthanisation d'une capacité supérieure à 500 kW.

Ces chiffres seront précisés lors du lancement du 1^{er} appel d'offres.

Abrogation du mécanisme de guichet avec obligation d'achat pour le bois-énergie

Un projet de décret relatif au complément de rémunération et à l'obligation d'achat a été transmis pour notification à la Commission Européenne au second semestre 2015. Ainsi, l'arrêté du 27 janvier 2011 portant sur l'obligation d'achat des unités de production d'électricité à partir de bois-énergie devrait être abrogé lorsque ce décret entrera en vigueur. En conséquence, le seul mécanisme de soutien pour ces unités de production sera l'appel d'offres avec complément de rémunération présenté ci-avant.

Revalorisation tarifaire pour les installations < 500 kW utilisant le biogaz produit par méthanisation et nouveaux arrêtés attendus

L'arrêté du 30 octobre 2015^(***) fixe de nouvelles conditions d'achat pour les installations utilisant à titre principal du biogaz produit par méthanisation. Le tarif d'achat des unités déjà en fonctionnement ou à un stade de projet très avancé est fixé à 18 €/MWh pour les

(*) Les données fournies par ERDF donnent une vision de la filière bioénergies a minima, certaines centrales n'y figurant pas.

(**) La note méthodologique, en fin de document, précise les modalités de calcul de la part renouvelable de la production de la filière bioénergies (modalités définies en application de la directive européenne 2009/28/CE).

(***) Cet arrêté modifie l'arrêté du 19 mai 2011 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations qui valorisent le biogaz.

installations d'une capacité inférieure à 80 kW et à 16,5 €/MWh pour celles d'une capacité supérieure à 300 kW. La prime pour l'utilisation des effluents a été rehaussée tandis que celle sur l'efficacité énergétique a été supprimée et intégrée au tarif de base. Suivant ces nouvelles conditions, les producteurs auront la possibilité de compléter un avenant pour modifier leur contrat. Concernant les futures unités de méthanisation de taille inférieure à 500 kW_e, l'arrêté fixant les conditions d'achat pour l'électricité produite par les installations utilisant à titre principal le biogaz produit par méthanisation de déchets non dangereux et de matière végétale brute a été transmis pour notification auprès de la Commission Européenne en octobre 2015. Ce texte devrait entrer en vigueur début 2016 mais ceci est conditionné aux commentaires que

formulera la Commission Européenne et à son délai de réponse. D'autres projets d'arrêtés relatifs au biogaz ont été transmis pour notification auprès de la Commission Européenne afin de faire évoluer les mécanismes de soutien aux unités de STEP^(*) et ISDND^(**).

Nouvel arrêté prévu révisant les mécanismes de soutien aux unités d'incinération d'ordures ménagères

Un arrêté fixant les conditions du complément de rémunération pour l'électricité produite par les installations utilisant à titre principal l'énergie dégagée par traitement thermique de déchets ménagers ou assimilés a été transmis pour notification auprès de la Commission Européenne pour entrer en application au premier semestre 2016.

(*) Station d'épuration des eaux usées.

(**) Installations de stockage des déchets non dangereux.

2. Le parc de la filière bioénergies en France

2.1. Définition de la filière bioénergies

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 »^(*).

Les installations de la filière bioénergies produisent de l'électricité mais aussi de la chaleur (produit majoritaire), du biogaz injecté dans les réseaux de gaz naturel, et des biocarburants. Tous produits

confondus, la filière bioénergies constitue la principale source d'énergie renouvelable en France avec plus de 11 millions de tep, soit près du double de la production hydraulique. **Seule la partie « électricité » est présentée dans ce chapitre.**

Contrairement aux productions solaire photovoltaïque et éolienne qui dépendent, au jour le jour, des conditions climatiques, la filière bioénergies a une production prévisible, disponible et modulable ce qui facilite son insertion sur le réseau électrique.

2.2. Caractéristiques du parc raccordé

Le parc de la filière bioénergies s'élève à 1 703 MW au 31 décembre 2015, soit une croissance de 105 MW sur l'année. Celle-ci est principalement répartie entre le parc biogaz et le parc bois-énergie et autres biocombustibles renouvelables.

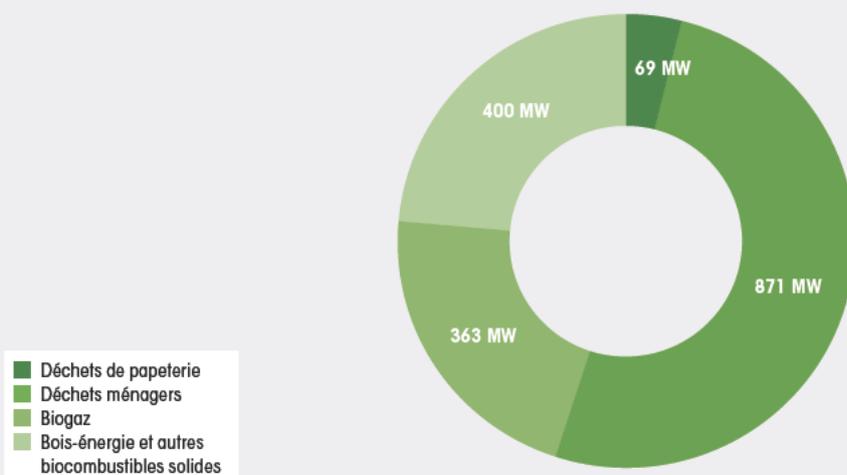
Avec 871 MW de puissance installée, les installations brûlant des déchets ménagers représentent plus de la moitié du parc de la filière bioénergies.

Les moyens de production utilisant du bois ou assimilé pour produire de l'électricité comptent pour près de 24 % du parc.

Les installations de production à base de biogaz représentent un peu plus de 21 % de la capacité de la filière. Les centrales produisant de l'électricité à partir des déchets de papeterie représentent, quant à elles, 4 % de la capacité.

Au 31 décembre 2015, le parc de la filière bioénergies est composé de 580 installations dont 421 fonctionnent à partir de biogaz et 49 à partir de bois-énergie et autres biocombustibles renouvelables. Les déchets ménagers et papetiers sont utilisés respectivement par 103 et 7 installations de production d'électricité.

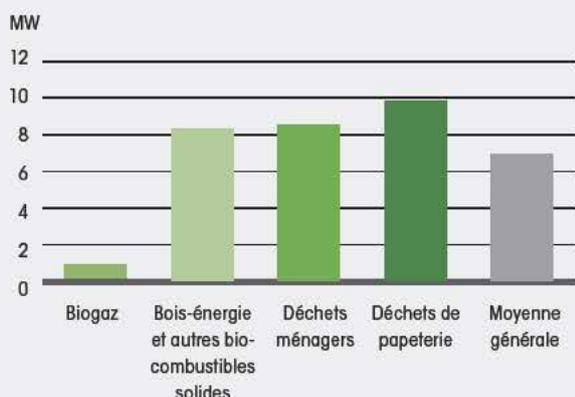
Répartition de la capacité installée par combustible



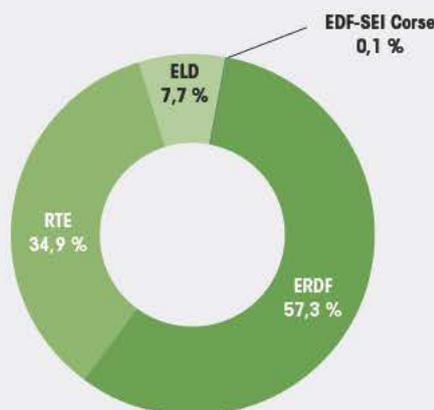
(*) Cf. Dir. 2009/28/CE (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0028&from=FR>)

Le parc est composé de centrales de différentes tailles dont la capacité installée est fortement corrélée au combustible utilisé. La puissance installée moyenne varie de moins de 1 MW pour les installations de production à partir de biogaz à près de 10 MW pour les installations de production à partir de déchets issus de la papeterie.

Taille moyenne des installations par combustible



Répartition du parc de la filière bioénergies sur les réseaux électriques



Le parc de la filière bioénergies est raccordé sur le réseau d'ERDF à près de 57 %. Le raccordement de la puissance restante est réparti entre les réseaux de RTE (35 %) et des ELD (un peu moins de 8 %).

2.3. Répartition régionale du parc de la filière bioénergies

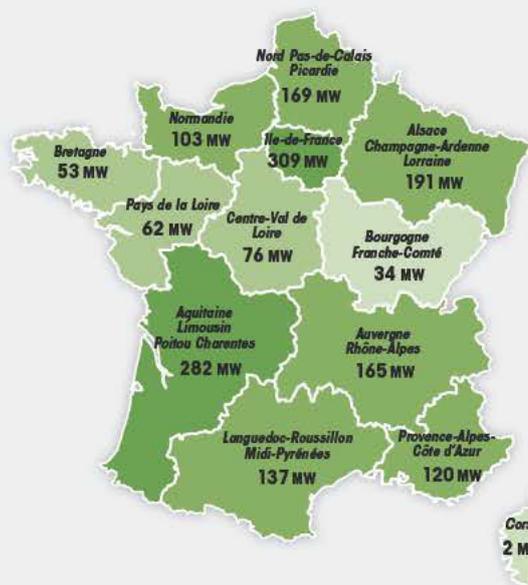
L'Île-de-France accueille le parc de la filière bioénergies le plus important, représentant 18 % de la capacité installée en France soit plus de 309 MW. Les trois-quarts de cette puissance sont fournis par des installations utilisant des déchets.

L'Aquitaine Limousin Poitou-Charentes compte le deuxième parc le plus important avec près de 282 MW. Il est composé à plus de

57 % d'installations fonctionnant au bois et autres biocombustibles renouvelables, ce qui fait de cette région la première productrice d'électricité à partir de ce type de combustible.

Elle est suivie par la région Alsace Champagne-Ardenne Lorraine avec 191 MW et Nord-Pas-de-Calais Picardie avec 169 MW. Ces régions comptent principalement des installations fonctionnant à partir de déchets.

Répartition du parc de la filière bioénergies au 31 décembre 2015



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 2015 s'élève à 557 MW, soit une augmentation de 17 % par rapport à décembre 2014. Ainsi, au 31 décembre 2015, la file d'attente est répartie entre le réseau de RTE, avec 300 MW, le réseau d'ERDF, avec près de 231 MW, les réseaux des ELD avec 27 MW et le réseau d'EDF-SEI en Corse avec un peu moins de 1 MW.

Evolution de la file d'attente (MW)

	File d'attente au 31 décembre 2014	File d'attente au 31 décembre 2015
RPD	150	258
RPT	328	300
Total	478	557

La file d'attente de raccordement sur le réseau de RTE est composée de six projets. Ces installations fonctionneront essentiellement à partir de bois-énergie et autres biocombustibles renouvelables. Leur puissance moyenne s'élève à 50 MW.

Sur le réseau d'ERDF, les installations utilisant le biogaz représentent 40,5 % de la file d'attente de la filière, celles utilisant les déchets ménagers 20 %.

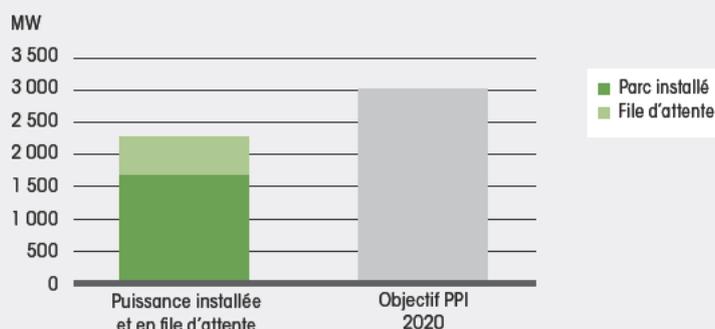
La taille moyenne des installations de biogaz en file d'attente sur ce réseau est de 0,6 MW, contre 0,8 MW en moyenne pour les centrales déjà raccordées. Les installations de bois-énergie et autres biocombustibles, ont une taille moyenne de près de 5,1 MW en file d'attente, contre 5,7 MW pour celles en fonctionnement sur le réseau d'ERDF. Quant aux installations fonctionnant à partir de déchets ménagers, leur taille moyenne est d'environ 3 MW en file d'attente et de 6 MW pour celles déjà raccordées à ce réseau de distribution.

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

Le parc de la filière bioénergies raccordé au 31 décembre 2015 représente 57 % de l'objectif national de raccordement à 2020, 75 % si l'on prend également en compte la file d'attente. Durant l'année 2015, la capacité installée augmente de 10,5 % pour la catégorie biogaz, 23 % pour la catégorie bois-énergie et

autres biocombustibles renouvelables, et reste stable pour les catégories déchets ménagers et déchets de papeterie, ce qui représente pour la filière dans son ensemble un accroissement du parc de 6,6 %.

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



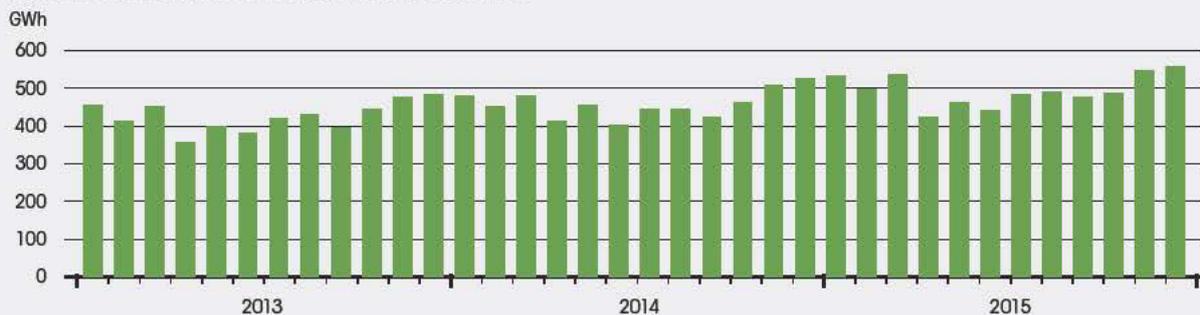
4. La production de la filière bioénergies dans l'équilibre offre-demande

4.1. Production de la filière bioénergies

En 2015, la part renouvelable de l'énergie électrique produite par la filière bioénergies s'élève à 5,9 TWh soit une hausse de 8 % par rapport à l'année précédente.

La production de la filière bioénergies a la particularité d'être relativement peu variable au cours de l'année. Elle oscille entre 423 GWh en avril 2015 et 559 GWh en décembre 2015.

Production mensuelle de la filière bioénergies



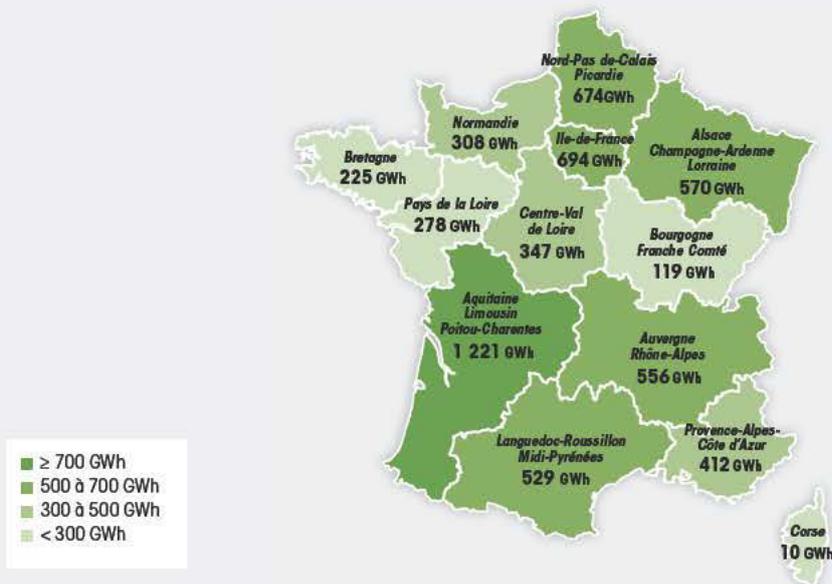
La production mensuelle représentée correspond à la part renouvelable de l'électricité produite par la filière bioénergies.

4.2. Répartition régionale de la production

La production annuelle de la filière bioénergies des régions Aquitaine Limousin Poitou-Charentes et Ile-de-France représente un tiers de la production nationale, avec respectivement 1 221 GWh et 694 GWh. Les régions Nord-Pas-de-Calais Picardie, Auvergne Rhône-Alpes,

Languedoc-Roussillon Midi-Pyrénées et Alsace Champagne-Ardenne Lorraine ont chacune une production supérieure à 500 GWh. Ces six régions concentrent plus de 71 % de la production de la filière bioénergies.

Production de la filière bioénergies par région en 2015



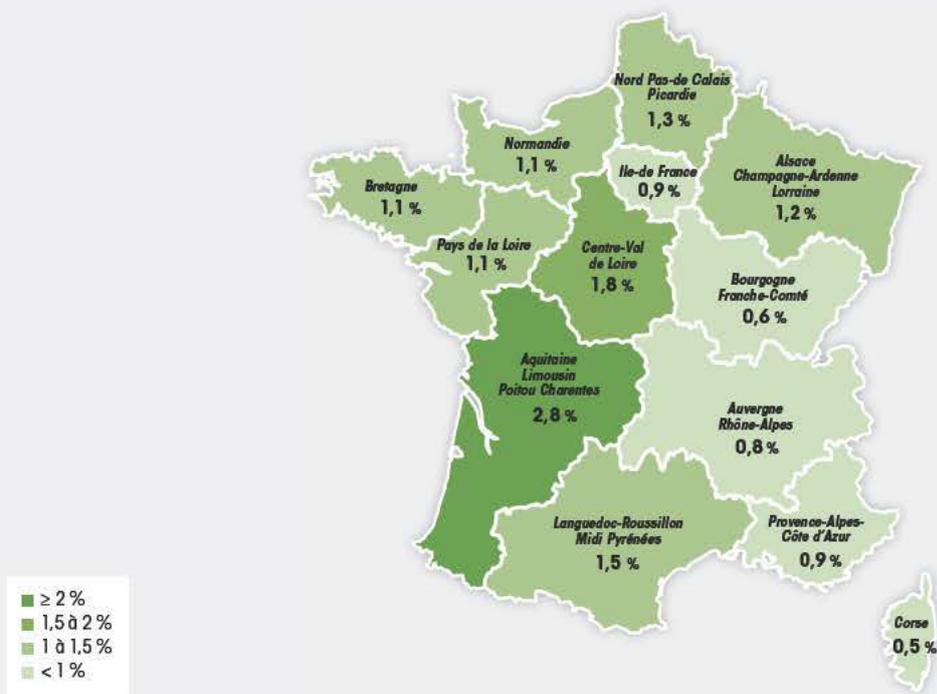
La production annuelle représentée correspond à la part renouvelable de l'électricité produite par la filière bioénergies.

4.3. Taux de couverture de la consommation par la production de la filière bioénergies

Durant l'année 2015, la production de la filière bioénergies couvre 1,3 % de la consommation française. Le taux de couverture mensuel

atteint un maximum de 3,6 % dans la région Aquitaine Limousin Poitou-Charentes en mai.

Taux de couverture moyen de la consommation par la production de la filière bioénergies en 2015



Le taux de couverture fait référence à la part renouvelable de l'électricité produite par la filière bioénergies.

LES S3REnR EN 2015



1. L'élaboration concertée des schémas régionaux de raccordement (S3REnR) pour un accès prioritaire des énergies renouvelables aux réseaux électriques	72
2. Actualités et chiffres clefs de la réalisation des S3REnR	74
3. Bilan des raccordements dans le cadre des S3REnR	75
4. Un site internet pour aller plus loin dans le suivi des S3REnR	76

Les S3REnR : outil de planification du raccordement des énergies renouvelables électriques

Le développement des énergies renouvelables : une production décentralisée et intermittente nécessitant une adaptation des réseaux publics de transport et de distribution d'électricité

Les réseaux publics de transport et de distribution d'électricité permettent la mise en relation des sites de production d'électricité avec les pôles de consommation. Ces réseaux ont été dimensionnés pour transporter et distribuer l'énergie produite par des moyens de production centralisés et indépendants des aléas climatiques. Le développement des réseaux électriques a suivi historiquement la croissance de la pointe de consommation. Depuis quelques années, le déploiement important d'installations de production décentralisées dont la production est variable – comme les éoliennes ou les panneaux photovoltaïques – 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 341 737 installations et une moyenne d'environ 25 000 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 énergies renouvelables a également un impact sur le réseau de transport d'électricité. En effet, la transition énergétique crée une nouvelle répartition géographique de la production électrique marquée par de fortes disparités entre les régions et entre les pays. Les excédents de production non soutirés localement sont transportés par le réseau de RTE vers d'autres pôles de consommation. Ainsi, de par leurs caractéristiques, l'introduction de nouveaux moyens de production d'électricité renouvelable nécessite un développement du réseau de transport d'électricité à l'échelle à la fois nationale et européenne (à travers les interconnexions) pour assurer la mutualisation des installations et maintenir l'équilibre offre-demande.

Cette transition énergétique, d'ores et déjà amorcée, a vocation à s'accélérer vu les objectifs fixés par la loi, la part des énergies renouvelables dans le mix de production électrique devant atteindre 40 % en 2030. Dans ce cadre, pour assurer l'intégration des énergies renouvelables aux réseaux électriques tout en préservant leur sûreté et en maîtrisant les coûts, les Schémas Régionaux de Raccordement aux Réseaux des Energies Renouvelables (S3REnR) constituent un véritable outil de pilotage de l'aménagement du territoire.

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 en fonction de leurs gisements potentiels.

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

La Loi n°2015-991 du 7 août 2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République, dite loi NOTRe, crée un nouveau schéma de planification : le **schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET)** dont l'élaboration est confiée aux régions^(*).

Ce schéma fixe les objectifs de moyen et long terme sur le territoire de la région en matière d'équilibre et d'égalité des territoires, d'implantation des différentes infrastructures d'intérêt régional, de désenclavement des territoires ruraux, d'habitat, de gestion économe de l'espace, d'intermodalité et de développement des transports, de maîtrise et de valorisation de l'énergie, de lutte contre le changement climatique, de pollution de l'air, de protection et de restauration de la biodiversité, de prévention et de gestion des déchets.

Le SRADDET doit être adopté par le conseil régional dans les trois années qui suivent le renouvellement général de cette assemblée. Le projet de schéma est soumis à enquête publique. Il fait l'objet d'un bilan dans les six mois suivant le renouvellement général des conseils régionaux afin d'évaluer les besoins d'une révision.

Ainsi, les SRCAE sont amenés à être intégrés au sein des SRADDET d'ici 2019. Afin de garder une cohérence entre les schémas en vigueur et le découpage territorial et dans l'attente de l'élaboration des SRADDET, les cartes et les graphiques de ce chapitre sont réalisés à la maille des anciennes régions^(**).

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 renforcements ou créations 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 au moyen d'une 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 études et des travaux.

(*) A l'exception de la région Ile-de-France, des régions d'outre-mer et des collectivités territoriales à statut particulier exerçant les compétences d'une région.

(**) Toutefois, les tracés des nouvelles régions sont indiqués.

(***) 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, janvier 2013).

Les S3REnR prennent en compte les spécificités des énergies renouvelables

Les moyens de production de source éolienne ou solaire 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 transiter 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 d'optimiser les capacités d'accueil, tout en maintenant la sûreté du système électrique.

Les S3REnR sont élaborés en concertation avec les parties prenantes

Réalisés par RTE en accord avec les gestionnaires des 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, préalablement à l'approbation du schéma.

Ces schémas ont ainsi pour objectif d'assurer :

- Une visibilité pérenne des capacités d'accueil des 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 d'énergies renouvelables électriques.

POUR EN SAVOIR PLUS :

Accédez aux S3REnR déjà publiés :

<http://www.rte-france.com/fr/article/les-schemas-regionaux-de-raccordement-au-reseau-des-energies-renouvelables-des-outils>

Retrouvez l'état des lieux de l'accueil des énergies renouvelables sur le réseau :

http://www.rte-france.com/sites/default/files/schemas-regionaux-enr-2014_1.pdf

Retrouvez la méthode d'élaboration des S3REnR :

<http://www.rte-france.com/sites/default/files/rte2012-developpementenr-12.pdf>

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 2015, vingt et un S3REnR sont entrés en vigueur^(*).

Les disparités régionales peuvent être importantes tant pour les capacités d'accueil que pour les quotes-parts. Les capacités d'accueil des EnR oscillent entre 471 MW en Alsace et 3 274 MW en

Rhône-Alpes. Les quotes-parts, quant à elles, 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 en 2015

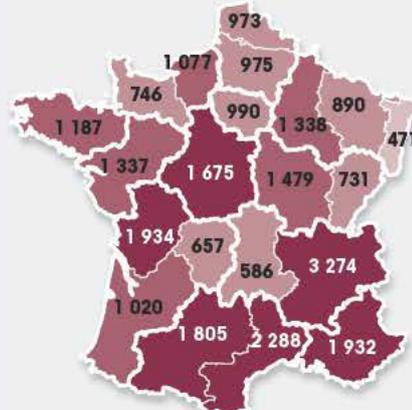
Récapitulatif des 21 régions ayant approuvé un S3REnR

Rappel du cumul des ambitions EnR SRCAE retenues (hors hydraulique historique) 42,9 GW

Cumul des capacités d'accueil des EnR 27,4 GW

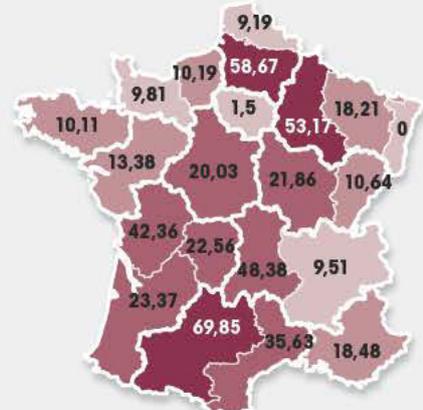
Moyenne des quotes-parts au titre de la mutualisation (RPT et postes sources) 25,59 k€/MW

Capacité d'accueil des EnR (en MW)



■ ≥ 1 500 MW ■ 1 000 - 1 500 MW
■ 500 - 1 000 MW ■ 0 - 500 MW
○ Non communiqué

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



■ ≥ 50 k€/MW ■ 20 - 50 k€/MW
■ 10 - 20 k€/MW ■ 0 - 10 k€/MW

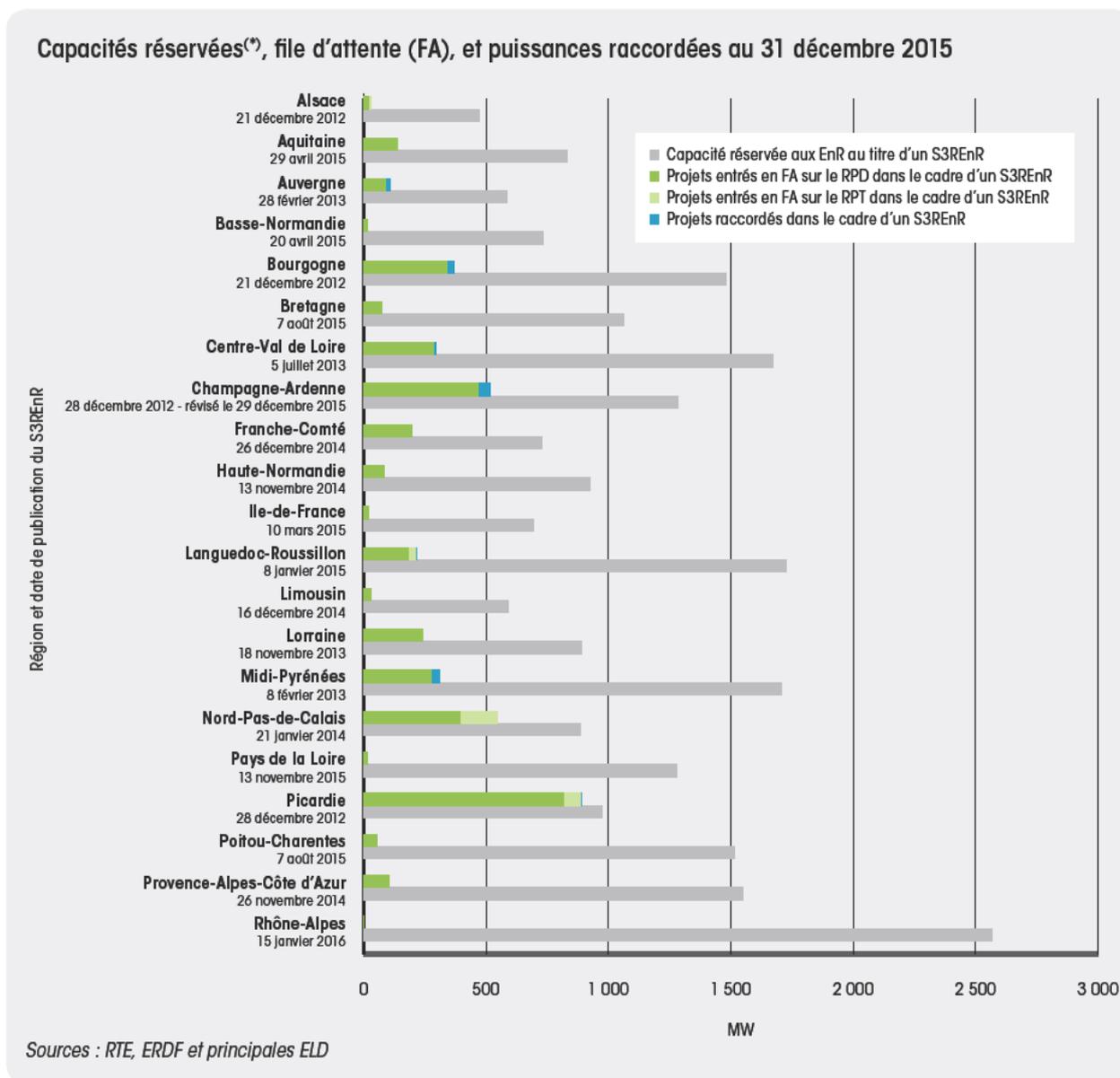
Les valeurs des capacités d'accueil et des quotes-parts publiées ici sont celles des S3REnR à leur date de publication.

(*) Le S3REnR Rhône-Alpes a été signé par le préfet le 22 décembre 2015 et a été publié le 15 janvier 2016.

3. Bilan des raccordements dans le cadre des S3REnR

Sur les vingt et un S3REnR approuvés, au 31 décembre 2015, on compte 4 117 MW de projets en file d'attente et 152 MW raccordés au titre des schémas. La puissance raccordée dans le cadre 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 administratives, durée des travaux de construction des ouvrages de raccordement, etc.).

Au 31 décembre 2015, le volume des projets raccordés et en file d'attente représente 18 % des capacités réservées au titre des S3REnR. A l'échelle des régions, la dynamique d'utilisation des capacités réservées varie selon les territoires.



Au sein de l'ancienne région Champagne-Ardenne, après trois ans de mise en œuvre du premier schéma publié, le bilan technique annuel élaboré fin 2014 a fait apparaître une forte dynamique de développement des énergies renouvelables électriques en 2013 et 2014 avec une capacité utilisée s'élevant à 419 MW au 30 juin

2015, sur les 871 MW réservés dans le schéma. Dans la perspective d'une poursuite de cette dynamique, il a été estimé que l'ensemble des capacités réservées dans le schéma de Champagne-Ardenne serait épuisé à court terme, ce qui a incité le préfet de la région à demander la révision du schéma.

(*) Les capacités réservées au titre des S3REnR sont différentes des capacités d'accueil des EnR car elles prennent uniquement en considération les installations payant les quotes-parts (c'est à dire d'une puissance supérieure à 36 ou 100 kVA selon les régions).

Un travail a été mené afin d'identifier les nouveaux potentiels de développement des énergies renouvelables électriques au sein de ce territoire et de conduire les études de réseau adéquates avec les différentes parties prenantes (RTE, Gestionnaires des Réseaux de

Distribution, SER, DREAL). Le schéma révisé de Champagne-Ardenne a été publié le 29 décembre 2015. La capacité d'accueil passe à 1 338 MW, dont 1 284 MW de capacités réservées, et la quote-part s'établit à 53,17 k€/MW.

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 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, 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 demandes de raccordement des énergies

renouvelables électriques et des informations relatives à la capacité d'accueil des réseaux de RTE et d'ERDF.

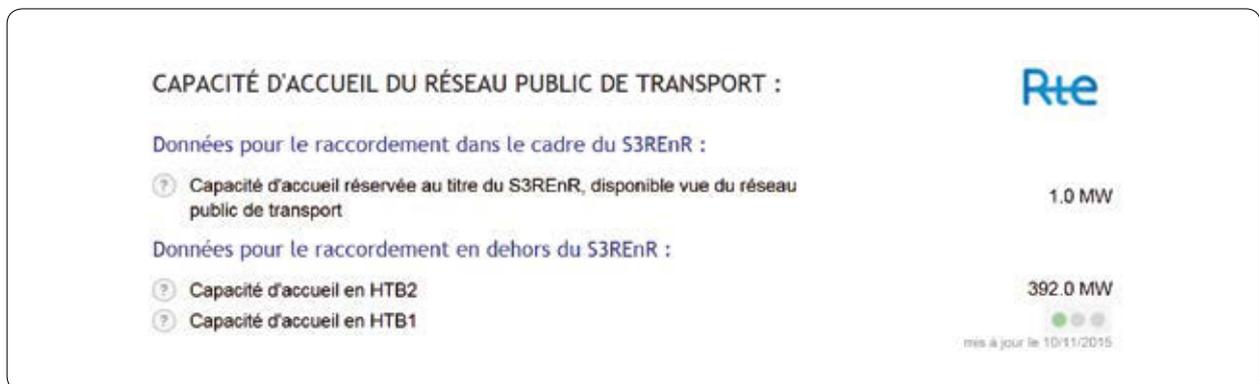
Suivi des énergies renouvelables électriques (EnR)

Un onglet « suivi des EnR » est disponible uniquement dans les régions dont le S3REnR a été publié. 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, indique 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.capareseau.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.capareseau.fr, sont mises à jour régulièrement et ont un caractère purement indicatif.

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 réseaux sont membres de l'ENTSO-E^(*).

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, elles 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 31 décembre 2015.

Calcul du taux de couverture national

Le taux de couverture moyen national est calculé comme étant le rapport de la production française d'électricité à partir d'une source d'énergie sur la consommation intérieure brute française, au cours de la période d'intérêt.

Les données européennes

Les indicateurs et graphiques portant sur l'Europe sont réalisés sur la base des données disponibles sur le site de l'ENTSO-E et sont relatifs à l'année 2014 pour le parc et à la période allant du 1^{er} juillet 2014 au 30 juin 2015 pour la production et le taux de couverture.

Part renouvelable de la production d'électricité

Au titre de la réglementation en vigueur^(**), 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 où il est directement indiqué le contraire et à ceux 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°2006-118 du 5 septembre 2006 relatif aux garanties d'origine de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelable ou par cogénération.

Consommation intérieure brute : Ce terme désigne l'ensemble des quantités d'électricité soutirée du réseau pour répondre au besoin d'électricité sur le territoire national et régional (hors DROM-COM, y compris Corse pour le territoire national) : productions + importations - exportations - pompage.

Domaines de tension BT, HTA et HTB : Basse Tension, Haute Tension A & B. Ces domaines correspondent aux différents types de réseau auxquels une installation doit être raccordée en fonction de sa puissance. Les installations de production raccordées en BT ont une puissance inférieure à 250 kVA, celles raccordées en HTA ont une puissance comprise entre 250 kVA et 12 MW (et par dérogation jusqu'à 17 MW), enfin, les installations de production raccordées en HTB ont une puissance supérieure à 12 MW.

EnR : Energies Renouvelables. Ce sont des sources d'énergies dont le renouvellement naturel est assez rapide pour qu'elles puissent être considérées comme inépuisables. Le Panorama de l'électricité renouvelable s'intéresse aux filières EnR aboutissant à la production d'électricité : l'éolien, le solaire, l'hydraulique, et les bioénergies.

ENTSO-E : European Network of Transmission System Operators for Electricity. C'est l'association des gestionnaires de réseau de transport d'électricité, regroupant 34 pays membres au travers de 41 gestionnaires de réseaux de transport, 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>

Facteur de charge : C'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 productivité des filières tant éolienne que solaire et sa variabilité d'une période à une autre.

File d'attente : Elle 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.

Parc installé : Il 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.

PPI : Programmation Pluriannuelle des Investissements de production électrique. C'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.

PPE : Programmation Pluriannuelle de l'Energie. Il s'agit du nouvel outil de pilotage fixant les priorités d'actions des pouvoirs publics dans le domaine de la transition énergétique conformément aux engagements pris dans la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte. Ce document est amené à remplacer la PPI.

Système électrique : C'est un ensemble organisé d'ouvrages permettant la production, le transport, la distribution et la consommation d'électricité.

S3REnR : Schémas Régionaux de Raccordement au Réseau des Energies Renouvelables. Ils sont introduits 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.

SRCAE : Schémas Régionaux du Climat, de l'Air et de l'Energie. 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 développement des énergies renouvelables. Ils fixent des objectifs quantitatifs et qualitatifs à l'horizon 2020. Dans le cadre de la réforme territoriale, la loi NOTRe, du 7 août 2015, crée des schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET), schémas à la maille des nouvelles régions qui intégreront les SRCAE d'ici 2019.

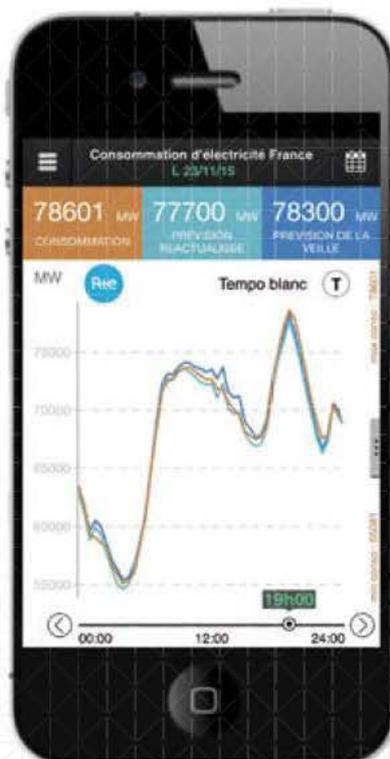
Taux de couverture : C'est le rapport de la production sur la consommation intérieure brute sur une période. Cet indicateur rend compte de la couverture de la demande par la production.

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 en 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.

Téléchargez 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
Syndicat des Energies Renouvelables 13-15 rue de la Baume - 75008 Paris / 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.erdf.fr
ADEef – Association des Distributeurs d'Electricité en France 27, rue Saint Ferdinand - 75017 Paris / www.adef.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, résultant 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.

