



OBSERVATOIRE DE L'ÉOLIEN

2019

Analyse du marché,
des emplois
et des enjeux
de l'éolien en France
Octobre 2019

Capgemini invent

France
Energie
Eolienne

Avant-propos

Le paysage énergétique français se transforme progressivement pour intégrer une part croissante d'énergies renouvelables. Les objectifs sont ambitieux afin de porter leur part à 33% du mix énergétique, et 40% de la production d'électricité en 2030. Parmi elles, l'éolien se distingue, aux côtés du photovoltaïque, comme une filière majeure, objet de beaucoup d'attentes et porteuses de nouveaux enjeux.

Alors que la Programmation pluriannuelle de l'énergie s'apprête à être publiée, l'éolien, tant à terre qu'en mer, est considéré par le Gouvernement comme un des piliers de la transition énergétique du mix électrique français. Ainsi, il a couvert, depuis un an, l'équivalent de 6 % de l'électricité consommée en France. La filière a également fait la démonstration de sa compétitivité dans le cadre des derniers appels d'offres, notamment lors de l'attribution du parc au large de Dunkerque. Dans ce contexte porteur, l'éolien est également un facteur de développement économique des territoires et d'emploi, avec une augmentation de 6,4% des emplois en 2018. La filière doit toutefois continuer à améliorer l'intégration territoriale, environnementale et paysagère des projets.

La dynamique de développement actuelle est confirmée dans le cadre du projet de Programmation pluriannuelle de l'énergie, qui prévoit d'ambitieux objectifs pour 2028. Pour les atteindre, la filière verra notamment l'implantation des premiers parcs en mer. Le Parlement a d'ailleurs renforcé l'ambition de développement de l'éolien en mer en fixant un nouvel objectif de rythme d'attribution de 1GW par an d'ici à 2024.

Avant-propos

La filière pourra également compter sur le soutien du Gouvernement. Plus d'un an après les conclusions du groupe de travail éolien et la mise en œuvre de nombreuses mesures visant à simplifier les procédures, de nombreux travaux restent à mener afin notamment de mettre en place le cadre des prochains appels d'offres et de préparer la fin de vie et le remplacement des premières installations. Les calendriers indicatifs d'appels d'offres inscrits dans la programmation pluriannuelle de l'énergie apporteront en outre la visibilité nécessaire à la poursuite de son développement. La filière industrielle a maintenant toutes les cartes en main pour démontrer que la transition écologique est aussi bonne pour les territoires et pour les emplois.

Je tiens à saluer les professionnels de la filière qui mettent en œuvre au quotidien la transition énergétique et qui peuvent être fiers du chemin parcouru depuis plus de 20 ans et des divers défis qui ont été relevés.

4

Élisabeth Borne
Ministre de la Transition écologique et solidaire

Édito

Forte de ses 18 200 emplois et de ses 15,3 GW en service au 31 décembre 2018, la filière éolienne s'inscrit dans l'avenir.

Tout d'abord, **la filière a fait la démonstration de sa compétitivité**. Première filière française d'énergie renouvelable en France, elle a su augmenter ses performances grâce à des innovations technologiques et à une intégration accrue à son environnement pour offrir aux consommateurs une électricité propre, compétitive et créatrice d'emplois. Des gains économiques, mais aussi qualitatifs, ne cessent d'être réalisés avec l'accélération de la digitalisation et le déploiement de nouvelles technologies.

Dans une société qui a pris la mesure des dangers du réchauffement climatique, **la filière éolienne s'inscrit également dans une logique d'éco-responsabilité**. Rappelons que non seulement une éolienne fournit par nature une énergie très peu carbonée, mais que celle-ci est considérée comme neutre en carbone à peine six mois après son installation. Autre avantage : elle est recyclable à plus de 90 %.

Par ailleurs, **la filière se doit de rester**

européenne. Et si la majorité des grands constructeurs sont européens, la majorité des sous-traitants fournissant ces gros équipementiers-turbiniers sont répartis sur notre territoire, ce qui assure une balance commerciale nationale quasiment à l'équilibre.

Enfin, la filière éolienne est un réservoir d'emplois diversifiés, tant aujourd'hui que demain. Dans les grandes villes, elle nécessite de plus en plus d'emplois : des emplois qualifiés tels que des développeurs de projets ; dans les régions, elle a besoin d'ingénieurs pour la construction et de techniciens pour l'exploitation et la maintenance des parcs. **Ces emplois sont non délocalisables et s'inscrivent dans la durée**, soit *a minima* vingt à vingt-cinq ans. L'évolution des métiers, des réseaux de distribution et de transport et de l'innovation permettra de pérenniser davantage et de diversifier les emplois du futur (digitalisation, agrégation...). **Néanmoins, les acteurs du secteur font face à une pénurie de talents et la difficulté à recruter** du personnel qualifié dans certains secteurs (maintenance, développement) doit pousser les formations à s'adapter aux nouveaux métiers.

La filière éolienne est une filière d'avenir à la croissance dynamique, mais ses acteurs ont besoin de pouvoir investir de façon sereine, dans un cadre réglementaire stable et simplifié. Une Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE) ambitieuse, combinée à une volonté réitérée des élus nationaux et locaux de poursuivre le développement éolien, contribueront à nous donner une filière propre et pourvoyeuse d'emplois d'avenir sur nos territoires et s'inscriront pleinement dans l'effort de transition énergétique réclamé par les jeunes générations.

Nicolas Wolff, Président de la Commission Industrie, et Cécile Maisonneuve-Cado, Vice-présidente de la Commission Industrie

Capgemini Invent France Energie Éolienne

La filière

Aperçu de la chaîne de valeur de la filière éolienne



Source : ADEME - Etude sur la filière éolienne française : bilan, prospective et stratégie

* La fin de vie n'est pas encore au cœur des actions de la FEE et ne sera qu'abordée au cours de ce rapport

Sommaire

Le marché de l'éolien en France

- a. Bilan du marché de l'éolien p.11
- b. Le marché éolien français dans le contexte européen
- c. La place de l'éolien dans le mix énergétique français
- d. Les retombées économiques et fiscales pour les collectivités locales
- e. Des technologies d'éolien terrestre qui poursuivent leurs évolutions
- f. L'éolien en mer p.31

Les emplois dans l'éolien

- a. La dynamique de l'emploi sur le territoire p. 42
 - i. La croissance de l'emploi
 - ii. Détails par maillon de la chaîne de valeur
- b. La part de l'emploi éolien français comparé à d'autres pays et autres filières
- c. La répartition des emplois éoliens par régions
- d. L'animation de la filière p.59
- e. Vision prospective sur le marché de l'emploi de l'éolien p.70
- f. Focus sur l'observatoire des énergies de la mer p.74

Les enjeux de l'éolien

- a. L'adhésion des français à l'éolien p.83
- b. Compétitivité p.88
 - i. Effort de R&D
 - ii. Digitalisation / focus sur les nouveaux outils de gestion des assets
 - iii. Innovation
- c. Intégration dans le réseau p.98
- d. Couplage avec le stockage p.115
- e. Formation p.120
- f. Economie circulaire p.128
- g. Focus sur les nouveaux modèles d'affaires : corporate PPA, agrégation p.134

7

Annexes

- a. Cartes de l'implantation du tissu éolien en régions p. 141
- b. Cartes d'identité des acteurs éoliens par catégorie p. 155

Le marché éolien

9

Capgemini invent

France
Energie
Eolienne

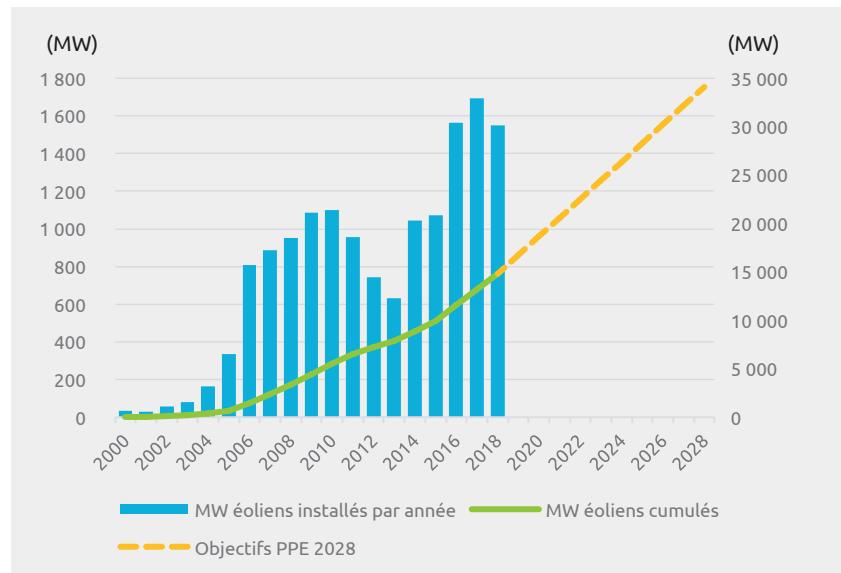
Introduction

Avec des objectifs 2018 atteints, l'enjeu est désormais d'accélérer à 2 GW raccordés par an pour atteindre ceux fixés par la PPE pour 2028

Avec **1 552 MW raccordés en 2018**, la France doit porter sur la prochaine décennie son rythme d'installation de capacité éolien à **2 000 MW** par an afin atteindre l'objectif de 34 GW de capacité cumulée raccordée en 2028.

Les conclusions du Groupe de Travail éolien animé par le Secrétaire d'Etat, Sébastien Lecornu, puis par Emmanuelle Wargon, devraient aboutir à une simplification du cadre réglementaire et à une accélération du développement éolien en France. De plus, favoriser l'introduction de machines de dimensions plus grandes et plus performantes permettra la mise en production de plus de sites.

La PPE 2019 et ses objectifs seront confirmés par décret d'application à la fin de l'année 2019.



Le marché éolien

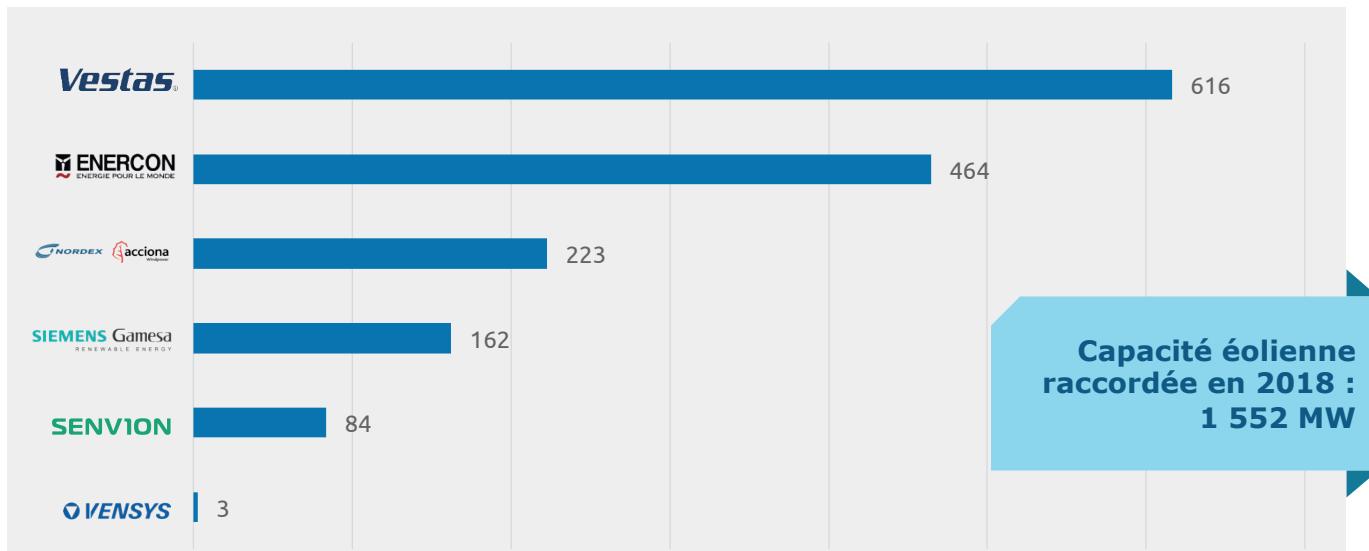
11

A. Bilan du marché de l'éolien

Bilan de la puissance raccordée

1,5 GW de capacité éolienne a été mise en service en France en 2018

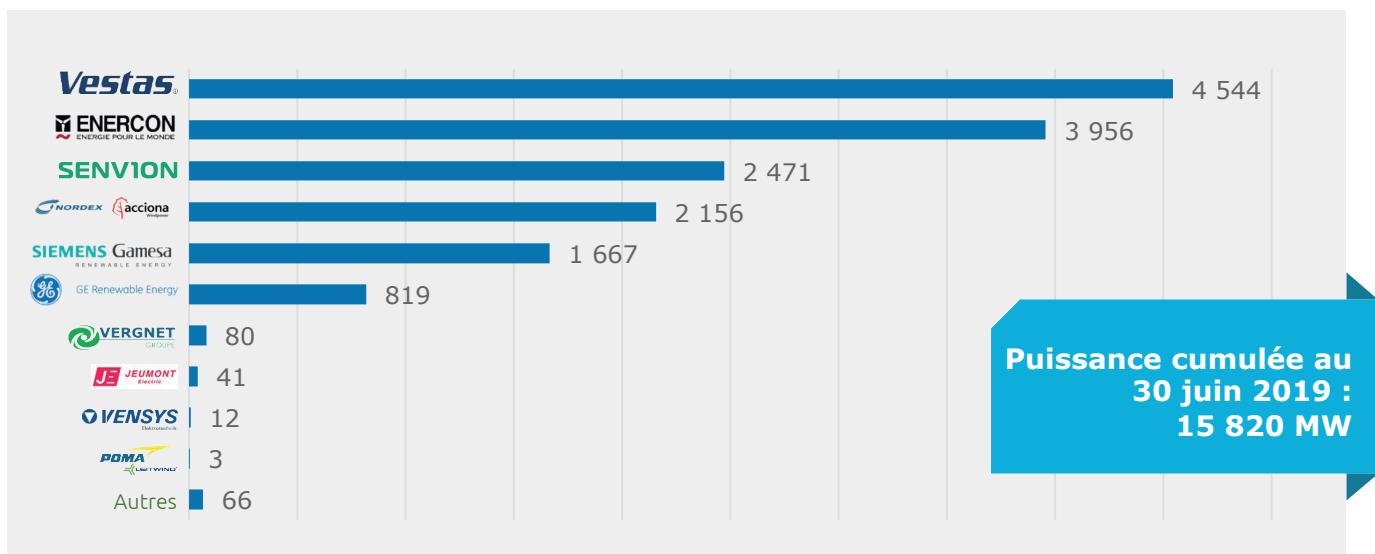
MW mis en service par constructeur (arrondis à l'unité) du 1^{er} Janvier 2018 au 31 décembre 2018



Bilan de la puissance raccordée

La puissance cumulée en service en France au 30 juin 2019 est de 15,82 GW

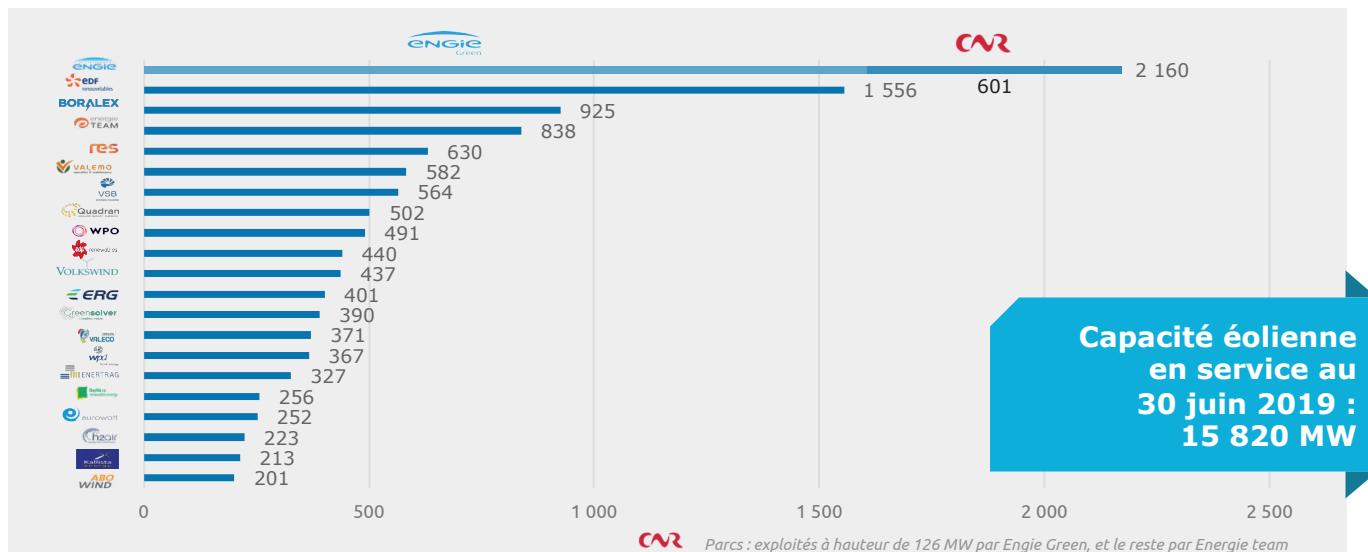
MW en service par constructeur



Bilan de la puissance raccordée

16 exploitants gèrent chacun plus de 300 MW de capacité éolienne

MW en service exploités en direct et pour compte de tiers⁽¹⁾

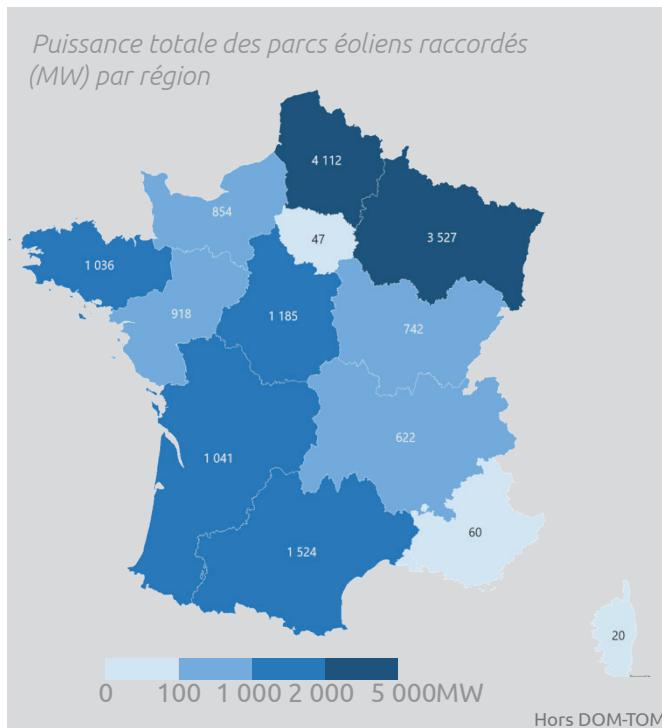


Capacité éolienne
en service au
30 juin 2019 :
15 820 MW

(1) Données issues de la base de données FEE au 01/07/2019; Les données du dernier semestre sont consolidées sur le semestre suivant

Bilan de la puissance raccordée

Des régions françaises dynamiques



Les capacités éoliennes sont réparties sur l'ensemble du territoire français, **avec près de 1 380 parcs** comptant 7 950 éoliennes, implantés dans l'ensemble des régions métropolitaines ainsi qu'en Outre-Mer.

« Les Hauts de France, le Grand Est sont les premières régions éoliennes de France »

Les **Hauts-de-France** et le **Grand Est** sont les premières régions éoliennes comptant respectivement 315 et 259 parcs éoliens. Ces 2 régions à elles seules représentent **50% de la puissance raccordée** en France. Cependant les Hauts-de France ont raccordé le nombre record de 600 MW en 2018 et 2019 – dépassant les 4 GW totaux – loin devant le Grand-Est qui n'a raccordé que 180 MW.

Les régions côtières de la Normandie, Bretagne et Pays de la Loire ont raccordé moins de 100 MW chacune (36 MW pour la Bretagne) et aucune installation n'a été enregistrée sur la période en Corse, la Provence-Alpes-Côte d'Azur, et l'Île de France.

Le marché éolien

16

B. Le marché éolien français
dans le contexte européen

Le marché éolien français dans le contexte européen

L'Europe de l'éolien poursuit sa croissance, avec de fortes disparités selon les pays; la France est le 4^e pays éolien en Europe par sa puissance raccordée

En Europe, la puissance éolienne raccordée totale à la fin 2018 est de **189 GW** dont 170 GW sur terre et 19 GW en mer. L'éolien est la **deuxième** plus grande capacité raccordée de production d'électricité dans l'UE, devant le charbon et derrière le gaz naturel. Cette puissance raccordée a permis de produire **362 TWh** d'électricité en 2018 et de couvrir **14%** des besoins totaux en électricité de l'Europe.

La progression des installations éoliennes n'a augmenté en Europe que de **11,7 GW** en 2018, en-deçà des 17,1 GW de 2017.

Quatre pays concentrent **65%** de la capacité éolienne raccordée en 2018 en Europe : **l'Allemagne, le Royaume-Uni, la Suède et la France.**

Sources : WindEurope, « Wind energy in Europe in 2018 », 2019, RTE Bilan électrique 2018

L'Allemagne reste en tête en termes de capacité raccordé avec **3 122 MW raccordés en 2018**. Le Royaume-Uni reste en deuxième position avec **1 901 MW**. Néanmoins, ces deux pays ont divisé par 2 les puissances raccordées entre 2017 et 2018.

La France est le troisième pays européen avec 1 552 MW raccordés, soit une croissance annuelle historique, proche de l'année 2017 (1 692 MW).

Fin 2018, la France demeure au **quatrième rang européen** par sa puissance éolienne totale raccordée, avec 15,3 GW, loin derrière **l'Allemagne** qui garde sa première place européenne avec un parc raccordé de **59,3 GW**. L'électricité éolienne en France a par ailleurs couvert **5,84%** de la consommation en 2018.



Le marché éolien français dans le contexte européen

L'Europe de l'éolien poursuit sa croissance, avec de fortes disparités selon les pays, la France est médaille de bronze du dynamisme



Puissance raccordée (onshore et offshore) fin 2018 en Europe

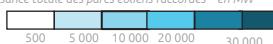
Sources : WindEurope 2019, « Wind energy in Europe in 2018 »

Zoom sur les 15 pays avec les plus grandes puissances raccordées fin 2018

	Pays	Puissance raccordée en 2016 (MW)	Puissance raccordée en 2017 (MW)	Puissance raccordée en 2018 (MW)	Puissance cumulée à fin 2018 (MW)	Dont puissance offshore à fin 2018 (MW)
1	Allemagne	5 443	6 581	3 122	59 311	6 400
2	Espagne	49	96	397	23 494	0
3	Royaume-Uni	796	4 270	1 901	20 970	8 200
4	France	1 561	1 692	1 552	15 309	0
5	Italie	283	252	452	9 958	0
6	Suède	468	197	707	7 407	200
7	Pologne	682	41	16	5 864	0
8	Danemark	223	342	268	5 758	1 300
9	Portugal	268	0	53	5 380	0
10	Pays-Bas	887	81	104	4 471	1 100
11	Irlande	255	426	193	3 564	0
12	Roumanie	48	5	0	3 029	0
13	Belgique	168	467	513	3 360	1 200
14	Autriche	228	196	201	3 045	0
15	Grèce	234	282	192	2 844	0

Légende :

Puissance totale des parcs éoliens raccordés – en MW



Variation de la puissance raccordée en 2018

↓ 10% ↑ > 10%

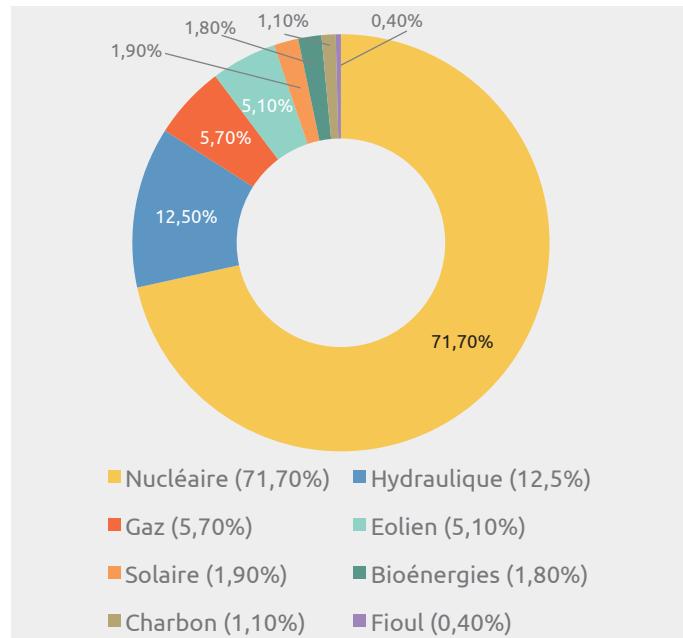
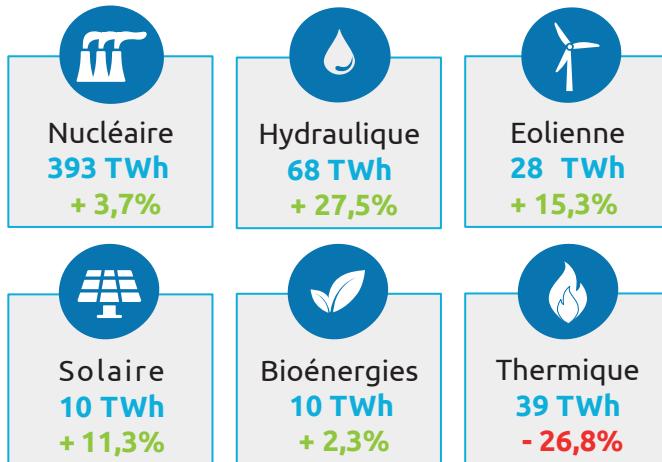
Le marché éolien

19

C. La place de l'éolien dans le
mix énergétique français

La place de l'éolien dans le mix énergétique français

L'éolien représente aujourd'hui 5% de la production d'électricité française, avec un taux de croissance important : +15% entre 2017 et 2018



Sources : RTE Bilan électrique 2018

Le marché éolien

D. Les retombées économiques et fiscales pour les collectivités locales

Les retombées économiques et fiscales pour les collectivités locales

L'éolien participe à l'activité et à l'attractivité économiques des territoires...

Au sein des territoires, l'éolien constitue un catalyseur pour la transition énergétique des régions. De nombreuses collectivités, telles que les communes, les EPCI à fiscalité propre, les départements et les régions se mobilisent pour le développement de cette technologie. Acteurs privés ancrés dans les territoires, syndicats d'énergie, entreprises locales de distribution et élus locaux s'engagent pour permettre l'implantation réussie des parcs éoliens afin d'en faire des signaux forts, modernes et emblématiques du dynamisme local.

De même, le développement d'un parc éolien sur un territoire permet souvent l'**émergence de projets locaux porteurs d'avenir** : chaufferies au bois, réhabilitation des bâtiments publics, mise en place de circuits courts d'approvisionnement alimentaire, etc...

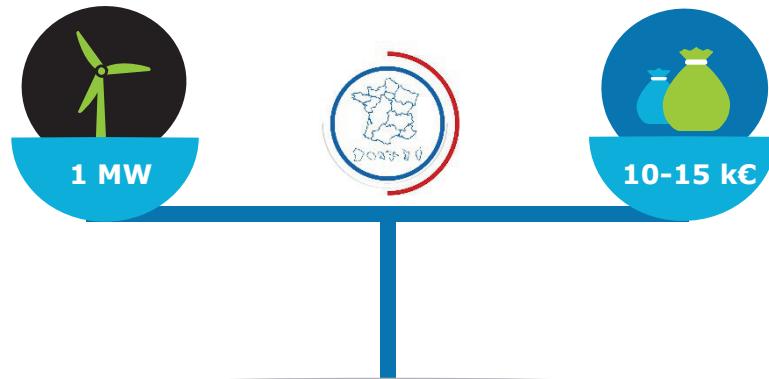
22



Les retombées économiques et fiscales pour les collectivités locales

... et contribue aux budget des collectivités

En tant qu'activité économique, une installation éolienne génère différents **revenus fiscaux**, au titre notamment des **taxes foncières**, de la **Cotisation Foncière des Entreprises**, de la **Cotisation sur la Valeur Ajoutée des Entreprises** et de l'**Imposition Forfaitaire sur les Entreprises de Réseaux**. Ces revenus fiscaux sont de l'ordre de **10 à 15 000 euros par MW raccordé et par an**, qui sont redistribués entre les différentes collectivités en fonction principalement du régime fiscal de l'établissement public de coopération intercommunale auquel appartient la commune d'implantation.



D'une façon générale, pour les projets mis en service en 2019-2020, le bloc communal et le bloc des collectivités (département et région) reçoivent respectivement chacun du centre des impôts départemental approximativement 7 500 et 4 500 € par MW raccordé par an, toute fiscalité confondue.

Les retombées économiques et fiscales pour les collectivités locales

Zoom sur l'IFER (Impôt Forfaitaire sur les Entreprises de Réseau)

Le produit de l'**IFER** est réparti entre la commune d'accueil, le département, l'Etablissement Public de Coopération Intercommunale (EPCI), (une structure administrative regroupant plusieurs communes). En fonction de l'appartenance ou non de la commune à une EPCI (selon le choix de fiscalité locale), la répartition du fruit de l'IFER est différente :

	Commune isolée	EPCI à fiscalité additionnelle (FA)	EPCI à fiscalité professionnelle de zone (FPZ)	EPCI à fiscalité éolienne unique (FEU)	EPCI à fiscalité professionnelle unique (FPU)
Composantes de l'IFER relatives aux éoliennes	20% Commune 80% Département	20% Commune 50% EPCI 30% Département		70% EPCI 30% Département	

Il arrive que certaines communes d'accueil, alors qu'elles ont été proactives sur l'implantation d'un parc éolien sur leur territoire, ne perçoivent rien de l'IFER (l'EPCI décidant de ne rien redistribuer) ; une des mesures du Groupe de Travail national éolien piloté par le Secrétaire d'Etat Sébastien Lecornu permet d'**attribuer systématiquement une part de 20%** du produit de l'IFER aux communes d'implantation, pour les projets autorisés depuis le 1^{er} janvier 2019.

Les retombées économiques et fiscales pour les collectivités locales

Un parc éolien français récemment mis en service dégage environ 50 M€ de chiffre d'affaire pendant sa durée de vie, mais contribue également à 7 M€ de contributions locales et nationales

Revenus du parc éolien	Contributions à l'État	Contributions locales
<p>Un parc français récemment mis en service</p> <ul style="list-style-type: none">• Comporte 5 machines• D'environ 3 MW chacune• Produisant 2 500 h par an en équivalent pleine puissance• Pour un contrat de 20 ans• Avec un prix fixé par appel d'offres de 63* €/MWh	<p>Contributions à l'État</p> <ul style="list-style-type: none">• Impôt sur les sociétés	<p>Contributions locales</p> <ul style="list-style-type: none">• Impôt forfaitaire sur les entreprises du réseau (IFER) : 7 470 €/MW raccordé et par an (contre 3 115 €/MW/an pour le nucléaire et thermique à flamme)• Cotisation foncière des entreprises (CFE)• Cotisation sur la valeur ajoutée des entreprises (CVAE)• Taxe foncière• Loyer

50 M€ sur 20 ans dont 40 M€ provient du marché et 10 M€ provient de subventions (complément de rémunération)

1 M€ de contributions à l'État cumulées sur 20 ans

6 M€ de contributions locales cumulées sur 20 ans

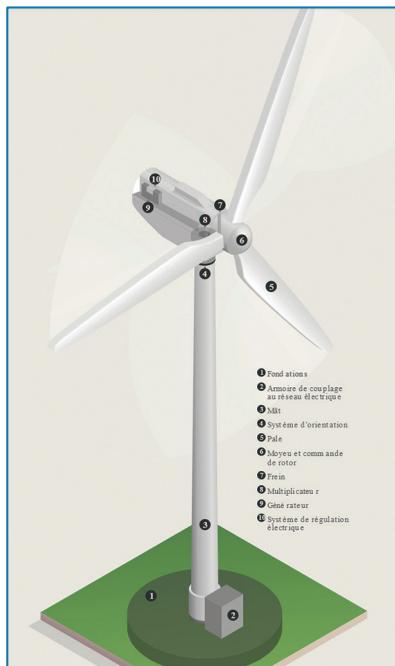
*Résultat du dernier appel d'offre en date du 13/06/2019

Le marché éolien

E. Une technologie terrestre qui poursuit son évolution

Des technologies terrestres qui poursuivent leurs évolutions

Une éolienne transforme l'énergie cinétique du vent en énergie électrique



Fonctionnement

Le principe de fonctionnement de l'éolienne repose sur la transformation de l'énergie cinétique en énergie électrique :

1. le vent fait tourner des pales qui font elles-mêmes tourner le générateur de l'éolienne.
2. À son tour le générateur transforme l'énergie cinétique du vent en énergie électrique.
3. Le courant électrique est ensuite transformé et injecté dans le réseau électrique pour alimenter nos foyers.

27



Les éoliennes doivent viser une taille de rotor optimale pour être en mesure de capter un vent puissant et continu

Plus le diamètre du rotor (5 et 6) est étendu, plus l'énergie captée est importante

Une technologie terrestre qui poursuit son évolution

L'éolien de grande hauteur arrive en France



«L'installation d'éoliennes plus grandes permettrait de faire baisser le coût de production »

L'éolien de grande hauteur arrive peu à peu en France avec les parcs de Chamole dans le Jura et Massay dans le Cher. Sur ces sites où les vents près du sol sont moins attrayants pour l'exploitation énergétique, seules des éoliennes de très grandes tailles permettent d'atteindre les **vents plus forts et réguliers** qui soufflent en hauteur. Un diamètre de rotor plus important permet aussi de produire une **plus grande quantité d'énergie**. Dans les deux cas, les éoliennes mesurent 193 mètres en bout de pales, avec un mât de 135 mètres.

Néanmoins, la hauteur moyenne en bout de pale des éoliennes en France reste entre 120 et 155 m, avec une hauteur de mât comprise entre 80 m et 100 m et un rotor dont le diamètre mesure entre 80 et 110 m.

Ces chiffres sont encore bien en-deçà de ceux de l'Allemagne où les éoliennes font en moyenne 175 m de hauteur totale avec un mât à 120 m en 2017. **Et les grands projets allemands culminent à 246,5 m** avec la plus grande éolienne du monde dans le parc de Gaildorf.

Bien que n'étant plus exceptionnels, ces projets restent trop rares sur le territoire français : en effet l'installation d'éoliennes plus grandes permettrait de faire baisser le coût de production.

Sources : Bundesnetzagentur 2017, MTES, lenergeek

Des technologies terrestres qui poursuivent leurs évolutions

Plusieurs facteurs viennent freiner l'arrivée de l'éolien de grande hauteur

La rareté des projets de grande hauteur s'explique par plusieurs facteurs :

- **Les barrières réglementaires** : la réglementation en France n'a pas encore évolué pour accueillir le grand éolien, en particulier en raison des contraintes liées à l'aviation civile et militaire.
- **La logistique** : il est plus difficile d'acheminer des grands composants (pales excédant 74 m).
- **L'environnement** : certaines contraintes de sites ne permettent pas l'installation de ces technologies.

Aujourd'hui, il est presque impossible d'implanter une éolienne à moins de 30 km d'un radar militaire. Conséquence : plus de 50% du territoire est actuellement interdit aux éoliennes de plus de 150 mètres de hauteur.



Une technologie terrestre qui poursuit son évolution

Les industriels focalisent leurs efforts sur la baisse des coûts complets de production, l'accroissement de l'adhésion à l'éolien, et la création de valeur

Face à une réglementation contraignante, les industriels cherchent à augmenter la performance de la filière en faisant baisser les coûts de fabrication et de maintenance des turbines avec :

- L'introduction de **plateformes industrielles** construites sur la base de modules standardisés qui permettent de fournir des solutions sur mesure tout en optimisant les chaînes de production et d'assemblage
- L'introduction d'**options** qui permettent de répondre à certaines exigences et contraintes locales (contraintes de charges, de températures, vitesse de coupe, résistance à la glace...)
- La mise en place de **systèmes d'analyses de données**, permettant la maintenance prédictive



Un travail important des constructeurs a également été entrepris pour augmenter l'adhésion à l'éolien. Notamment :

- Une réduction du bruit des pales
- Une réduction de la lumière la nuit
- La détection de volatiles
- ...



La prochaine révolution technologique sera tirée par la création de valeur et les changements de mode de commercialisation de l'énergie éolienne : participer aux marchés de gros, produire de l'énergie à la demande en direct pour des clients industriels et commerciaux, mais également pour soulager les réseaux en participant aux services systèmes. Les machines devront donc notamment acquérir, traiter et restituer des données (internes et externes) de plus en plus en temps réel.

Le marché éolien

F. L'éolien en mer

31

L'éolien en mer

L'éolien en mer comme levier de croissance potentiel

En 2019, la France compte **11 projets lauréats de parcs éoliens en mer en cours de développement**. Alors que l'éolien en mer représente 23% des éoliennes nouvellement raccordées à fin 2018, il devrait représenter 10% de la capacité éolienne raccordée en France en 2023.

Le marché de l'éolien en mer est composée de deux segments liés à la distance et au type de fondation :

L'éolien en mer posé

Fixes et destinées aux fonds de moins de 70m, ces éoliennes peuvent exploiter les forts vents marins côtiers.

L'éolien en mer flottant

Avec une fondation flottante, reliée aux fonds marins par des lignes d'ancrage, ces éoliennes peuvent être implantées plus au large, dès 30m de profondeur.

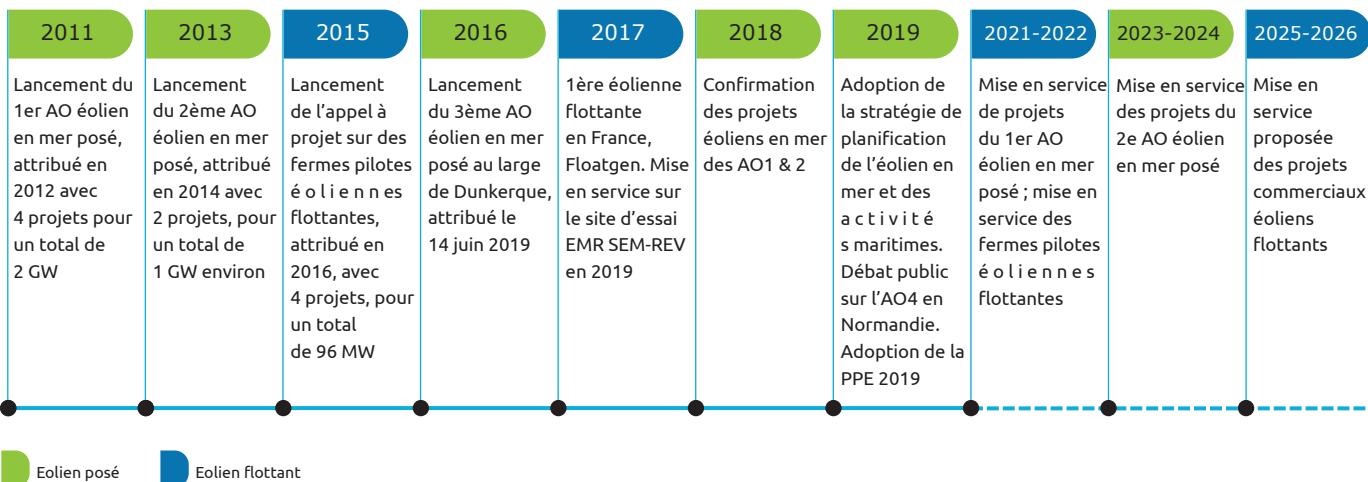


« L'éolien en mer devrait représenter 10% de la capacité éolienne raccordée en France en 2023 »

L'éolien en mer

La France se positionne dans un marché de l'éolien en mer européen en pleine croissance

Avec **3 500 km de côtes**, la France métropolitaine dispose du **2^{ème} gisement de vent éolien d'Europe**, derrière la Grande-Bretagne et devant l'Allemagne. Pourtant, la France est aujourd'hui moins ambitieuse que ses voisines européennes : le Grenelle de la mer s'était fixé pour objectif 6 GW d'éolien en mer posé à l'horizon 2020 alors que l'objectif du gouvernement britannique pour l'éolien en mer sur cette période est trois fois plus important avec une ambition initiale affichée de plus de 20 GW. L'Allemagne devrait dépasser son objectif 2020 fixé à 6,5 GW et table sur 15 GW à horizon 2030.



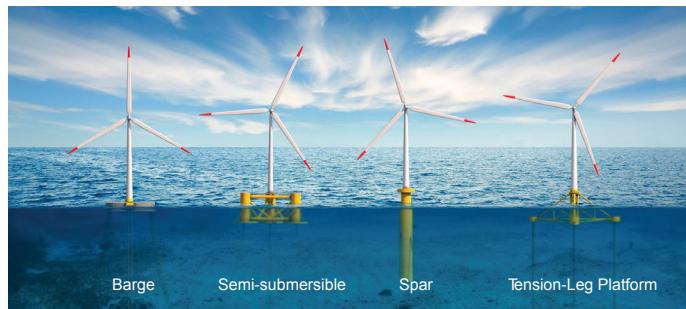
L'éolien en mer

Les atouts de la France dans l'éolien marin sont nombreux : espace maritime, savoir-faire industriel, énergétique et maritime, infrastructures portuaires

Les éoliennes en mer constituent des technologies de pointe, innovantes et matures, spécifiquement conçues pour un milieu marin très exigeant. **Plus puissantes que leurs homologues terrestres**, les éoliennes en mer exploitent également des vents plus forts et plus réguliers.

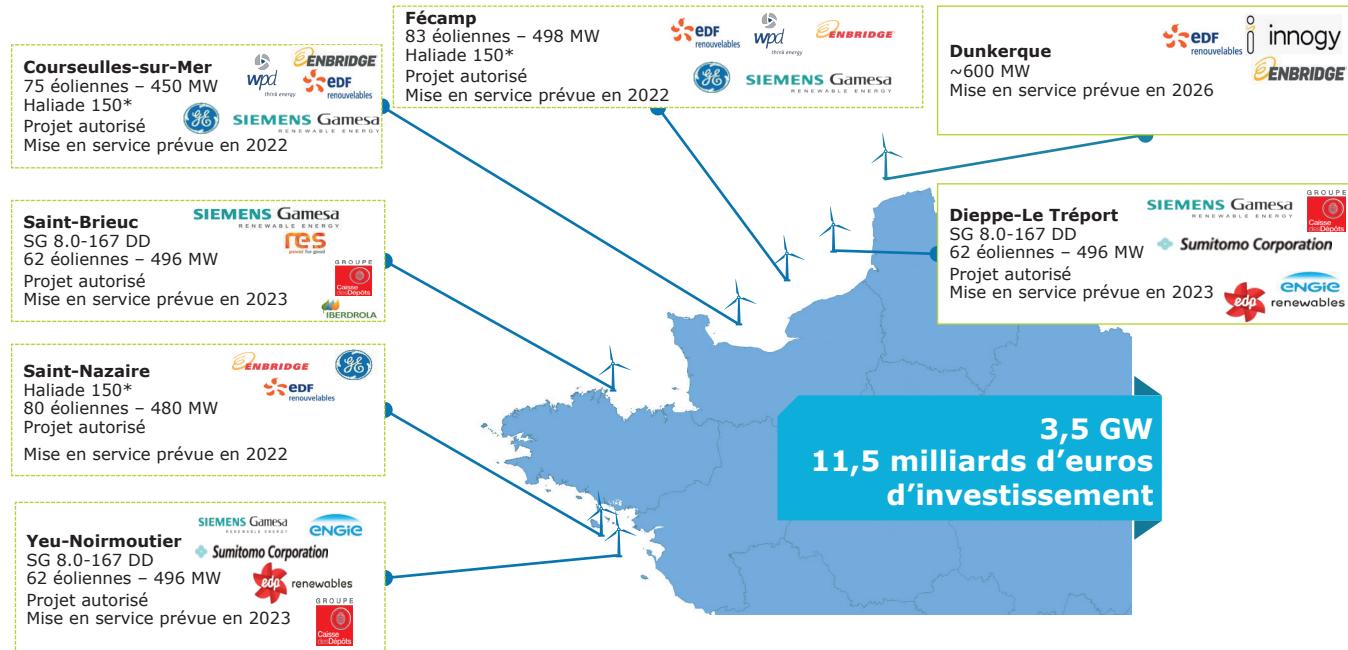
Ces nouvelles installations de production d'énergie renouvelable en mer contribueront d'une part à **concrétiser les objectifs nationaux** en matière de mix énergétique et permettront d'autre part la **mise en place d'une filière nationale qui pourrait conquérir des marchés à l'international**. Plusieurs usines et des centaines d'emplois dédiés à cette filière ont déjà été créés, plusieurs milliers d'autres pourront voir le jour à partir de l'installation et de la mise en service des projets (voir le focus dédié à l'Observatoire des énergies de la mer 2019).

Exemples d'installations éoliennes en mer flottantes :



L'éolien en mer

Les premiers parcs éoliens en mer seront opérationnels à partir de 2021-2022



* Le premier projet atteignant la décision finale d'investissement sera équipé d'éoliennes type Haliade 150, les deux autres, d'une technologie Siemens Gamesa (SWT-7.0-154)

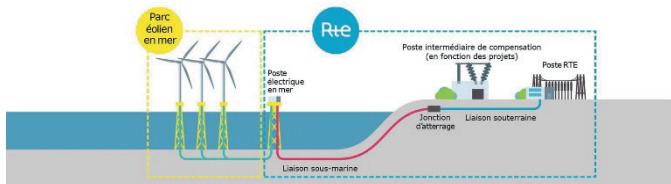
L'éolien en mer

RTE se positionne pour adapter son réseau aux enjeux de l'éolien en mer

En France, un nouveau cadre législatif et réglementaire a été défini dans l'objectif d'accélérer le développement des projets éoliens en mer et de réduire les coûts associés. Il est inspiré du modèle appliqué en mer du Nord.

Le corpus juridique évolue pour intégrer de nouvelles mesures d'**anticipation**, de **simplification** et de **dérisque** des projets dans l'intérêt de la collectivité, parmi lesquelles :

- Le raccordement financé par RTE et refacturé à l'ensemble des consommateurs
- Une indemnisation des retards du raccordement et des avaries en exploitation
- Un permis enveloppe pour gagner en flexibilité
- Une planification spatiale maritime prenant en compte les capacités d'accueil à date du réseau de transport d'électricité



RTE se positionne au service d'un **développement ambitieux** des **énergies marines renouvelables** via :

- Une planification de long terme partagée avec les pouvoirs publics et les territoires pour anticiper et optimiser le dimensionnement du réseau, permettant :
 - La mutualisation du réseau public de transport en mer (« hub , de raccordement) pour baisser les coûts et les impacts
 - La standardisation de certaines infrastructures pour faire des économies d'échelles
- Le développement innovant de plateformes multi-usages au service des territoires et des parties prenantes
- La réduction des impacts socio-économiques et environnementaux des ouvrages

L'éolien en mer

Les premiers projets d'éolien flottant voient le jour

En France, la mer Méditerranée bénéficie d'un gisement conséquent pour l'installation de parcs éoliens flottants en raison de ses régimes en vent très favorables et réguliers et de sa bathymétrie (fonds océaniques plongeant très rapidement au-delà de 60m de profondeur). Trois projets de fermes pilotes éoliennes flottantes sont prévus dans la zone. Des parcs commerciaux pourraient voir le jour par la suite, à hauteur de 3 GW en service à horizon 2030. Chaque année depuis 5 ans, le Pôle Mer Méditerranée, la CCI Marseille-Provence et FEE organisent FOWT, plus grand rendez-vous mondial de l'éolien en mer flottant localisé sur les côtes méditerranéennes françaises.

La façade maritime occidentale, au large des côtes bretonnes notamment, est également pourvue de ressources très favorables pour le flottant. La profession ambitionne de développer et de mettre en service de nouvelles capacités, au-delà du parc pilote prévu au large de Groix-Belle Ile. Le premier appel d'offres commercial au niveau mondial (250 MW) devrait y être attribué en 2021.

« Le projet Floatgen a permis l'installation de la première éolienne flottante en France »

D'autres projets pilotes (voir tableau ci-dessous) poursuivent leur développement en Bretagne et en Méditerranée, suite à l'attribution de l'appel à projet de l'ADEME en 2016 et devraient être mis en service à horizon 2021.

37

FLOATGEN, démonstrateur d'éolienne flottante
Objectif : confirmer la performance de la combinaison de l'éolienne et de la fondation flottante
Capacité : 2 MW (Vestas V-80)
Site d'installation : Le Croisic
Profondeur d'eau : 33 mètres
Consortium :

Ferme	Caractéristiques	Partenaires industriels
Faraman	3 éoliennes - 24 MW	  
Groix-Belle Ile	4 éoliennes - 24 MW	    
Gruissan	4 éoliennes - 24 MW	  
Leucate-Barcarès	4 éoliennes - 24 MW	   



Les emplois éoliens

39

La croissance de l'emploi

La croissance de la filière s'est poursuivie sur l'année 2018, avec une augmentation de 6,4% des emplois éoliens, soit un total de 18 200 emplois au 31 décembre 2018



Ce nouvel observatoire confirme la bonne dynamique de la filière industrielle de l'éolien. En 2018, **18 200 emplois directs et indirects ont été identifiés sur la chaîne de valeur** au total, soit une augmentation de **6,4%** par rapport à 2017, et de plus de 14% depuis 2016.



Fortement ancrées dans les territoires, ces entreprises contribuent à **la structuration de l'emploi en régions** en se positionnant sur un marché d'avenir, dont le développement est orienté par la Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE).

Ces emplois s'appuient sur environ **1 000 sociétés** présentes sur toutes les activités de la filière éolienne et constituent de ce fait un tissu industriel diversifié. Ces sociétés sont de tailles variables, allant de la TPE au grand groupe industriel.



40

Le développement de la filière en mer sur laquelle se positionnent fortement les acteurs français par des **investissements en outils industriels et en R&D**, contribue également à l'emploi et positionne les acteurs français à l'export.



Les chiffres clés au 31 décembre 2018

15 100 MW raccordés sur le territoire

18 200 emplois éoliens localisés en France,
dont...

1 100 emplois éoliens supplémentaires
en 2018 répartis sur plus de **1 000 sociétés**
actives dans l'éolien



Les emplois éoliens

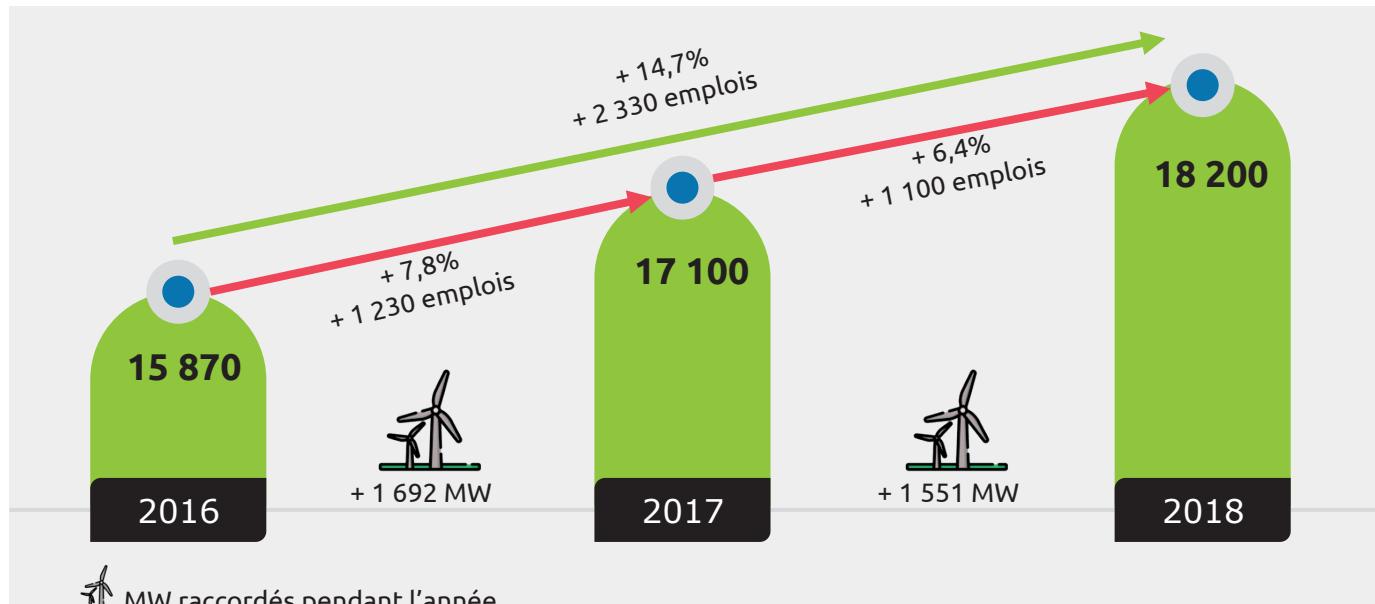
42

A. La croissance de l'emploi
/ détails par maillons de la
chaîne de valeur

La croissance de l'emploi

Le nombre d'emplois éoliens continue à augmenter

Dynamique de l'évolution des emplois éoliens entre 2016 et 2018



La croissance de l'emploi

L'observatoire confirme la dynamique du secteur et mobilise les industriels

La structuration de la filière éolienne va de pair avec la croissance du parc éolien raccordé sur le territoire français. Avec plus de **15 GW de capacités raccordées au 31 décembre 2018**, l'énergie éolienne a su s'organiser en véritable filière industrielle, d'abord dans le cadre du développement éolien terrestre, ensuite autour de l'éolien en mer... De la TPE au grand groupe, la filière se rassemble chaque année à l'occasion **d'événements structurants** comme la conférence annuelle de WindEurope, le colloque national éolien de France Energie Eolienne (FEE), l'atelier Eole Industrie de FEE ou encore le séminaire santé-sécurité au Travail de FEE.

Ci-contre, la dernière conférence annuelle d'Eole Industrie ayant eu lieu à Orléans, les 26 et 27 juin 2019 sur le thème «Emplois, formation et maintenance dans l'industrie éolienne : état des lieux et perspectives».

Cet évènement régional a lieu chaque année au sein d'un territoire et comprend des visites techniques, des conférences et des échanges entre les acteurs de la filière.



Les sponsors Eole Industrie 2019

BORALEX

ENERCON
PARTENAIRE POUR LE MONDE

CCI Business

NORDEX

Acciona

Quadran
énergie direct incide

SIEMENS Gamesa

Capgemini invent

**France
Energie
Eolienne**

Détails par maillon de la chaîne de valeur

Une activité répartie sur 4 segments

Les acteurs éoliens implantés en France couvrent l'ensemble des segments de la chaîne de valeur, sur lesquels les emplois éoliens sont répartis :



Etudes et Développement

Ex. : bureaux d'études, mesures de vent, mesures géotechniques, expertises techniques, bureaux de contrôle, développeurs, financeurs

45



Fabrication de composants

Ex. : pièces de fonderie, pièces mécaniques, pales, nacelles, mâts, brides et couronnes d'orientation, freins, équipements électriques pour éoliennes et réseau électrique



Ingénierie et Construction

Ex. : assemblage, logistique, génie civil, génie électrique parc et réseau, montage, raccordement réseau



Exploitation et Maintenance

Ex. : assemblage, logistique, génie civil, génie électrique parc et réseau, montage, raccordement réseau

Détail par maillon de la chaîne de valeur

Une dynamique forte sur les maillons 1 et 4

Dynamique de l'emploi éolien sur la chaîne de valeur : évolution des emplois éoliens depuis 2016



« Les emplois dans le développement et la maintenance dopent la croissance de l'emploi éolien »

Détails par maillon de la chaîne de valeur

Des acteurs diversifiés sur l'ensemble de la chaîne de valeur

La mise en œuvre de projets éoliens fait appel à de multiples compétences apportées par des entreprises de corps de métiers très différents



Les emplois éoliens se répartissent sur une chaîne de valeur complexe et diversifiée, depuis des structures spécialisées, positionnées sur un des différents maillons de la chaîne de valeur, jusqu'aux acteurs intégrés couvrant plusieurs types d'activités.

Plus jeunes et gravitant autour d'une centaine de PME, ces entreprises sont imprégnées par une forte culture entrepreneuriale et disposent d'un réservoir de savoir-faire variés, accompagnant la croissance du secteur éolien. Ces entreprises font preuve d'une grande flexibilité, illustrée par la croissance des effectifs éoliens en 2017.

Détail par maillon de la chaîne de valeur

Les emplois éoliens sont répartis sur l'ensemble de la chaîne de valeur en 2018

Nombre d'emplois par activité et par maillon



Les emplois éoliens

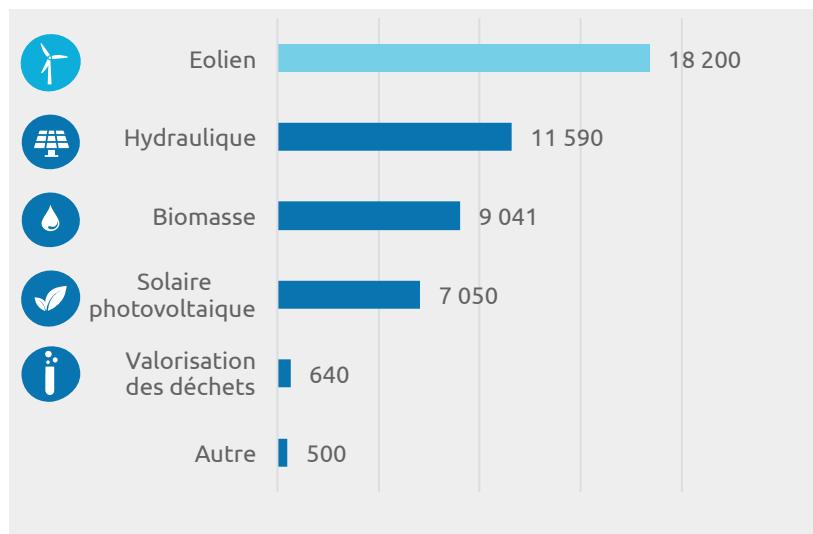
B. La part de l'emploi éolien français comparée à d'autres filières
(mise en perspective)

49

La part de l'emploi éolien français comparée à d'autres filières

L'éolien est le premier employeur des énergies renouvelables en France

Répartition des ETPs dans les EnR en France



« 1,2 emplois sont générés par MW installé et raccordé »



Sources : Le baromètre 2018 des énergies renouvelables électriques en France, Observ'ER, IRENA, 2019

Les emplois éoliens

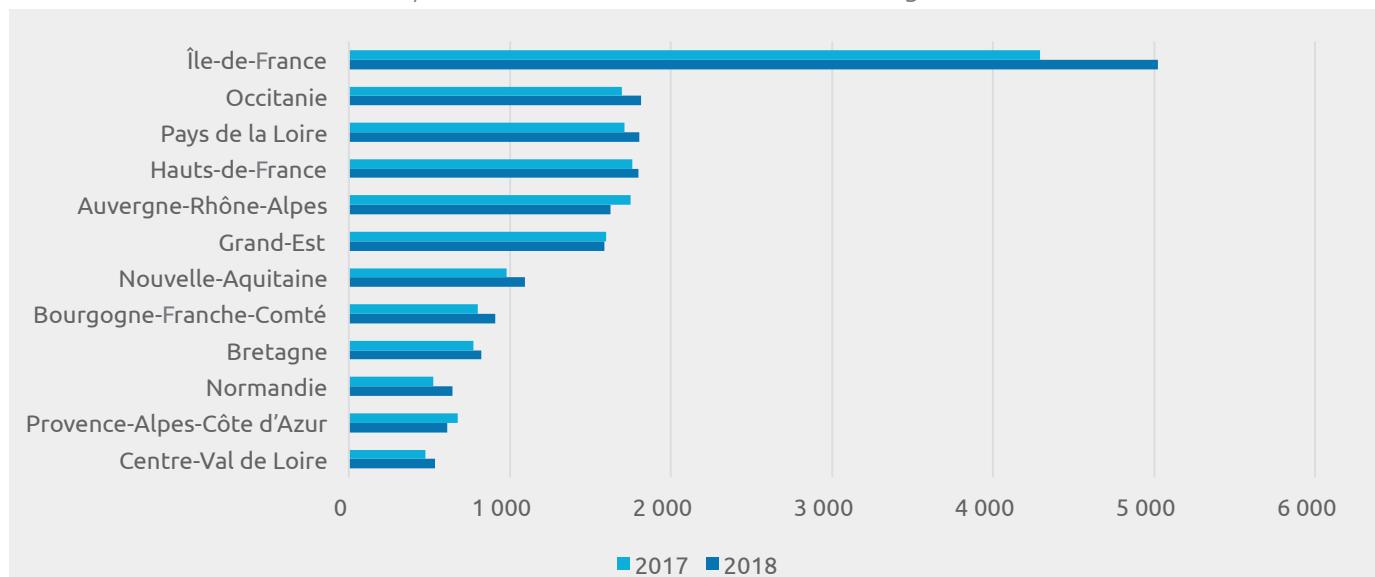
C. La répartition des emplois éoliens par régions

51

La répartition des emplois éoliens par régions

Comme en 2017, les emplois créés en 2018 sont répartis sur presque tout le territoire, en particulier en Ile-de-France

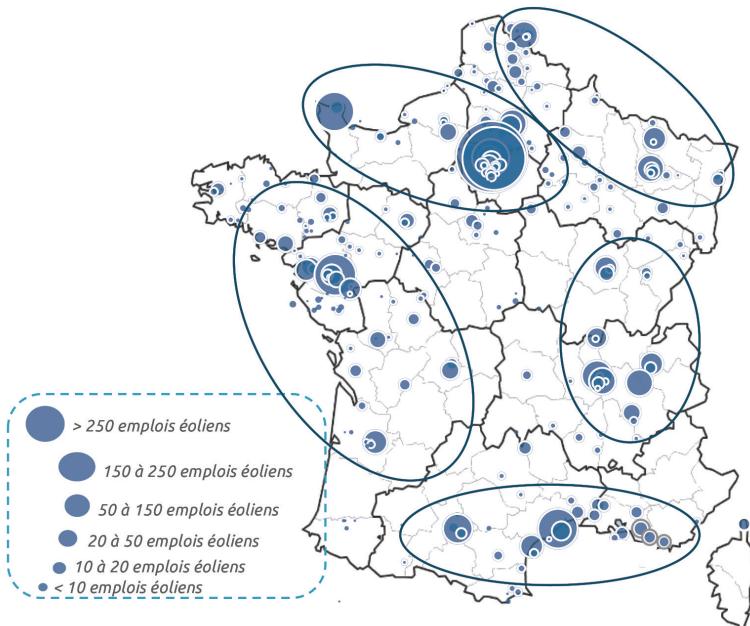
Répartition de la croissance des ETPs sur les régions



La répartition des emplois éoliens par région

La filière éolienne crée des bassins d'emplois partout en France et au plus près des territoires

Localisation des bassins d'emplois éoliens en France



- Les régions **Grand Est** et **Hauts-de-France**, territoires où la filière éolienne connaît un très fort développement des parcs éoliens, contribuant au dynamisme économique local,

- Le **Bassin parisien (Île-de-France)** ainsi qu'une partie des régions **Centre-Val de Loire** et **Normandie**, regroupant traditionnellement une part importante des sièges sociaux d'entreprises,

- Le **Grand Ouest (Bretagne, Pays de la Loire et une partie de la région Nouvelle-Aquitaine)**, importante aire d'implatation de l'éolien dont la façade maritime va bénéficier de la croissance de l'éolien en mer,

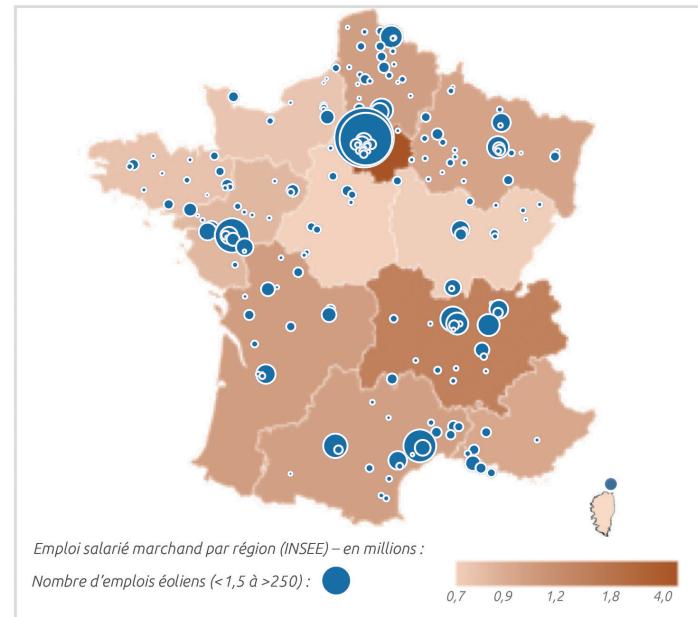
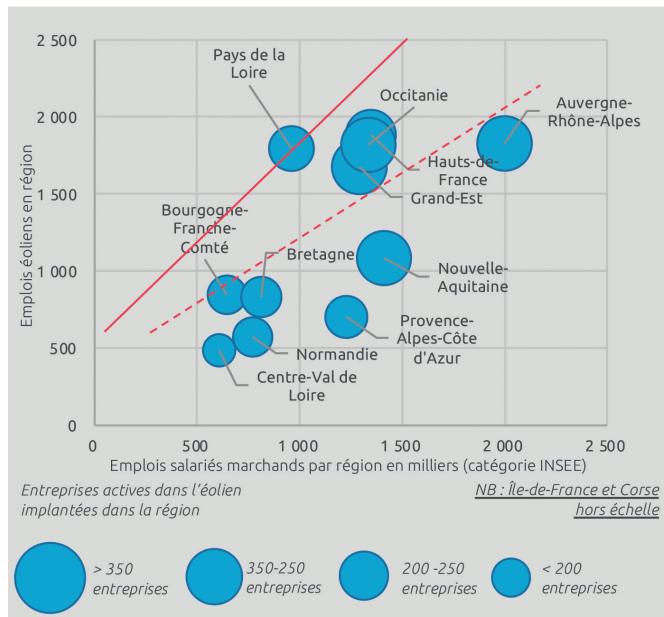
- Les régions **Auvergne-Rhône-Alpes** et **Bourgogne-Franche-Comté**, régions industrielles anciennes diversifiant leurs activités et spécialisées dans la fabrication de composants pour l'activité éolienne,

- La **Méditerranée (Régions Sud-Provence-Alpes-Côte d'Azur et Occitanie)**, berceau de l'industrie éolienne et de plusieurs de ses acteurs historiques.

La répartition des emplois éoliens par région

La filière éolienne crée de l'emploi sur tout le territoire français y compris les zones rurales

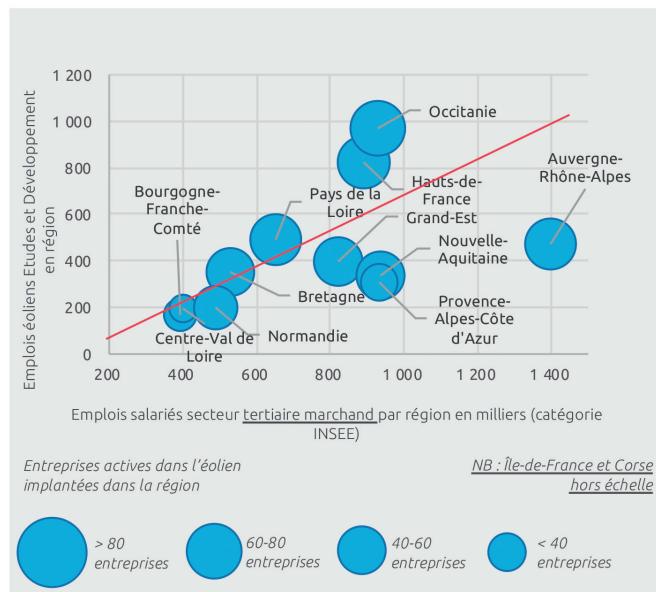
Contribution de la filière éolienne à l'emploi en région



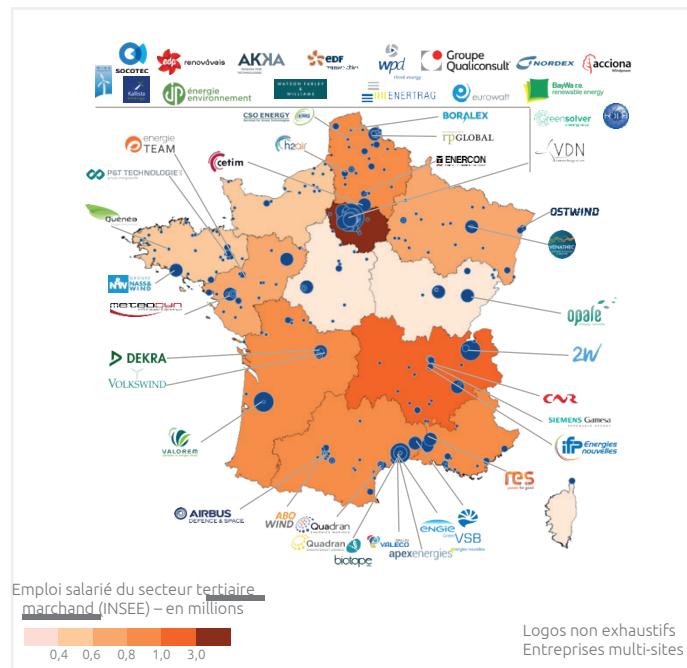
La répartition des emplois éoliens par région

Les emplois d'étude et développement sont majoritairement présents autour des grands centres urbains

Les emplois éoliens liés aux activités d'études et développement par rapport aux emplois du secteur tertiaire marchand



LES EMPLOIS



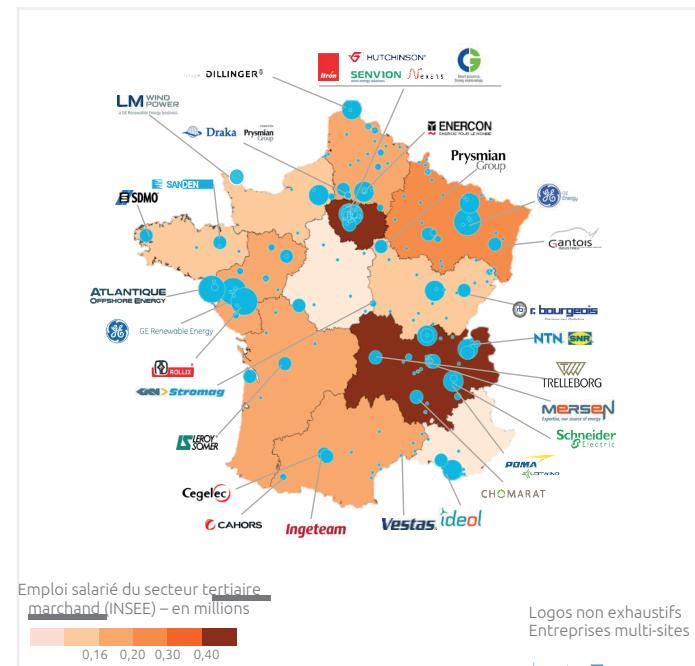
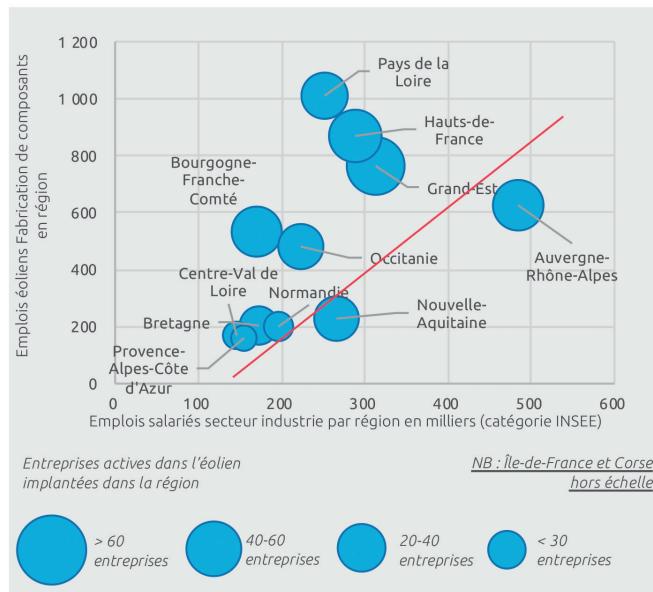
Capgemini invent

France
Energie
Eolienne

La répartition des emplois éoliens par région

La fabrication de composants génère 4000 emplois répartis sur tout le territoire

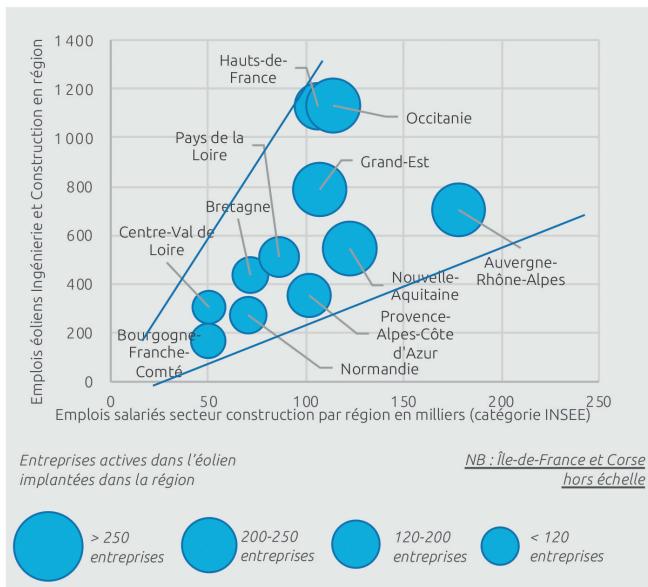
Les emplois éoliens liés à la fabrication de composants par rapport aux emplois du secteur industriel



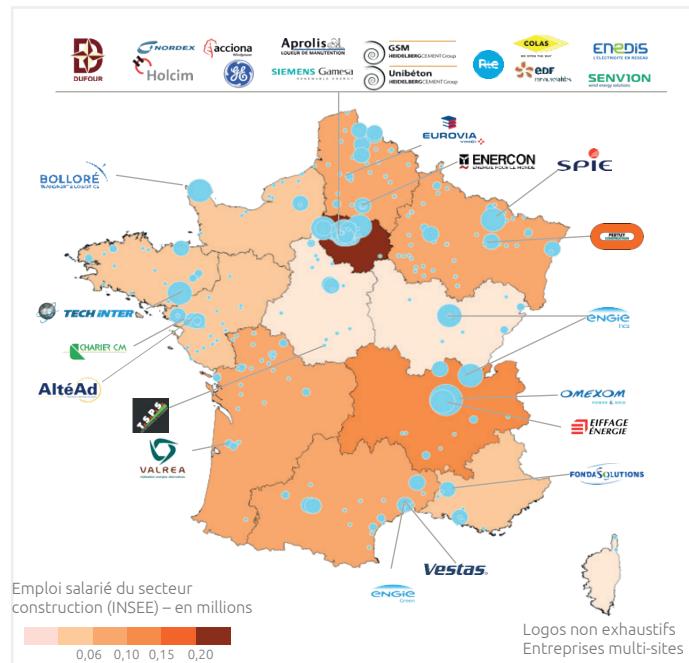
La répartition des emplois éoliens par région

Dans les Hauts-de-France et en Occitanie, 10% des emplois de construction sont générés par la filière éolienne

Les emplois éoliens liés à l'ingénierie et à la construction par rapport aux emplois du secteur construction



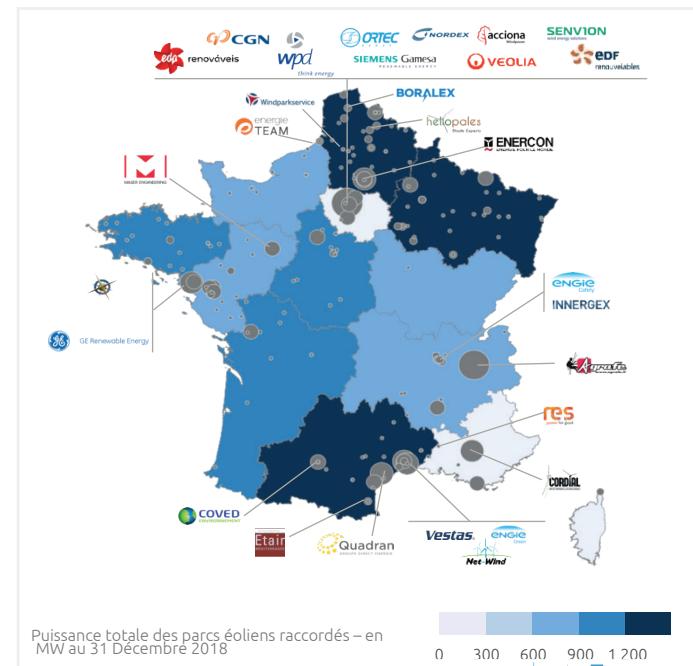
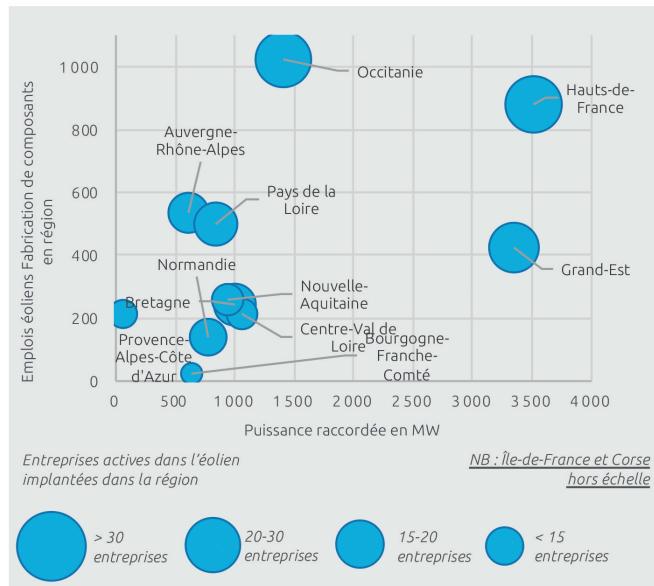
LES EMPLOIS



La répartition des emplois éoliens par région

Les emplois de maintenance et d'exploitation se situent à proximité immédiate des parcs dans les zones rurales

Les emplois éoliens liés aux activités d'exploitation et maintenance par rapport à la puissance raccordée



Les emplois éoliens

D. Animation de la filière

59

Animation de la filière

La filière est animée par des acteurs diversifiés, qualifiés en trois grands types



Les pôles de compétitivités

Sept pôles de compétitivité actifs dans l'éolien en France, que l'on retrouve aussi près des zones de développement de l'éolien en mer : Bretagne et Méditerranée.



Les clusters

Regroupement d'acteurs publics et privés permettant les transferts de connaissances entre tous ces acteurs. Huit clusters actifs dans le domaine de l'éolien ont été recensés en France.

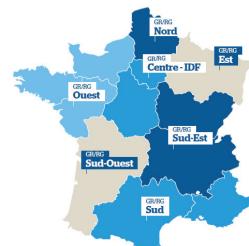


Autres acteurs

Syndicats et fédérations professionnelles qui, à l'instar de France Energie Eolienne, regroupent des professionnels de l'industrie éolienne : FNTP, FNTR, UFL, Cluster Maritime Français, Gimélec, SER...

Animation de la filière

Cartographie des acteurs animant la filière



La FEE anime la filière éolienne en région grâce à ses représentants sur les territoires (groupes régionaux).

- Légende :
- Pôle de Compétitivité
 - Cluster
 - Autre acteur
 - France Energie Eolienne

Animation de la filière

Zoom sur Tenerrdis

Tenerrdis est le pôle de compétitivité auvergnat-rhônalpin dédié à la transition énergétique visant, via l'innovation, à développer des filières d'excellence créatrices d'emplois pérennes.

Tenerrdis anime un réseau dynamique de 300 membres et partenaires :

- **Industrie** : Groupes industriels (énergéticiens et end-users), PME, Start Up
- **Laboratoires de recherche et centres techniques**
- **Collectivités territoriales**

6 domaines d'activités stratégiques :

- Production d'énergie renouvelable et insertion dans le mix décarboné
- Intelligence et cybersécurité des systèmes énergétiques
- Stockage et conversion d'énergie
- Micro-réseaux multi-vecteurs
- Mobilité décarbonée
- Efficacité énergétique Bâtiment et Industrie

Tenerrdis agit sur les thématiques des nouvelles énergies entre acteurs du pôle et leurs partenaires :

- L'**accompagnement de projets innovants**, principalement collaboratifs (régionaux, nationaux, européens) et l'aide à l'**accès aux financements** publics et privés
- La valorisation et la **promotion des filières industrielles** des nouvelles énergies, incluant l'internationalisation
- La **coordination** d'acteurs ouvrant l'ensemble des compétences techniques (matériaux, prévision météo, vieillissement des installations, stockage, hybridation)

Chiffres clés 2018 :

- 320 projets et démonstrateurs d'un budget global de 1,8 Md€ financés à hauteur de 594 M€ par l'Etat et les collectivités territoriales
- 35 nouveaux projets de R&D labellisés par le Pôle en 2018, dont le FUI FEDRE lancé (fondations d'éoliennes & renouvellement de parcs)



Sources : Tenerrdis

Animation de la filière

Zoom sur Cemater

Pour aider les entreprises de la région Occitanie dans leur développement et dans leur pérennisation, le groupement **Cemater** leur propose un **accompagnement** sur différents thèmes : valorisation des compétences et des savoir-faire, développement commercial, recrutement, innovation, mutualisations intra-entreprises,...

Les entreprises membres de Cemater se sont engagées à respecter une **Charte Ethique** qui garantit un niveau de qualité optimale à leurs clients. Les Composantes de la Charte éthique Cemater reposent sur les éléments suivants :

Conseil
Éducation
Mutualisation
Adaptation
Transparence
Engagement
Respect

Sources : Cemater



Animation de la filière

Zoom sur Le Cluster Maritime Français

Le CMF rassemble aujourd’hui 430 entités de l’industrie aux activités maritimes de toutes natures. FEE est membre du CMF. Communication institutionnelle, synergies opérationnelles et actions d’influence sont ses trois axes de travail pour renforcer, avec ses membres, la « place maritime française », véritable écosystème à la fois soucieux de l’intérêt général maritime et génératrice de business.

Depuis 2007, le CMF a contribué à la promotion et défense de la filière EMR auprès des décideurs, et à la création de synergies entre acteurs du maritime et de l’énergie.

Depuis 2017, le CMF a créé l’Observatoire des énergies de la mer auquel contribue la FEE.

Consultez les résultats de la 3^{ème} édition sur www.merenergies.fr

La France possède aujourd’hui le 2^{ème} espace maritime du monde : l’Outre-mer donne à la France 97% des 11 millions de kilomètres carrés de sa ZEE (Zone Économique Exclusive). Conscient des opportunités offertes par l’Outre-mer (notamment le développement des EMR), le CMF y a développé des clusters : Guadeloupe, Réunion, Guyane, Martinique, Polynésie Française et Nouvelle Calédonie.

Le CMF est partenaire d’Euromaritime, le 1er Salon européen de toute l’économie de la mer. La dernière édition a eu lieu en 2017 et a attiré 5000 visiteurs. Véritable vitrine des savoir-faire du secteur maritime, ce salon européen se veut le rendez-vous de la technologie, de l’innovation, et des activités tournées vers la mer. Prochain rendez-vous du 4 au 6 février 2020 à Marseille !

Animation de la filière

Zoom sur FOWT, le plus grand événement mondial dédié à l'éolien en mer flottant, co-organisé par FEE.

Depuis 2013, le Pôle Mer Méditerranée et la Chambre de Commerce et d'Industrie Marseille Provence co-organisent annuellement les Rencontres Scientifiques et Technologiques de l'Eolien Offshore Flottant contribuant à l'émergence de la filière. Depuis 2016, cette conférence se nomme désormais FOWT (Floating Offshore Wind Turbines) et France Energie Eolienne en est co-organisatrice.

FOWT présente une triple ambition : accélérer la part de l'éolien flottant dans le mix énergétique mondial ; soutenir la structuration d'un écosystème et encourager les échanges entre acteurs de la chaîne de valeur ; faire de FOWT la vitrine du savoir-faire international de l'industrie éolienne en mer flottant. FOWT 2020 se tiendra du 22 au 24 avril 2020 à Marseille.

FOWT 2020 se tiendra du 22 au 24 avril 2020 à Marseille.

65

Quelles thématiques ?

Financement, assurances, zoning, cadre réglementaire, impacts environnementaux, innovations technologiques...

Toutes ces thématiques sont abordées pendant les jours de conférences pour décrypter les enjeux liés à l'émergence et à l'industrialisation de l'éolien en mer flottant en France et dans le Monde.

Le meilleur de la science & le meilleur de la technologie

Afin d'assurer un programme varié et pertinent au cours des 3 jours, le comité d'organisation lance chaque année un « call for papers ».

Parmi les intervenants de l'édition 2019 : Giles Dickson (WindEurope), Laurent Michel (Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire / DGEC), et d'autres grands acteurs du marché comme Ideol, PPI, SBM Offshore, EDF EN, Equinor, Shizen Energy, Engie, Naval Energies, The Carbon Trust, Siemens Gamesa...

Informations sur www.fowt-conferences.com.

Eléments clés de l'événement (bilan édition 2019) :

Quatre régions partenaires : La Région Occitanie, la région Sud-Provence-Alpes-Côte d'Azur, la Région Bretagne et la Région Pays de la Loire • + de 40 sponsors & partenaires industriels et institutionnels • 2 journées de Conférences plénières • 1 journée académique • 810 participants • 28 nationalités représentées • 500 rendez-vous BtoB / Meet the Buyers

Animation de la filière

Zoom sur le pôle Neopolia EMR

Raccordé à Saint Nazaire, Neopolia EMR fédère plus de 100 entreprises industrielles qui unissent leurs savoir-faire pour répondre de façon innovante aux besoins du marché des énergies marines renouvelables (EMR). Neopolia EMR fait partie du réseau Neopolia composé de 6 clusters présents dans la région Pays de la Loire.

Ce cluster a pour missions de renforcer les partenariats avec les grands acteurs du marché EMR, la construction d'un réseau de compétences, l'animation de la filière EMR au sein de la région Pays de la Loire avec la mise en contact d'acteurs de la filière, le pilotage de projets R&D et la commercialisation d'offres industrielles globales et collaboratives.

66

Neopolia EMR propose plusieurs solutions intégrées au service des projets EMR notamment :

- Ingénierie développement de projets
- Support à l'installation en mer
- Opération & Maintenance
- System Health Monitoring
- Monitoring du béton en condition océanique

Neopolia EMR était partenaire de l'atelier Eole Industrie 2018, les 25 et 26 juin en Pays de la Loire sur le thème « Eolien terrestre et en mer : perspectives et innovations technologiques ». Il sera également partenaire du 10ème colloque national éolien de FEE.

Animation de la filière

Zoom sur le pôle Mer Méditerranée

La zone méditerranéenne est un gisement important d'énergie éolienne, encore inexploité en France. Cependant, la bathymétrie ne permet que l'exploitation offshore flottante de ces gisements.

Présent dans les régions Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur, Occitanie et Corse, le Pôle Mer Méditerranée intervient sur 6 Domaines d'Actions Stratégiques :

- Défense, Sécurité et sûreté maritimes
- Naval et nautisme
- Ressources biologiques marines
- Environnement et valorisation du littoral
- Ports, logistique et transports maritimes
- Ressources énergétiques et minières marines (englobant les problématiques de l'éolien en mer). Celui-ci se divise en
 - **36 projets éolien en mer flottant labellisés et financés**
- Avec un budget total de :
 - **138 M€ pour l'éolien flottant**

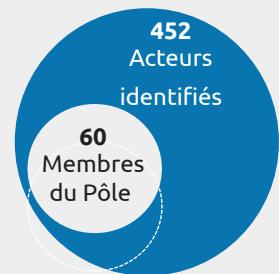
Et 3 axes transverses :

- Transition écologique,
- Transformation numérique
- Robotique

Sources : Pole mer méditerranée

Fort de 422 membres (Laboratoires, grands groupes, ETI et PME), le Pôle Mer Méditerranée a lancé en 2013 un travail de recensement des acteurs potentiels de la filière éolien flottant. Ce travail a permis d'identifier 452 acteurs potentiels dont 40 confirmés dans les régions Sud-Provence-Alpes-Côte d'Azur, Corse et Occitanie. 65 sont déjà membres du Pôle Mer Méditerranée.

Le Pôle Mer Méditerranée est par ailleurs **co-organisateur** **d e s r e n c o n t r e s internationales de l'offshore flottant (FOWT)**, avec la CCI Marseille-Provence et France Energie Eolienne.



Animation de la filière

Zoom sur : Pépinière Entreprises Energies Renouvelables (80)

La Pépinière d'Entreprises Energies Renouvelables, positionnée géographiquement sur les régions Hauts-de-France et Normandie, contribue par ses actions opérationnelles auprès des PME industrielles, produits et services, au développement des filières éoliennes on- et offshore et autres énergies marines renouvelables (EMR).

Animation de la plateforme d'intermédiation donneurs d'ordre/preneurs d'ordre CCI Business EnR

- 1970 membres sur l'éolien posé, flottant, le marémoteur et l'hydraulien
- Actif sur l'ensemble de la façade maritime continentale française
- Co-organisation d'événements B-to-B sur les territoires, co-élaboration et publication d'appels d'offres (AMIs), cartographie des entreprises locales par famille technique....

Accompagnement à la diversification dans l'éolien et les EMR

Accompagnement expert personnalisé de PME industrielles de Normandie et Hauts-de-France, à partir de la pépinière d'Oust-Marest (Somme / Seine-Maritime), dont 25 entreprises locales via le dispositif Windustry, auprès des donneurs d'ordres, en France et en Europe, notamment à l'occasion de Salons internationaux (Windenergy Hambourg (28-29 septembre 2016, Offshore Wind London (6-8 juin 2017))

Des entreprises éoliennes présentes à la Pépinière EnR

- | | |
|------------------|---|
| • Enercon : | Base de services éolien terrestre |
| • Energie Team : | Développement et exploitation de parcs éoliens terrestres |
| • Réseau Jade : | Formation et prestations travaux en hauteur Protection anti-chutes, EPI |

Co-organisation et co-animation d'événements d'ampleur nationale ou interrégionale sur l'éolien

Journée FEE/Eole Industrie à la CCI de Région à Lille (23 juin 2015) et Journée technique exploitation-maintenance à la Pépinière EnR (3 novembre 2015)

- Rencontres Windustry France 2010 (Oust-Marest), 2011 (Amiens), 2013 (Le Havre)...
- Conventions internationales EMR SEANERGY au Havre (21-24 mars 2017), Cherbourg (12-14 juin 2018), à Dunkerque (5-7 juin 2019)
- Journée d'affaires éolien offshore avec 15 donneurs d'ordres internationaux et 50 entreprises régionales à la CCI à Dunkerque (8 novembre 2017)
- Journée entreprises CUD/Dunkerque Promotion de sensibilisation aux EMR au Pavillon des Maquettes à Dunkerque (4 avril 2019)

Animation de la filière

Zoom sur : L'Ecole Centrale de Nantes et la plateforme SEM-REV

L'Ecole Centrale de Nantes fait partie des **principaux acteurs académiques** français spécialisés sur **les Energies Marines Renouvelables (EMR)** et elle compte ainsi un ensemble de formations à tout niveau qui leur sont dédiées et notamment en ingénierie. **SEM-REV** est une plateforme océanique gérée par le laboratoire LHEEA et destinée aux projets de R&D. **C'est le 1er site européen d'essais en mer combinant plusieurs technologies**, en lien avec les énergies éoliennes en mer et de la houle, il dispose également d'une connexion au réseau public d'électricité.

Ce projet est issu d'une réflexion de l'ECN, portant notamment sur la démonstration de l'éolien en mer en France. Les expérimentations liées à cette technologie ont été accompagnées selon un tryptique : modélisation sur ordinateur ; expérimentations en bassins en reproduisant vents et vagues sur des maquettes (par exemple d'éolienne), expérimentations à taille réelle avec une éolienne test au large.

69



Le site accueillant **FLOATGEN**, la première éolienne offshore de France (en production depuis septembre 2018), est localisée dans une zone réservée d'1 km² au large du Croisic en Région Pays de la Loire. Elle est reliée par un hub sous-marin et un câble à une station électrique et raccordée au réseau moyenne tension d'Enedis. Une base de recherche terrestre héberge également chercheurs et ingénieurs.

Les activités menées sur le site sont notamment :

- **l'exploitation et la maintenance** de l'éolienne offshore test.
- **la réception de données** d'études météocéaniques.
- **l'étude de l'impact environnemental** des EMR concernées (sur la faune, les transports sédimentaires...).
- **la résistance de ces technologies EMR** en milieu marin.
- **la sécurité et la surveillance** de l'espace maritime.

Les emplois éoliens

E. Vision prospective sur le
marché de l'emploi de l'éolien

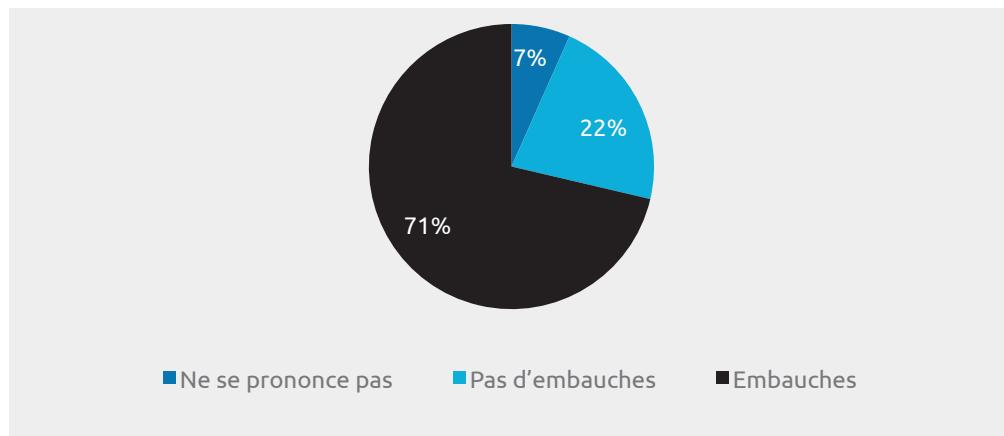
70

Vision prospective

Plus de 70% des acteurs envisagent de recruter en 2019

En parallèle du recensement, une enquête a été menée par France Energie Eolienne pour connaître les perspectives d'embauches en 2019 ainsi que les compétences souhaitées. Sur la base de ces réponses, une estimation a été faite de ce que pourrait représenter les recrutements en 2019.

Les emplois éoliens liés aux activités d'études et développement par rapport aux emplois du secteur tertiaire marchand

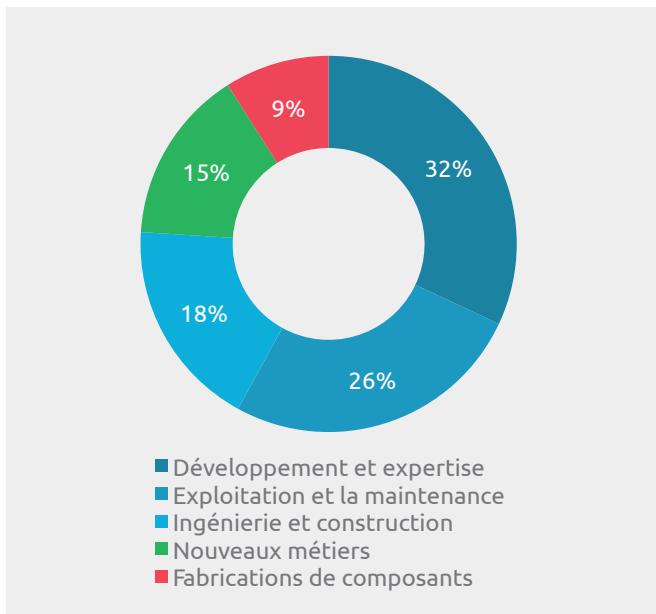


Echantillon de 150 sociétés représentatives du secteur, sur la période d'avril 2019 à juin 2019

Vision prospective

...majoritairement pour des emplois de maintenance et de développement mais aussi des nouveaux métiers

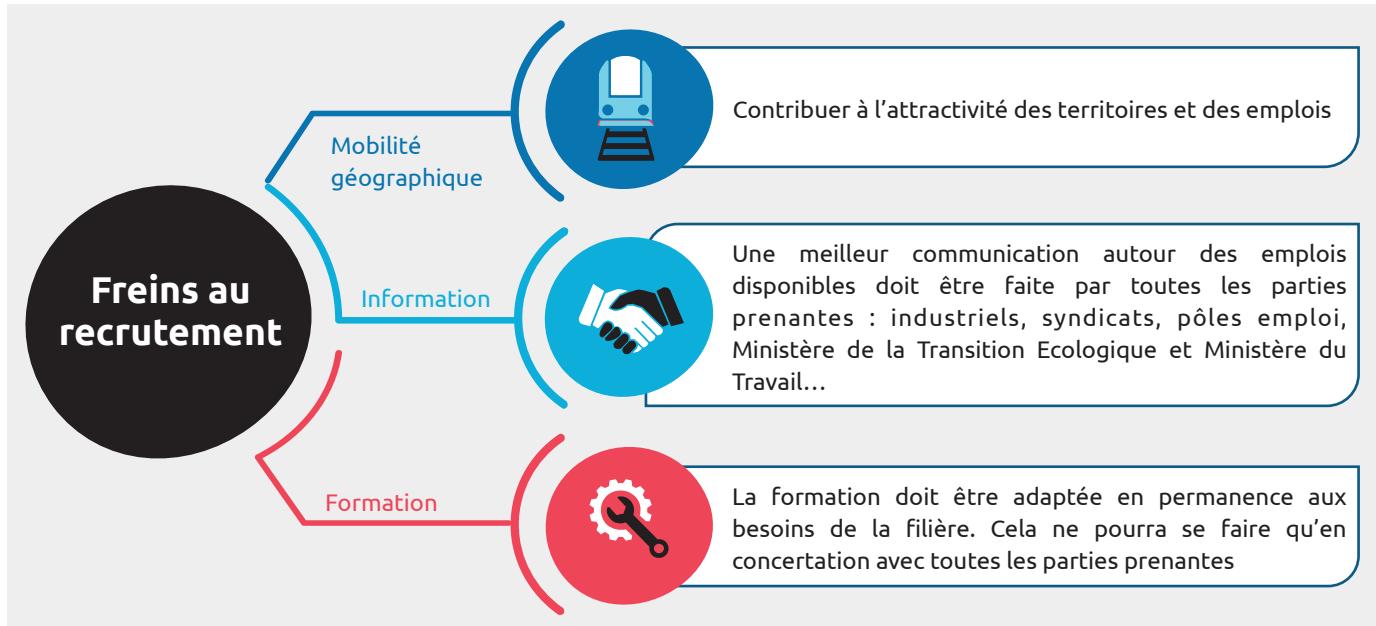
Répartition des projections d'emplois 2019



- **L'exploitation et la maintenance** représentent un gros vivier d'emplois dans les territoires, non-délocalisables et sur la durée de vie des installations
- Le dynamisme de la filière permet d'anticiper de nombreux projets notamment dans l'éolien en mer. Cela implique de nombreux recrutements dans le secteur du **développement de projets** mais aussi dans de nombreux cabinets **d'expertise et de recherche** autant techniques que juridiques
- Le secteur de l'**ingénierie et de la construction** bénéficie des nombreux projets approuvés et dont la construction se fait actuellement, notamment en région et sur le littoral
- Le secteur de la **fabrication de composants** croît de façon stable depuis quelques années et devrait suivre le même chemin
- Enfin, les nouveaux modèles d'affaire et la digitalisation vont nécessiter de **nouveaux métiers** tels que ingénieur financier, agrégateurs, data analyst, smart grids, développeurs informatique...

Vision prospective

De nombreux emplois restent à pourvoir dans l'éolien, notamment dans le développement et la maintenance



La dernière conférence d'EOLE Industrie portait sur cette problématique

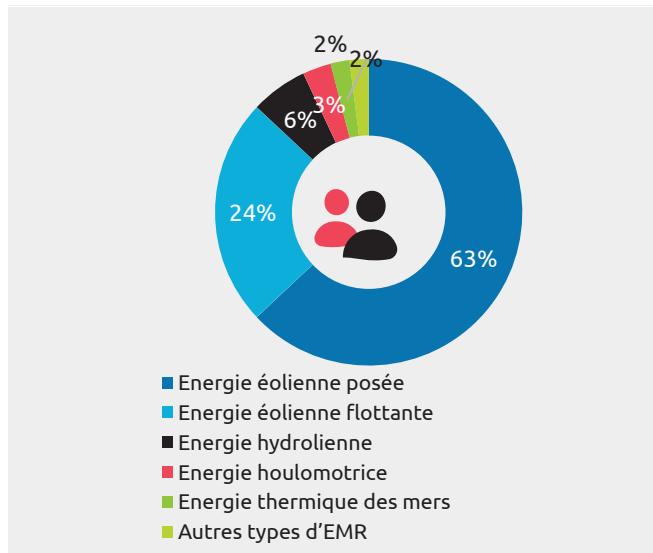
Les emplois éoliens

F. Focus sur l'observatoire des énergies de la mer

74

Focus sur l'observatoire des énergies de la mer

Les emplois de l'éolien en mer et sa place dans les EMR



Source : Observatoire des énergies de la mer 2019

*Les chiffres sont une extrapolation des chiffres de l' Observatoire des énergies de la mer 2019 et non directement les chiffres du rapport.

Fin 2018, le nombre **d'ETP pour l'éolien en mer** représentait **87% de l'ensemble des ETP sur les EMR**, soit **1 814 ETP*** (dont 63% pour l'éolien posé et 24% pour l'éolien flottant, soit 1 313 ETP pour l'éolien posé et 501 ETP pour l'éolien flottant).

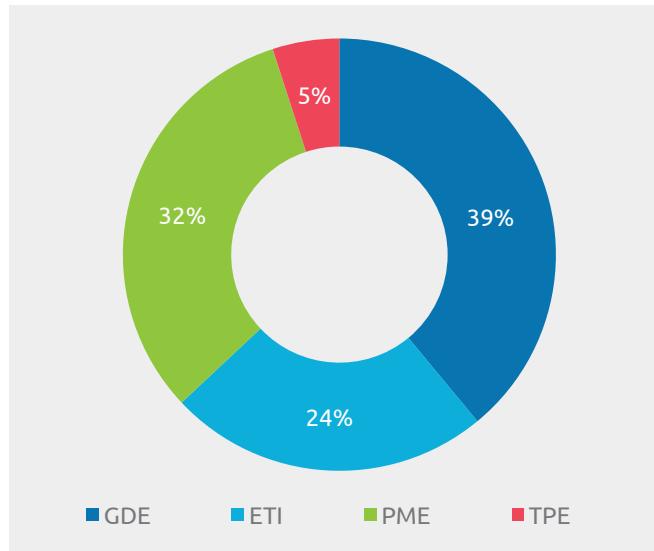
Ces ETP sont en baisse par rapport aux chiffres de fin 2017, avec une perte de 318 ETP pour l'éolien posé et de 55 ETP pour l'éolien flottant. La part relative des emplois consacrés au marché de l'éolien augmente pour la troisième année consécutive malgré la baisse du nombre d'emplois. Cela est du à un repli des emplois dans l'hydraulique.

Parmi toutes les technologies marines, l'énergie éolienne est la **principale source de chiffre d'affaires** en France. L'éolien en mer reste en outre la technologie qui concentre la plus grande part d'investissement dans les EMR avec 95% de l'investissement total.

Focus sur l'observatoire des énergies de la mer

Répartition des ETP sur l'éolien en mer par taille d'entreprise

Répartition des ETP selon la taille des entreprises

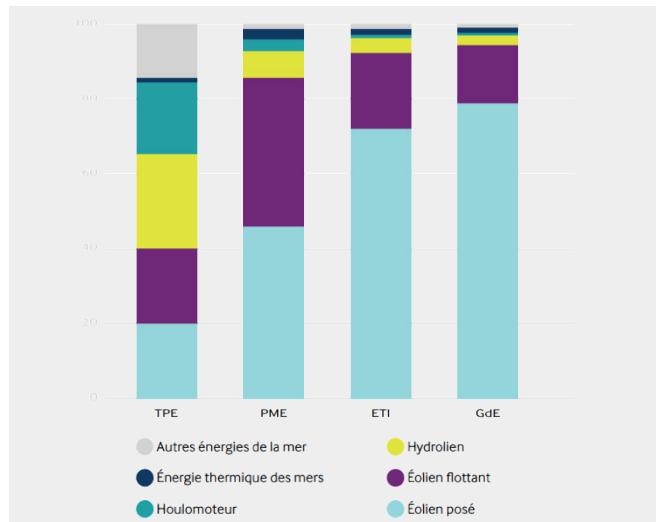


«La filière éolienne en mer touche l'ensemble des entreprises françaises, de la très grande entreprise à la startup en passant par la PME locale»

Source : Observatoire des énergies de la mer 2019

Focus sur l'observatoire des énergies de la mer

Répartition des ETP sur l'éolien en mer par taille d'entreprise



Plus de **90% des embauches en 2018 par les grandes entreprises (GdE) et les ETI concernent l'éolien en mer** – dont les trois-quarts sont pour l'éolien posé. Cet engouement des grandes entreprises démontre la maturité de la filière éolienne en mer et la confiance des entreprises sur la croissance du marché.

A l'inverse les très petites entreprises (TPE) sont peu présentes dans l'éolien posé, notamment du fait de l'importance des capitaux requis pour rentrer dans l'industrie. Les TPE sont plus exposées aux filières émergentes telles que l'hydraulien et le houlomoteur, dans lesquelles de nombreuses innovations sont le fait de startups.

Enfin les PME sont fortement présentes sur l'éolien flottant, signe des progrès faits par la technologie

Source : Observatoire des énergies de la mer 2019

Focus sur l'observatoire des énergies de la mer

Répartition des ETP sur les énergies maritimes en France



Source : Observatoire des énergies de la mer 2019

Les emplois en France tournés vers les énergies maritimes sont en baisse entre 2017 et 2018.

De manière globale **les ETP sont en baisse dans toutes les régions** en particulier dans celle **des Pays de la Loire**. La région enregistre la plus forte baisse avec près de la moitié des ETP **perdus** soit **591 ETP** en moins. Ces diminutions sont dues notamment aux baisses d'activités dues par exemple aux livraisons de projets de « chantiers de l'atlantique» ou chez GE. L'activité devrait reprendre en 2019 dans la région avec le début de la construction du parc d'éolien en mer de St Nazaire.

L'**Île-de-France** et les **Hauts-de-France** enregistrent également une **perte** de respectivement **21 et 42 ETP**.

Des **progressions** sont en revanche à noter dont celle de la région **Normandie** qui enregistre un gain de **81 ETP**.



79

LES EMPLOIS

Les enjeux de l'éolien

81

Introduction aux grands enjeux

L'éolien est au cœur de nombreux enjeux



Les nouveaux modèles d'affaires



L'intégration dans le réseau



Le stockage

L'économie circulaire



Le démontage



Le renouvellement des parcs



Le recyclage



Intégration dans l'environnement



L'adhésion

La compétitivité



La digitalisation



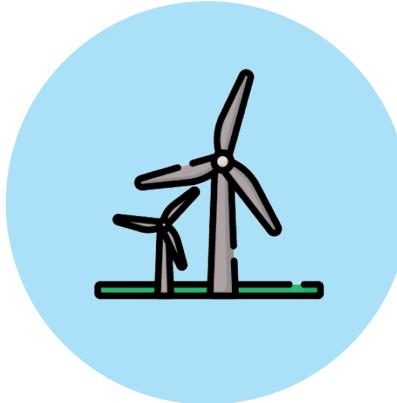
La R&D



L'innovation



La formation



Les enjeux de l'éolien

83

A. L'adhésion des français à l'éolien

L'adhésion des Français à l'éolien

Méthodologie de l'enquête sur l'adhésion des Français

Une étude Harris Interactive, publiée en octobre 2018, a été menée pour connaître les perceptions de l'énergie éolienne et des parcs éoliens par les Français.

Cette étude est fondée sur **deux enquêtes** :

- Une première enquête « **Grand Public** », conduite en ligne, du 25 au 27 septembre 2018 sur un échantillon de 1091 personnes représentatif des **Français** (de 18 ans et plus).
- Une seconde enquête « **Riverains** », conduite par téléphone du 24 septembre au 2 octobre 2018, sur un échantillon de 1001 personnes représentatif des **Français habitant à proximité d'une éolienne** (à moins de 5 km).

84

Cette étude est fondée sur **deux méthodes** :

- Méthode des quotas et redressement appliqués aux variables suivantes : sexe, âge, catégorie socioprofessionnelle et région de l'interviewé(e).
- Méthode des quotas et redressement appliqués aux variables suivantes : sexe, âge, catégorie socio-professionnelle, région, habitant d'une commune hébergeant une éolienne / située à moins de 5 km d'une éolienne.

Source : Harris Interactive – Octobre 2018

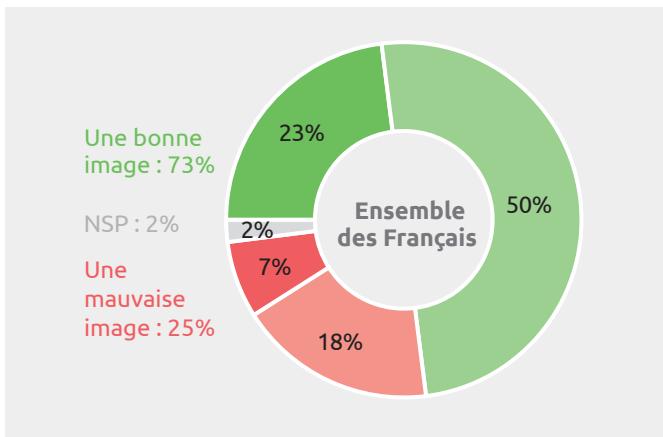
L'adhésion des Français à l'éolien

L'éolien est perçu positivement en France et en particulier chez les riverains

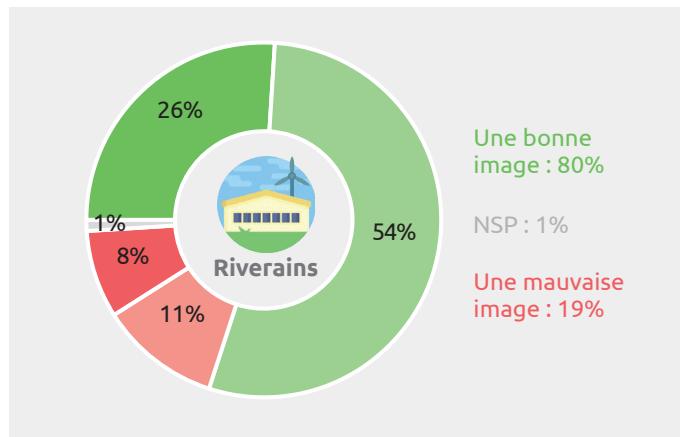
8 Français sur 10 se déclarent **inquiets du réchauffement climatique** et de ses conséquences.

9 Français sur 10 estiment que la **transition énergétique** constitue un **enjeu important** pour la France aujourd'hui.

Par région, la perception de l'éolien chez les riverains varie de **74%** d'opinion positive dans les **Hauts-de-France** à **89%** en **Normandie**

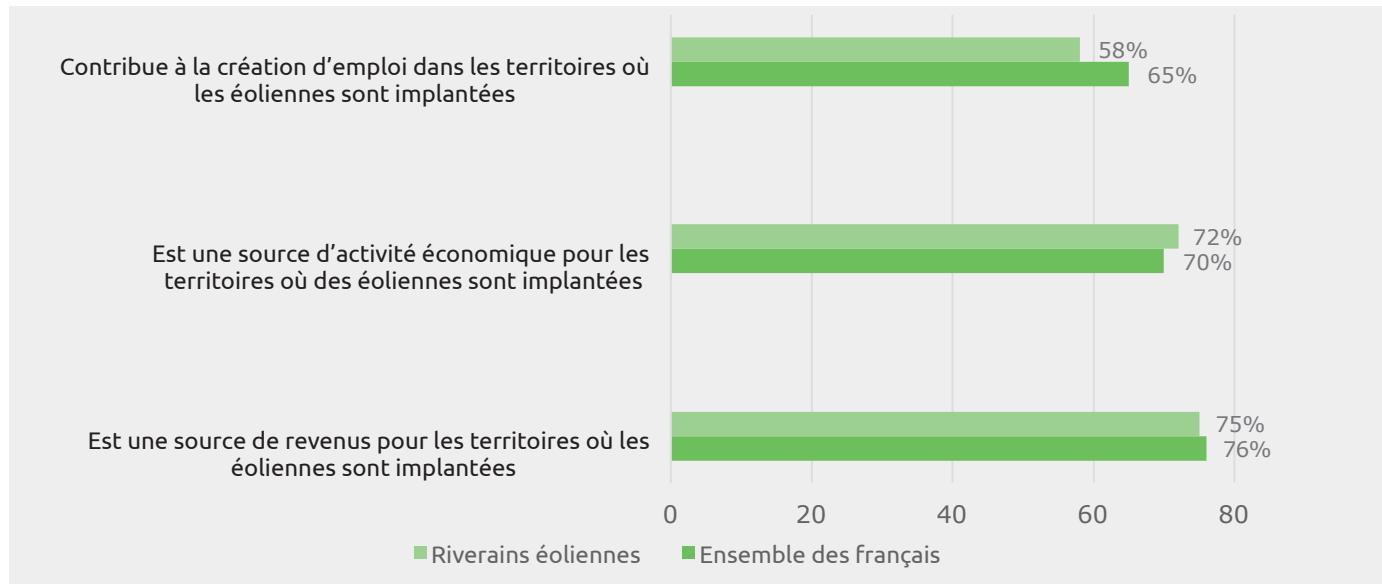


Source : Harris Interactive – Octobre 2018



L'adhésion des Français à l'éolien

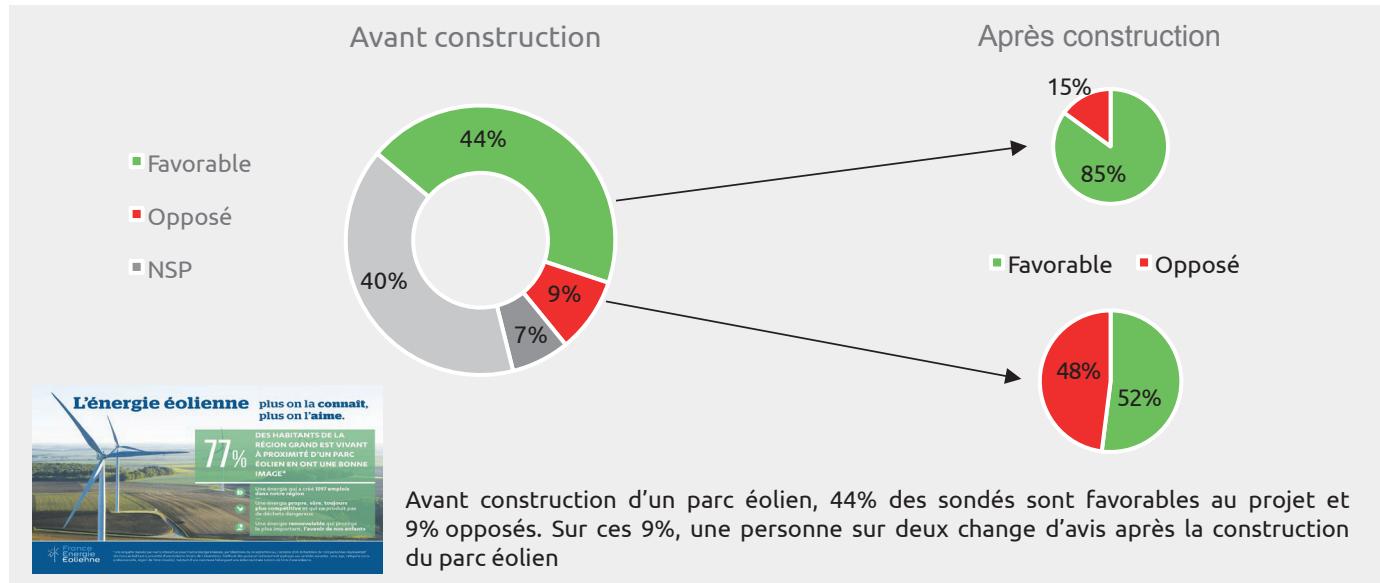
Des retombées économiques des parcs éoliens dans les territoires perçues positivement



Source : Harris Interactive – Octobre 2018

L'adhésion des Français à l'éolien

Une personne sur deux opposée à la construction d'un parc éolien change d'avis *a priori* après sa réalisation



Source : Harris Interactive – Octobre 2018

Les enjeux de l'éolien

88

B. Compétitivité

Compétitivité – La R&D

L'éolien en mer renforce l'effort de R&D, positionnant la filière française comme acteur clé dans un environnement international

Le développement de l'éolien en mer renforce les efforts de R&D des acteurs français sur des problématiques de conception de systèmes, permettant à ces derniers de viser les places de leaders, sur un périmètre international. Les activités de R&D Onshore se focalisent plutôt sur la performance des machines et les parcs.

Sur terre

- Des enjeux de performance dans l'exploitation et la maintenance des parcs éoliens
- Prévision du potentiel : Lidars (Léosphère), outils de simulations court-moyen terme (Météodyn, Mines ParisTech)
 - Gestion des énergies variables et prédictibles
 - Pertes aérodynamiques (Polytech Orléans)
 - Interaction radars (ONERA)
 - Augmentation de la taille des rotors et mâts (EOLIFT / INSA Rouen)
 - Travail de R&D pour réduire les coûts en matières premières

En mer

- Des enjeux de conquête de marchés en concevant les futurs systèmes éoliens (dont flottant)
- Association de compétences navales / Oil&gas
 - Structures et conditions marines Impact des fondations (Univ. du Havre, de Caen)
 - Vieillissement des matériaux (IRT Jules Vernes...)
 - Outils de simulation (IFPEN, CORIA...)
 - Analyse des phénomènes couplés, nécessitant des moyens d'essais (bassins et souffleries, avec le projet VALEF de FEM...)

Les activités de R&D rassemblent acteurs publics et privés autour de projets de recherche. En particulier, grâce au budget de 67Mds€ des Programmes d'Investissements d'Avenir (dont 57 Mds€ sur la période 2010-2017 et 10 Mds€ pour le Pl.A. 3 initiés en février 2017), dont une partie est dédiée à la transition énergétique, l'ADEME constitue un catalyseur significatif pour diminuer le risque des projets au stade de démonstrateurs en attribuant des fonds.

Compétitivité – la R&D

La dynamique de l'éolien favorise l'arrivée de nouveaux entrants, force d'innovation sur les marchés existants et futurs

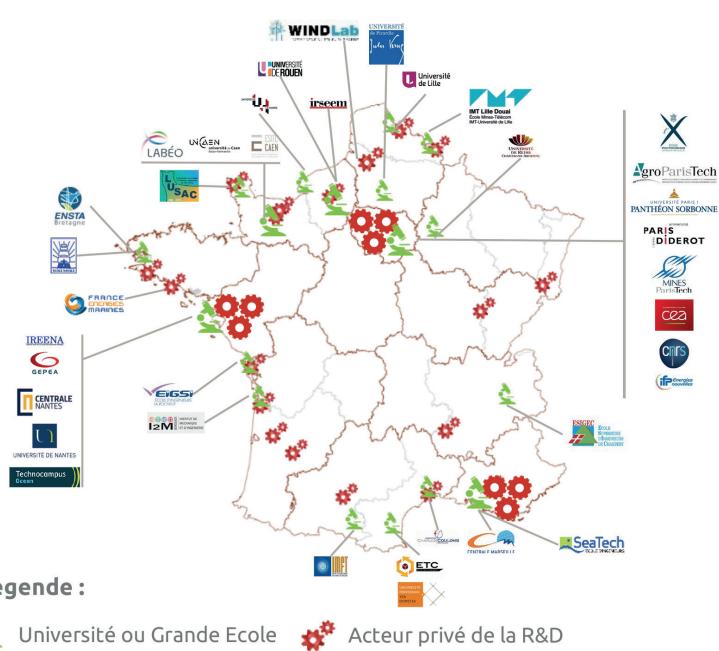
Des entreprises allant de la start-up au grand groupe intègrent le marché de l'éolien, tant pour apporter de nouvelles solutions innovantes et variées que pour se positionner comme acteur majeur de la filière. L'appui sur du transfert de savoir-faire et de technologies est fréquent.

CHOMARAT	Renforts composites pour la fabrication de pales / Technologies Aéronautiques
	Inspection et suivi du vieillissement des pales / Technologies Spatiales
	Conseil, études et expertise pour des centrales éoliennes performantes
	Développement de flotteurs pour le marché offshore
	Développement de technologies pour l'éolien flottant / Technologies Marines
	Mesure des profils de vitesse du vent par lidar / Technologies Aéronautiques
	Développement de solutions pour l'éolien flottant / Technologies Marines
	Éoliennes à attaque directe et aimants permanents / Technologies Transport par Câble
	Développement de technologies radar / Technologies Aérospatiales
	Développement de couronnes de pales et de tours
CHANTIERS DE L'ATLANTIQUE	Développement de sous-stations électriques / Technologies Marines



Compétitivité – la R&D

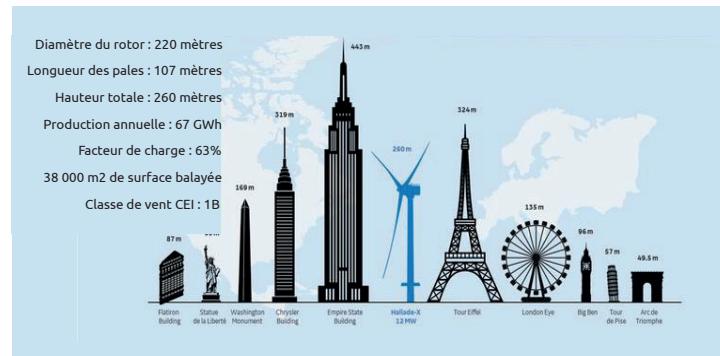
Cartographie des acteurs de la R&D



Compétitivité – la R&D

GE Renewable Energy construit l'éolienne en mer la plus puissante du monde en France

GE Renewable Energy a annoncé le 1er mars 2018 la construction de la plus puissante et performante éolienne offshore jamais conçue : l'**Haliade-X**. Cette éolienne, avec un générateur à entraînement direct de **12 MW**, produira plus d'énergie par rapport aux turbines existantes sur le marché. Une unité produira 67 GWh d'électricité par an, de quoi alimenter **16 000 foyers et économisera 42 M de tonnes de CO₂/an**, équivalent aux émissions générées par environ 9 000 véhicules pendant 1 an.



GE Renewable Energy investit **plus de 400 millions de dollars en France**. Environ 60 millions de dollars sont investis dans l'adaptation de l'usine de fabrication de nacelles et générateurs à Saint-Nazaire. De plus, 100 millions de dollars sont investis dans l'usine de pales d'éoliennes en mer de Cherbourg de LM Wind Power, filiale de GE Renewable Energy.

Compétitivité – la digitalisation

La digitalisation est un outil de compétitivité dans la gestion des actifs éoliens



Amélioration de la productivité :

- Permet une analyse globale des performances du parc éolien
- Optimise la distribution sur le réseau
- Permet la valorisation de l'énergie éolienne au travers de stratégies de trading basées la data et le Machine Learning



Diminution des coûts :

- Diminue le nombre d'arrêts non planifiés
- Réduit le nombre d'interventions d'urgence
- Favorise une stratégie de maintenance
- Optimiser la productivité de la main d'œuvre



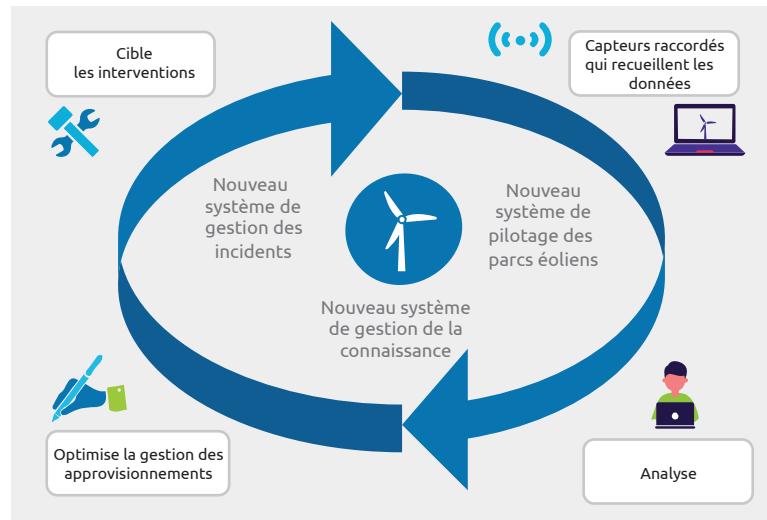
93

Compétitivité – la digitalisation

Un exemple de projet de digitalisation : Predict-to-Prevent, Nordex

Description du projet

Le projet "Predict to Prevent" permet d'**analyser les probabilités de pannes des composants**. Ce programme propose des solutions intelligentes reposant sur du machine learning et de l'intelligence artificielle. Ces solutions surveillent l'état des composants et préviennent les techniciens en cas d'anomalie. La réactivité et les délais d'interventions réduits permettent une diminution des coûts opérationnels.



« Des pertes de production réduites pour les clients, des coûts opérationnels réduits pour Nordex », Nordex 2019

Compétitivité – Innovation

L'éolien couplé aux bornes de recharge de demain

Une infrastructure de charge à haute puissance accessible constitue une étape importante pour rendre la mobilité électrique viable au quotidien dans les dix prochaines années.

Enercon a développé des systèmes de recharges rapides pour véhicules électriques composés d'une source d'énergie éolienne, d'un conteneur permettant le stockage et la conversion de l'énergie ainsi que de bornes de recharges.

Autre avantage, la solution de recharge permet de contribuer à la stabilité du réseau en échangeant de la puissance réactive durant les opérations de recharge. Il s'agit là d'un facteur important pour permettre le développement de telles infrastructures de charge rapide.



Compétitivité - Innovation

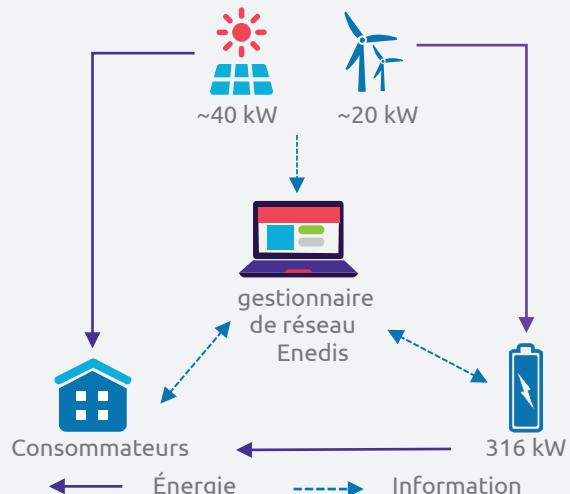
L'éolien au cœur des micro-réseaux

Le **micro-réseau ou microgrid** est une version réduite d'un réseau électrique classique. L'énergie alimente directement d'un groupe d'utilisateurs au départ d'une production locale. Il est généralement lié au réseau général mais seulement en un point qui agit comme un interrupteur. Il peut alors être déconnecté et devenir autonome complètement. Pour pouvoir fonctionner, un micro-réseau doit comporter trois éléments indispensables :

- une installation de **production d'énergie locale** : panneaux photovoltaïques, éoliennes, cogénération, pompe à chaleur, centrale biomasse, turbine hydro-électrique et, en plus, un système de production de secours (groupe électrogène).
- un **système de stockage** : batteries, réserve d'eau pour pompage-turbinage et dans l'avenir, supercondensateurs et stockage chimique de chaleur latente ;
- un **système de gestion intelligente** pour assurer l'équilibre constant entre production et demande d'électricité

Source : Bretagne Economie

Saint-Nicolas-des-Glénans est une île de l'archipel des Glénans qui reçoit 1 000 à 1 500 visiteurs par jour en été. Un micro-réseau est mis en place par Enedis pour 250 000 € afin d'assurer le 100% renouvelable pour l'île d'ici 2021



Compétitivité – l'innovation

Blade Asset Management de Vestas et l'inspection par drone

Les inspections régulières des pales sont essentielles pour l'industrie éolienne, tant pour la performance des actifs que pour la maîtrise du budget d'exploitation et de maintenance.

Solution

En 2019, Vestas a lancé **Blade Asset Management (BAM)**.

Accessible sur **VestasOnline®**, BAM donne une vue globale par flotte ou par parc sur l'état des pales répondant à l'objectif de toujours maximiser la performance et la durée de vie des éoliennes.

Les informations sur l'état des pales sont collectées à partir d'inspections par **drone**, prenant jusqu'à 200 photos par inspections par turbines. Le temps d'inspection est minimisé en utilisant ce moyen. **En 2019, plus de 750 inspections sont réalisées en France par ce biais.**

Les défauts sont pré-classés par **intelligence artificielle**, puis revus par les équipes de maintenance de Vestas, l'objectif étant de mettre à disposition ces informations par le portail BAM ou par le biais de rapports sous Vestas Online très rapidement après les inspections.



« Le temps d'arrêt est minimisé tout au long de la vie de l'éolienne, grâce à un processus global optimisé d'inspections et de planification des réparations. »



VestasOnline est la collection d'applications numériques Vestas, conçue pour rendre plus facile et plus rentable l'exploitation d'un portefeuille d'éolienne.

Les enjeux de l'éolien

98

C. Intégration dans le réseau

Intégration dans le réseau – À tous les échelons

Enedis et RTE préparent les réseaux du futur, capables d'accueillir d'ici 2035 cinq fois plus de renouvelables qu'aujourd'hui

Les pages suivantes ont été élaborées en collaboration avec Enedis, opérateur français de réseaux publics de distribution d'électricité et RTE, gestionnaire du réseau public de transport d'électricité.

Enedis et RTE sont engagés depuis plusieurs années dans une démarche d'adaptation profonde de leurs réseaux afin d'accueillir les nouvelles installations de production d'électricité dont l'éolien tout en garantissant la sécurité et la sûreté du système électrique.

Les opérateurs se mobilisent pour accueillir les énergies renouvelables dans le réseau actuel et investissent à long terme pour développer un réseau capable d'intégrer des quantités croissantes d'électricité renouvelable. **D'ici à 2035, les réseaux électriques devront être capables d'accueillir 5 fois plus d'éolien et de solaire qu'aujourd'hui.** Pour faire face à ce challenge, Enedis et RTE se mobilisent notamment autour de **trois axes :**

- Des expérimentations de terrain permettant de tester des solutions innovantes et flexibles nécessaires à l'accueil des EnR :
- La planification pour anticiper l'accueil des EnR par les réseaux
- L'évolution du cadre réglementaire



Intégration dans le réseau – À tous les échelons

L'accueil des EnR se prépare à tous les échelons des territoires...



Une présence au niveau local afin de réaliser les **travaux de raccordement**, de favoriser le **dialogue avec les collectivités** et contribuer aux phases de **concertation** sur les projets ancrés localement



Une présence au niveau régional notamment dans l'élaboration des **Schémas Régionaux de Raccordement au Réseau des Énergies Renouvelables** (S3REnR) et leur mise en œuvre.

100



Une présence au niveau national dans les réflexions menées par **l'Etat** et la Commission de Régulation de l'Energie (CRE) sur l'accueil des EnR : au travers notamment de la **concertation** pour l'implémentation à l'échelle de la France des **codes de réseaux** européens et des **groupes de travail autour de la Transition Energétique**.



Une présence au niveau européen (interconnexions, codes réseaux, etc.) grâce à des contributions dans l'élaboration des **directives européennes** qui structurent l'arrivée des EnR dans les réseaux

Intégration dans le réseau – À tous les échelons

... ainsi que pour différents horizons temporels

Le développement du réseau de transport se fait sur la base d'études technico-économiques, à différents horizons de temps. Pour réaliser ces études, il est nécessaire d'avoir une vision prospective de l'évolution des grands déterminants pour le réseau : la consommation d'électricité, le mix énergétique français, avec en particulier le développement de la production d'énergies renouvelables et les échanges internationaux.

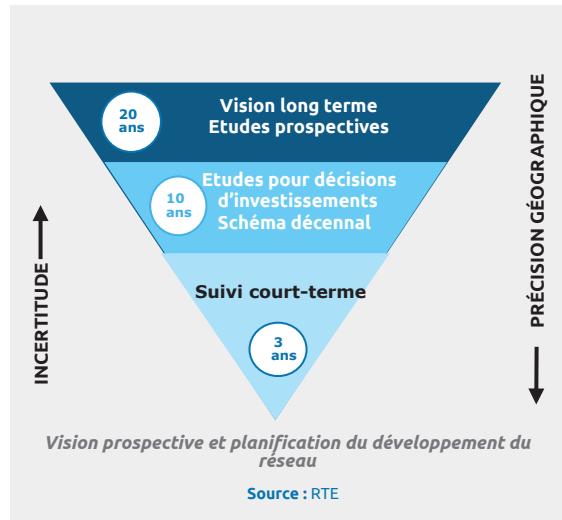
La vision prospective est ensuite affinée au fur et à mesure des études plus approfondies menées sur les projets, en prenant en compte des hypothèses de plus en plus précises sur l'évolution des déterminants.

L'ensemble de ces études s'appuie sur les exercices de la Programmation pluriannuelle de l'énergie, le Bilan prévisionnel, les Schémas régionaux de raccordement au réseau des énergies renouvelables (S3REnR) le plan décennal de développement du réseau européen (TYNDP) et le Schéma décennal de développement du réseau (SDDR).

Le **Bilan prévisionnel** de RTE est une étude approfondie de l'évolution de la production et de la consommation d'électricité et des solutions permettant d'en assurer l'équilibre, selon plusieurs scénarios d'évolution du mix énergétique.

Le **Schéma décennal de développement du réseau** établi par RTE est un document qui englobe et synthétise les visions court-terme, moyen-terme et long-terme de l'évolution du réseau de transport français (voir pages suivantes).

Enfin, les **S3REnR** permettent d'identifier et d'anticiper les besoins sur le réseau pour accueillir les ambitions de développement EnR régionales fixées par le préfet de région, à un horizon de 10 ans (voir pages suivantes).



Intégration dans le réseau – À tous les échelons

Le schéma décennal de développement du réseau (SDDR) permet l'anticipation des besoins du système électrique de demain

Le SDDR est une mission confiée à RTE par la loi depuis 2011. Il éclaire les diverses parties prenantes sur les conséquences techniques, économiques et environnementales de l'évolution du réseau électrique, selon différents scénarios de politiques énergétiques à différents horizons :

- **à 3 ans** : il répertorie les investissements déjà décidés ainsi que les nouveaux investissements qui doivent être réalisés dans les trois ans
- **à 10 ans** : il mentionne les principales infrastructures de transport qui doivent être construites ou modifiées, en fournissant un calendrier de tous les projets d'investissements
- **à plus long terme** : il fournit une vision stratégique et prospective de l'évolution globale du réseau jusqu'à 2035, en évaluant les impacts économiques et environnementaux des différents scénarios du Bilan Prévisionnel et de la PPE. Ces travaux mettent notamment en lumière le fait que les besoins d'adaptations du réseau de transport seront largement déterminés par le rythme effectif de développement des énergies renouvelables, et restent du second ordre par rapport au coût global de la transition énergétique.

Pour la réalisation de ce dernier volet, RTE a souhaité associer de manière élargie les parties prenantes à l'élaboration du schéma 2019, via une consultation formelle au mois de mai 2018.

Intégration dans le réseau – À tous les échelons

Les S3REnR permet de mieux raccorder les énergies renouvelables

Les S3REnR, institués par la loi « Grenelle II », sont des outils de planification des réseaux élaborés par RTE, avec l'appui des gestionnaires de réseaux de distribution, dont Enedis. Ils permettent d'anticiper les besoins en capacités d'accueil sur le réseau réservées aux énergies renouvelables et optimisent les évolutions des réseaux électriques en conséquence. Les S3REnR ont un triple enjeu : offrir une **visibilité** à moyen terme sur les capacités d'accueil des réseaux (d'ici 2020 pour les schémas en vigueur) ; **optimiser et anticiper** les développements nécessaires sur 10 ans et **mutualiser** les coûts entre producteurs pour ne pas faire porter l'ensemble des coûts d'infrastructures aux premiers projets EnR.

Les S3REnR sont entrés dans une nouvelle phase d'élaboration. En effet, conformément à l'ordonnance n°2019-501, les Préfets de chaque région fixeront les capacités d'accueil des nouveaux schémas pour l'horizon 2030 en tenant compte des objectifs nationaux de développement EnR définis par la PPE, des ambitions régionales définies dans les SRADDET (dont les premiers sont attendus courant 2019) ainsi que de la dynamique de développement des EnR dans la région.

RTE collabore d'ores et déjà avec les territoires pour l'élaboration de ces nouveaux schémas, en particulier sur les régions Nouvelle-Aquitaine, Grand-Est, PACA, Occitanie, Centre et Hauts-de-France car les S3REnR de ces régions sont proches du seuil de révision ou saturés. Sur d'autres régions très dynamiques en matière de développement EnR, les gestionnaires de réseau ont initié les travaux préliminaires à la révision avec les parties prenantes. En attendant l'approbation des schémas révisés, les gestionnaires de réseau mettent en œuvre les adaptations de schéma permettant de résorber les saturations locales identifiées sur les réseaux.

Intégration dans le réseau – À tous les échelons

A ce jour, les 21 S3REnR cumulent 28 GW de capacités d'accueil d'EnR sur le territoire...

Chiffres clés 2018

- L'ensemble des 21 schémas est en vigueur
- Rappel du cumul des ambitions EnR SRCAE (hors hydraulique historique) : **48,2 GW**
- Cumul des capacités d'accueil réservées aux EnR : **27,5 GW**

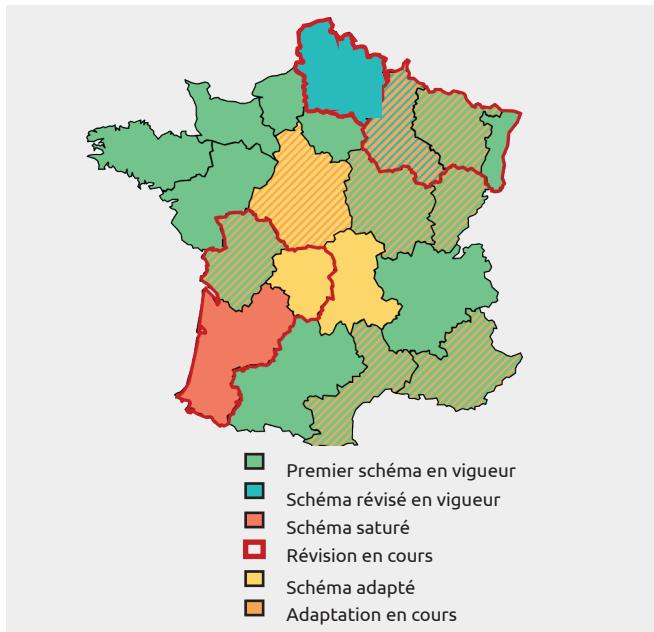
Montant total des investissements pour l'accueil des EnR dans les S3REnR à fin 2018

- Travaux sur le réseau d'Enedis : 143 M€ dépensés à fin 2018 en créations d'ouvrages et 27 M€ en renforcement
- Travaux sur le réseau de RTE : 127 M€ pour les créations d'ouvrages et 100 M€ pour les travaux sur le réseau existant



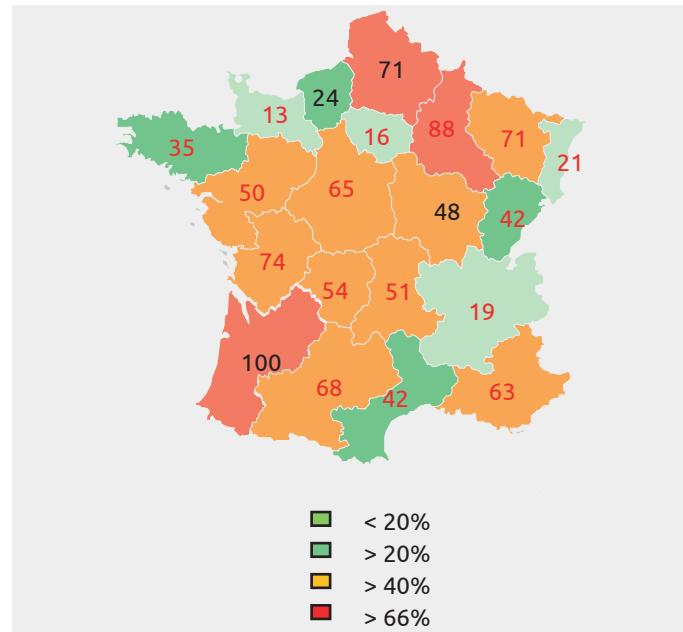
Intégration dans le réseau – À tous les échelons

... néanmoins, de fortes disparités subsistent dans l'utilisation des capacités d'affectation réservées à mi-année 2019



(1) : Source RTE

LES ENJEUX



Intégration dans le réseau – À tous les échelons

Le GT Anticipation S3REnR a pour objectif d'accélérer le raccordement

Un Groupe de Travail a été lancé en 2018 au sein du Comité des utilisateurs du réseau de transport d'électricité (CURTE) sur l'accélération et l'anticipation des adaptations du réseau nécessaires au développement des énergies renouvelables.

Deux réalisations concrètes issues de ce GT :

Elaboration d'une note de synthèse des propositions pour accélérer et anticiper les adaptations du réseau

- La principale proposition porte sur **l'anticipation des études et des procédures administratives** sur les ouvrages structurants (à délai de réalisation supérieur à 4 ans).

L'objectif est de réaliser un exercice prospectif périodique tous les 5 ans au maximum permettant, sur la base de gisements localisés par les fédérations de producteurs, d'identifier et concerter avec les parties prenantes les ouvrages structurants qui seront nécessaires au-delà du S3REnR en vigueur, puis lancer les études et procédures administratives de ces projets sans attendre la révision du schéma.

106

Mise en place d'une instance de suivi et d'amélioration des S3REnR

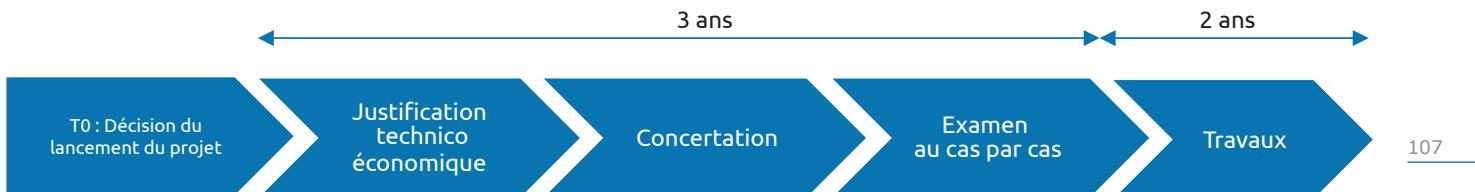
- Cette instance regroupant **les fédérations de producteurs, les gestionnaires de réseaux, les services de la CRE et de la DGEC** s'est réunie pour la première fois en mai 2019.

L'objectif de cette instance de partager les visions régionales et nationale des S3REnR en vigueur, l'évolution des perspectives de gisements des énergies renouvelables, l'avancement des études et des procédures anticipées et de préparer des propositions communes pour améliorer la mise en œuvre des schémas.

Intégration dans le réseau – L'innovation

Les gestionnaires de réseau innovent pour accélérer le raccordement des énergies renouvelables

Aujourd'hui construire un poste source prend environ 2 ans (précédés d'une instruction de 3 ans). Enedis accélère la construction des Postes Sources avec le projet **Poste Source Express**



Un défi avec 36 Postes Sources à créer dans le cadre des S3REnR

→ **Performance industrielle Poste source express : 1 an**



Enedis s'est engagé dans une **transformation du processus de construction des postes sources** en choisissant **d'industrialiser et de standardiser** les composants essentiels de l'ouvrage pour réduire les délais de construction.

Le **PSE** est adapté au **déploiement accéléré en milieu rural** des capacités de transformation nécessaires à **l'accueil des énergies renouvelables** : jusqu'à un an de moins.

Préparer les réseaux du futur

RTE contribue activement au développement éolien en mer

Les objectifs de la filière éolien en mer sont définis dans la **Programmation pluriannuelle de l'énergie**. A l'occasion de la désignation du lauréat du parc éolien en mer au large de Dunkerque et au regard de la baisse des coûts de cette filière, le Gouvernement français a affiché la volonté d'accélérer le déploiement de l'éolien en mer avec une ambition de lancement et d'attribution de futurs projets à hauteur d'1 GW par an.

Les futurs projets bénéficient de nouvelles mesures d'**anticipation**, de **simplification** et de **dérisque** des projets dans l'intérêt de la collectivité, parmi lesquelles :

- Une procédure dite de « dialogue concurrentiel, qui simplifie la passation des marchés
- Le raccordement financé par RTE et couvert par le tarif d'électricité
- Une indemnisation des retards du raccordement et des avaries en exploitation
- Un permis enveloppe pour gagner en flexibilité
- Une planification spatiale maritime prenant en compte les capacités d'accueil à date du réseau de transport d'électricité

RTE se positionne au service d'un **développement ambitieux des énergies marines renouvelables** via :

- Une planification de long terme partagée avec les pouvoirs publics et les territoires pour anticiper et optimiser le dimensionnement du réseau, permettant :
 - La mutualisation du réseau public de transport en mer (« hub , de raccordement) pour baisser les coûts et les impacts
 - La standardisation de certaines infrastructures pour faire des économies d'échelles
- Le développement innovant de plateformes multi-usages au service des territoires et des parties prenantes
- La réduction des impacts socio-économiques et environnementaux des ouvrages

Intégration dans le réseau – L'innovation

Les Postes de Nouvelle Génération permettront d'accueillir jusqu'à 30% d'EnR supplémentaires à infrastructure équivalente

Poste Intelligent est un projet qui préfigure le réseau électrique de demain, au service de la transition énergétique. Ce projet permet, par l'apport de technologies numériques et optiques embarquées, d'optimiser les capacités du poste électrique, pièce maîtresse du réseau de transport d'électricité, afin de l'adapter au développement massif des énergies renouvelables. Les équipements mis en service durant ce projet ont permis de prouver la faisabilité du concept de poste électrique 100% numérique.

« Avec ce projet de poste électrique intelligent, RTE et ses partenaires ont un temps d'avance sur le marché. Dans le monde, plusieurs opérateurs de réseaux électriques mènent actuellement des tests, mais seulement sur certaines « briques technologiques, que nous comptons déployer »

Responsable du projet chez RTE

Les Postes de Nouvelle Génération favoriseront l'accueil des énergies renouvelables en permettant d'en accueillir jusqu'à 30% supplémentaire à infrastructure équivalente. Le monitoring généralisé des équipements de ces postes permettra également une anticipation bien plus fine des éventuelles avaries.

(1) Source : posteintelligent.com

« Au cœur d'un système électrique qui va évoluer plus fortement dans les cinq prochaines années que durant les cinquante dernières, RTE a l'ambition de devenir le premier réseau européen couplant électrique et numérique »

François Brottes,
Président du Directoire de RTE.

Ce concept de poste 100% numérique se concrétise aujourd'hui par l'industrialisation d'un nouveau type de poste électrique dit Poste de Nouvelle Génération. Le déploiement des 4 premiers exemplaires sur le réseau de transport se fera dans le cadre du projet SMILE des régions Bretagne et Pays de Loire du plan Réseaux Electriques Intelligents.

Eléments clés

- Dates :** depuis 2013
- Budget :** 32 M€, dont 9,7 M€ financés par l'Etat dans le cadre du Programme d'Investissements d'Avenir (PIA)
- Lieu :** 2 postes électriques intelligents dans la Somme couvrant une zone d'action de 490 km
- Membres du consortium :**



« La multiplication des équipements numériques, en particulier des capteurs, va permettre de gérer de nombreuses opérations à distance sur les futurs postes nouvelle génération », chargé d'affaires au service Exploitation.

Intégration dans le réseau – L'innovation

Smart Grid Vendée est le réseau électrique intelligent en Vendée

Le projet **Smart Grid Vendée** visait à expérimenter, à l'échelle de la Vendée, de nouvelles solutions pour gérer et moderniser la distribution de l'électricité à l'heure de la transition énergétique. Il s'agissait de tester, à l'aide d'un démonstrateur, les nouveaux concepts associés à une optimisation des réseaux publics de distribution, concertée et partagée par l'ensemble des parties prenantes du système électrique. L'optimisation aux échelles régionale et locale nécessite une coordination renforcée en amont (planification, gestion prévisionnelle) et en temps réel entre les acteurs, basée sur de nouvelles interfaces numériques et des outils de conduite du réseau modernisés.

Smart Grid Vendée a permis d'expérimenter dans plusieurs domaines :

- **Innovation** : développer et déployer des solutions technologiques et organisationnelles afin de permettre une meilleure insertion des EnR, l'adaptation du réseau de distribution au moindre coût et l'amélioration de la qualité de fourniture en électricité.
- **Economie** : définir, pour l'ensemble des acteurs du système électrique, les modèles d'affaires et de rémunérations associés à la gestion du système électrique local
- **Environnement** : assurer l'intégration territoriale et sociétale du projet, en mesurer l'impact sur le système électrique local et sur l'ensemble de la filière
- **Social** : créer une formation d'ingénieur Smart Grids, en apprentissage, au CNAM Pays de la Loire

Pratiquement, des dizaines d'installations du territoire ont été équipées de capteurs pour recueillir en temps réel des informations sur la consommation et la production d'électricité. L'analyse de ces données a permis de comprendre les habitudes de consommation et de développer des programmes informatiques afin d'optimiser l'exploitation du réseau en temps réel.

Source : smartgridvendee.com – Fiche de financement ADEME

Eléments clés

- **Dates** : 5 ans, 2013-2018
- **Budget** : 27,8 M€ dont 17 M€ financés par Enedis et 500 k€ financés par RTE et 9,5 M€ d'aides de l'Etat dans le cadre des PIA
- **Lieu** : Vendée
- **Membres du consortium** :



Intégration dans le réseau – L'innovation

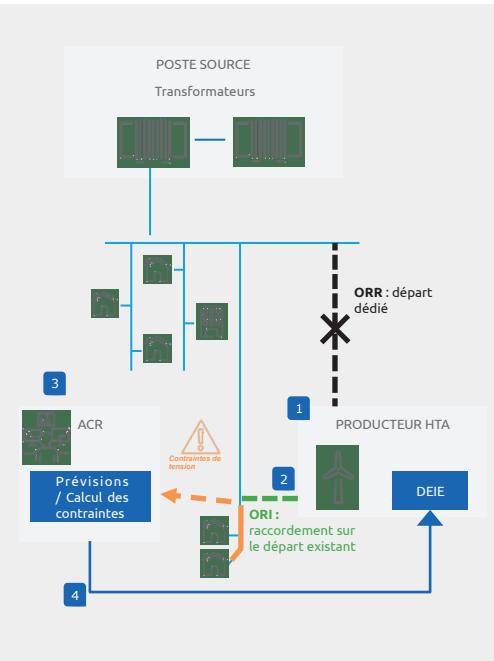
Les Offres de Raccordement Intelligentes (ORI) permettent des économies d'investissement, ainsi qu'un raccourcissement des délais de raccordement

Les ORI assurent une **économie d'investissement** sur les ouvrages de réseau à mettre en œuvre (de l'ordre de 100 k€/MW raccordé). Elles permettent une **réduction du délai** de raccordement (de l'ordre de 7 à 10 mois).

Les ORI laissent aux producteurs la possibilité de revenir aux modalités de raccordement classique à tout moment s'ils le souhaitent (mise en œuvre de l'Opération de Raccordement de Référence - ORR).

1. Un producteur HTA (Haute Tension A) fait **une demande de raccordement** au réseau à Enedis qui effectue une étude de réseau afin de déterminer **l'offre de raccordement de référence**, permettant l'injection de la totalité de la puissance de l'installation **en permanence**. Cette offre peut, dans certains cas, nécessiter la création d'un nouveau départ ou de renforcements sur le réseau HTA existant.
2. Sur demande du producteur, Enedis peut proposer une ORI, consistant en un **raccordement plus rapide et plus économique** (sur un départ existant), **en échange de la possibilité de limiter l'injection sur le réseau en cas de contrainte**.
3. En cas de contrainte estimée avant le temps réel, Enedis envoie au producteur ayant fait le choix de l'ORI **un ordre temporaire de limitation d'injection** via son Dispositif d'Echange d'Informations d'Exploitation (DEIE).

Cette solution est proposée pour des raccordements garantissant un **niveau élevé de puissance injectable en permanence** (Pgarantie $\geq 70\%$ de la Puissance de raccordement en injection). Elle concerne potentiellement un cinquième des demandes en HTA.



Intégration dans le réseau – L'innovation

Les opérateurs investissent dans des projets R&D à long terme pour développer un réseau capable d'intégrer des quantités croissantes d'EnR

Enedis et RTE s'impliquent dans des projets ambitieux de recherche à long terme comme les projets européens BEST PATHS et OSMOSE et nouent des liens étroits avec les parties prenantes des territoires et des partenaires variés (industriels, PME-PMI, start-up, universités et laboratoires) afin de collaborer à l'édification du réseau électrique du futur.

Budgets R&D en lien avec la transition énergétique :

- RTE** : 45 M€ sur les 140 M€ du Turpe 5 entre 2017 et 2020
- Enedis** : 147 M€ sur 225M€ de budget R&D entre 2017 et 2020

Partenariats – les nouveautés :

RTE :

- Adhésion à **France Energie Marine** et à l'initiative **Bits&Watts** de l'université de Stanford.
- Partenariat autour de la biodiversité avec le **Museum d'Histoire Naturelle** avec lequel RTE mène le projet SPECIES (Submarine Power Cables Interactions with Environment and associated surveys)

ENEDIS :

- Renouvellement du partenariat avec le Laboratoire d'Electronique et d'Electrotechnique de Lille (L2EP) sur l'intégration des incertitudes sur les prévisions et la gestion prévisionnelle du réseau
- Partenariat renforcé avec le Groupe des Ecoles nationales d'Economie et de Statistique (GENES) sur l'articulation des services systèmes et de la production décentralisée

Projet BEST PATHS



BEST PATHS est un projet de recherche de 48 mois qui s'est terminé en Septembre 2018, financé dans le cadre du programme de recherche FP7 de l'UE. Au sein de ce projet, les travaux sur l'interopérabilité des stations de conversion HVDC, pilotés par RTE, ont livré des résultats inédits :

- Première preuve de l'existence de problèmes d'interopérabilité. Le taux d'occurrence de ces défauts a été estimé à 15%.
- Première résolution de problèmes d'interopérabilité, avec une méthodologie garantissant la confidentialité des données et techniques propres à chaque constructeur.

Budget : 62,8 millions d'euros dont 35,5 millions d'euros de fonds européens H2020

Membres du consortium : 39 partenaires issus de 11 pays dont la France

Intégration dans le réseau – L'innovation

OSMOSE : un projet de recherche européen ambitieux

L'appel à projet Low Carbon Electricity du programme européen de recherche H2020 est à l'origine du lancement d'OSMOSE. Ce dernier porte sur la «Démonstration de l'intégration du système énergétique avec des technologies de **réseau intelligent de transmission et de stockage** avec une part croissante d'ENR». OSMOSE vise à anticiper les besoins de flexibilité pour l'intégration ~~croissante~~ d'énergies renouvelables sur les réseaux.

Il s'agit d'une **approche globale** considérant l'ensemble des **besoins en flexibilité** (équilibrer l'offre et la demande sur les marchés de l'énergie, optimiser les services systèmes existants et futurs et permettre la gestion dynamique du réseau) et des **sources de flexibilité** (notamment stockage, gestion de la demande, flexibilité des ENR). Cette approche permet ensuite de faire émerger les points **convergents** des différentes solutions, par exemple de déterminer le meilleur emplacement du réseau où installer une capacité de stockage afin d'optimiser son coût et son efficacité.

RTE est leader de ce projet européen et responsable du lot visant à la mise en place d'un démonstrateur de batteries permettant d'expérimenter la fourniture de plusieurs types de services avec la même installation. Ce démonstrateur testera, en conditions réelles, les régulations définies par le projet européen **MIGRATE**. Ce projet étudie l'impact, sur le fonctionnement dynamique du réseau, de **l'insertion massive** des énergies renouvelables raccordées au travers de **l'électronique de puissance**. Le démonstrateur testera la mise en place de technologies de **stockage multiservice** en plus du service de **synchronisation** comme l'équilibre offre demande, la gestion de la fréquence et des congestions. Le multiservice permettra de mieux rentabiliser les solutions de stockage.

Eléments clés



- **Dates :** 4 ans, à compter de 2018
- **Budget :** 28 millions d'euros
- **Membres du consortium :** 33 partenaires issus de 9 pays et comportant des gestionnaires de transport européens, des producteurs d'électricité, des équipementiers-intégrateurs généralistes, des équipementiers-intégrateurs spécialistes en stockage électrochimique et en électronique de puissance, des informaticiens, des fournisseurs de services énergétiques, des sociétés de conseil et logiciels et des centres de recherche et universités

Intégration dans le réseau – Formation

RTE anticipe l'avenir au travers de sa formation

Afin d'anticiper l'ensemble des transformations à venir – économiques, technologiques, démographiques et sociétales – et conformément aux orientations du projet d'entreprise, **les axes de formation de RTE** sont régulièrement mis à jour. En 2018, les orientations de formation pour la période 2020-2022 visent à **consolider le socle actuel des compétences fondamentales** tout en l'adaptant aux **nouvelles technologies** (objets connectés, traitement des données...), **aux nouvelles façons de travailler** (drones...), **aux nouveaux champs d'intervention** (liaisons sous-marines, liaisons haute tension à courant continu...) et à **l'intégration de la RSE dans les formations métiers** (écoute et dialogue avec les parties prenantes, développement des compétences environnementales, dont la démarche d'écoconception, renforcement de la culture sécurité au travail...).

Le campus de formation de RTE, situé à Jonage, accueille plusieurs milliers de stagiaires chaque année. Depuis 2017, le dispositif de professionnalisation s'est élargi avec la proposition croissante de **formations digitales**. Cette possibilité permet un accès plus large et rapide à la formation. Par exemple, la sensibilisation à la RSE a été suivie par près de 60% des salariés de RTE en douze mois.²



Les enjeux de l'éolien

115

D. Couplage avec le stockage

Couplage avec le stockage

Le stockage est l'une des clés pour permettre une meilleure intégration dans le système électrique français

Les technologies de stockage d'électricité sont vouées à répondre à des enjeux majeurs dans le contexte d'un fort développement des énergies renouvelables. Aussi, les **enjeux du stockage** dans l'intégration des EnR, notamment de l'éolien, sont multiples :

Environnementaux : l'analyse de cycle de vie des systèmes de stockage (de la conception à la gestion de la fin de vie) permet de garantir un respect des normes environnementales des systèmes de stockage tout au long de leur cycle de vie ainsi qu'une réduction des émissions de CO2 en mettant fin aux centrales de pointe.

Valorisation économique du dispositif de stockage : les caractéristiques techniques des dispositifs de stockage peuvent s'adapter à plusieurs pistes de valorisation énergétique et économique. Les systèmes de stockage permettant de contribuer simultanément au lissage de la production électrique, à l'optimisation du programme de production, au réglage de la fréquence et de la tension du réseau et à l'équilibre entre l'offre et la demande de l'énergie.

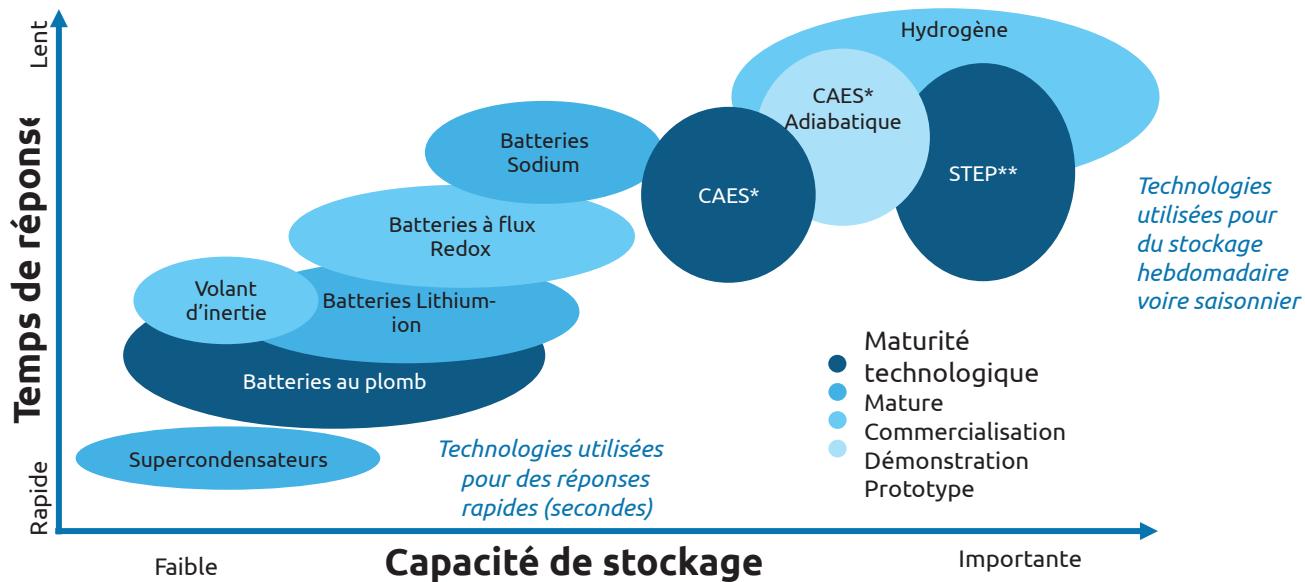
Sécurité : sécurisation de l'alimentation et de l'approvisionnement aux réseaux.

Développement industriel : favoriser le développement de procédés d'industrialisation pour le déploiement des dispositifs de stockage sur le marché.

Mise en place d'un **cadre institutionnel et régulateur** dans le réseau : plusieurs utilisateurs d'une même installation de stockage.

Couplage avec le stockage

De nombreuses technologies de stockage au service de l'éolien



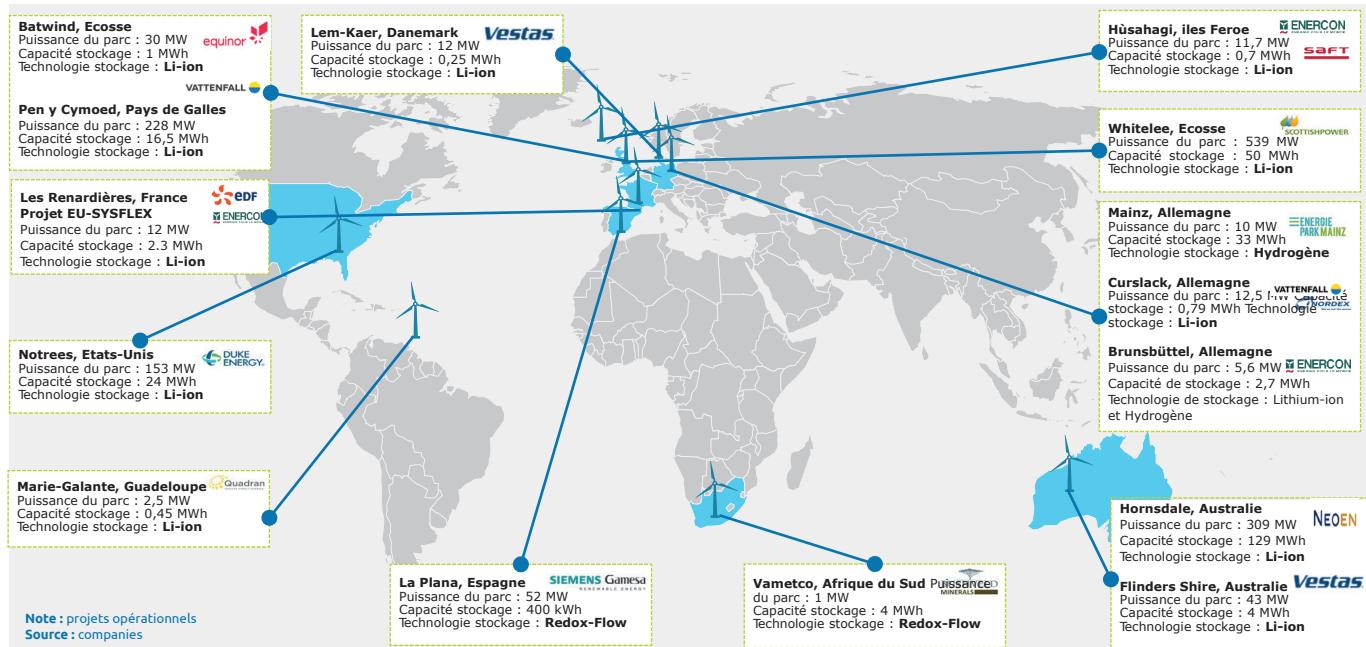
*CAES : compressed air energy storage (système de stockage d'air comprimé)

**STEP : station de transfert d'énergie par pompage

Source : JRC, Capgemini

Couplage avec le stockage

Des projets éoliens couplés au stockage se multiplient dans le monde



Couplage avec le stockage

Vers une hybridation des technologies renouvelables pour une meilleure efficacité

Les énergies renouvelables sont soumises aux aléas climatiques : l'éolien aux variations du vent, le solaire aux variations d'ensoleillement. Combiner correctement les apports de l'énergie éolienne, de l'énergie solaire et du stockage de l'énergie dans les batteries et les piles à combustible fournirait l'électricité demandée presque en continu. Ces combinaisons dépendent de variables que sont entre autres la quantité d'énergie nécessaire, la zone géographique considérée, les caprices de la météo...

Projet pilote Siemens Gamesa : Siemens Gamesa teste un système hybride de stockage d'énergie à La Plana en Espagne. Le parc produit 52 MW d'éolien et 245 kW de solaire.

Le système de stockage est composé d'une batterie à flux redox connecté au contrôleur hybride qui centralise la génération d'énergie **éolienne** et **photovoltaïque**. Des **batteries Li-ion** et un générateur complètent le système.

Source : Siemens Gamesa



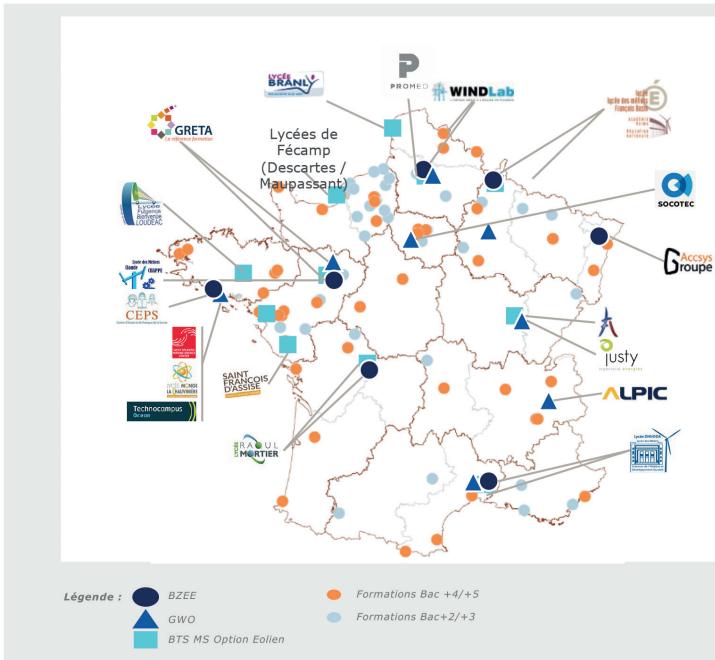
Les enjeux de l'éolien

120

E. La formation

Formation

Les formations de l'éolien en France



121

Formation

Des formations englobant tous les aspects métier du secteur éolien



Partenariats industriels

Des industriels et des bureaux d'études sont aujourd'hui impliqués dans le processus de formation et mettent en place des partenariats clés avec les lycées, les universités et les centres de formation. Ces industriels participent au financement de la formation et offrent des opportunités de stage, débouchant souvent sur un CDI.



Formations axées éolien

Les formations certifiantes internationales (BZEE et GWO) sont fortement valorisées par les entreprises de développement et d'exploitation de parcs éoliens. Ces formations peuvent être notamment suivies après le bac en Licence professionnelle, BTS ou DUT, mais également dans le cadre de la formation continue.



Formations pour chaque niveau

Les formations propres à l'éolien sont présentes à tous les niveaux, du bac professionnel à l'école d'ingénieurs. Elles confirment le besoin de ressources expertes et formées en conséquence pour développer la filière.

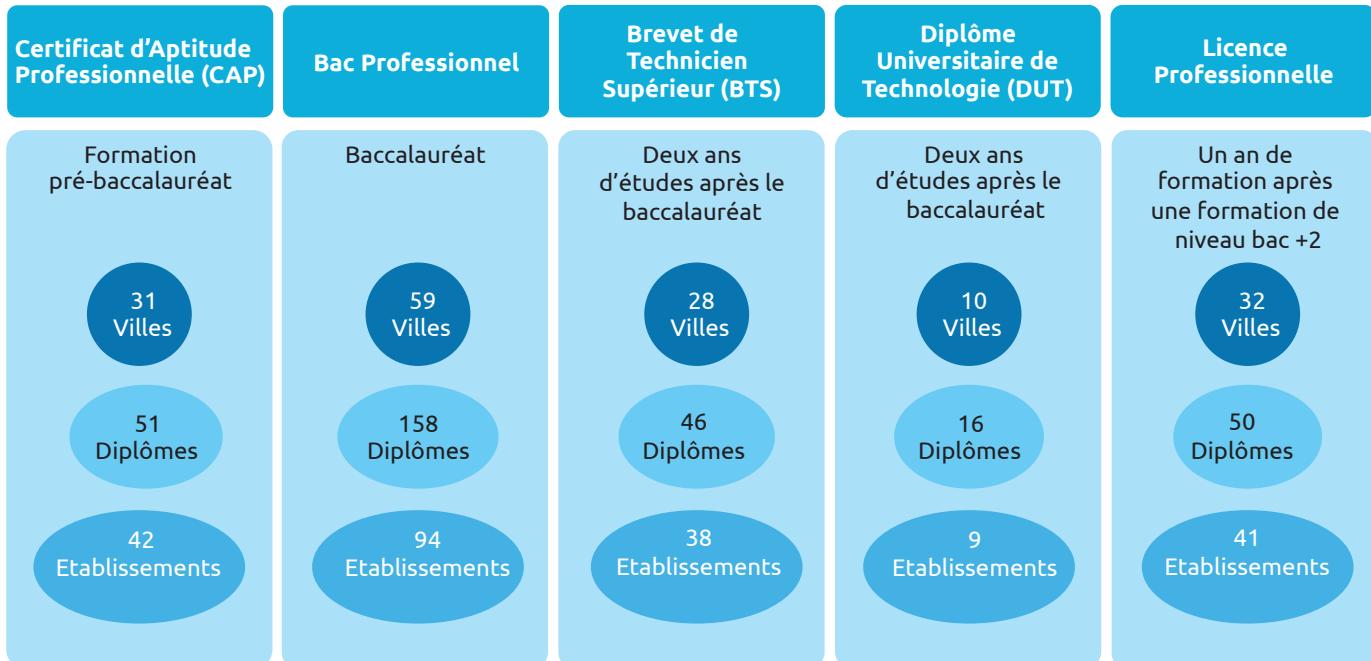


Réparties sur le territoire

Ces formations sont fortement parrainées par les régions développant une production éolienne. Les centres de formation sont donc principalement localisés près des parcs de production.

Formation

Des formations spécialisées, allant du CAP jusqu'à la licence professionnelle



123

Formation

Les formations de l'enseignement supérieur (bac + 4 et au-delà) étoffent leurs modules métiers

Sur le territoire français, on compte aujourd'hui :

Plus de 70 formations

25 villes

Dans plus de 40 universités/
Grandes écoles

Plusieurs centaines
d'étudiants diplômés par an

Exemples d'Universités ou Grandes Ecoles



INSA
INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES LYON



UNIVERSITÉ DE NANTES



Université
de Poitiers



POLYTECH' NANTES
Ecole d'ingénierie de l'université de Nantes

Zoom sur deux exemples de mastères spécialisés en Energies Renouvelables sur le territoire français

Mastère Spécialisé **Expert en projets et production énergies renouvelables**

Modules clés

Energie et environnement, ENR et maîtrise de l'énergie, technologies mises en œuvre, conception des systèmes à sources d'énergies renouvelables (SYSER)

Partenaires



Débouchés

Développement / gestion de projet renouvelable, bureaux d'études, etc.

Mastère spécialisé **Expert en Energies Marines Renouvelables**

Modules clés

Ingénierie des systèmes, ressources marines, aspects juridiques, économiques et environnementaux.

Partenaires



Débouchés

Développement / gestion de projet renouvelable, bureaux d'études, etc.

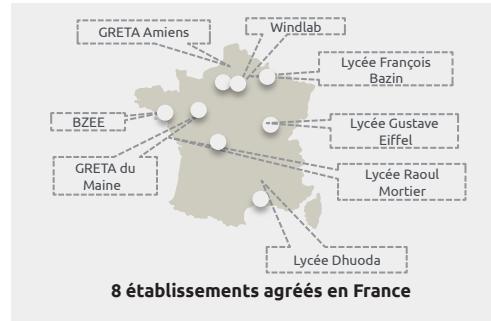
Formation

Deux formations internationales certifiantes présentes en France

Certificat « Technicien de maintenance des systèmes éoliens »

- Formations complémentaires en techniques de maintenance des éoliennes et des mesures de sécurité
- En formation continue ou en apprentissage de durée entre **6 à 9 mois**
- 4 de ces centres de formation proposent également des modules du GWO
- Plus de 320 élèves formés et certifiés BZEE en 2016 en France, obtenant le certificat de technicien de maintenance des systèmes éoliens ou bien le certificat BZEE d'aptitude au travail en hauteur

Modules clés : opération offshore, technologie éolienne, mécanique et électronique de la turbine, gestion des opérations...



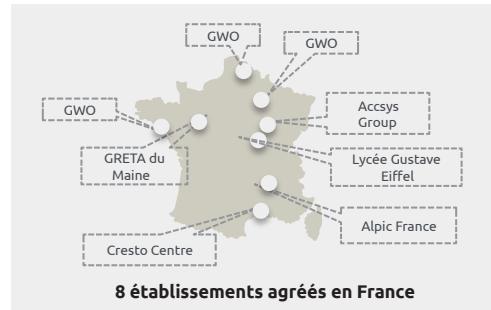
125

Certificat « Basic Safety Training »



- Formation focalisée sur la sécurité
- 5 modules à valider (sur 7 jours)
- Globalement aujourd'hui 25 000 personnes en Europe sont certifiées pour 3 à 5 modules du GWO
- Depuis décembre 2015 le certificat BZEE intègre des modules du GWO, notamment sur la sécurité des interventions de maintenance.

Modules clés : premiers secours, manutention manuelle, sensibilisation aux incendies, travail en hauteur, survie en mer



Formation

Focus sur : les centres de formation ENERCON à Longueil-Sainte-Marie



Le centre international de formation à l'installation à Longueil-Sainte-Marie dans l'Oise (60), mis en place par ENERCON, est ouvert depuis janvier 2018.

Ce centre a nécessité environ 3,5 M d'euros d'investissement et dispose de 8 formateurs. 350 techniciens d'ENERCON du monde entier sont formés chaque année dans ce centre.

Ce centre de formation propose deux principaux axes de formation, en conditions réelles de terrain : installation des mâts en béton, et montage et câblage des machines, nacelles, pales. Les formations sont dispensées pour les éoliennes de 2 MW et plus et le centre de formation est doté des dernières générations d'éoliennes (plateforme EP3).

126



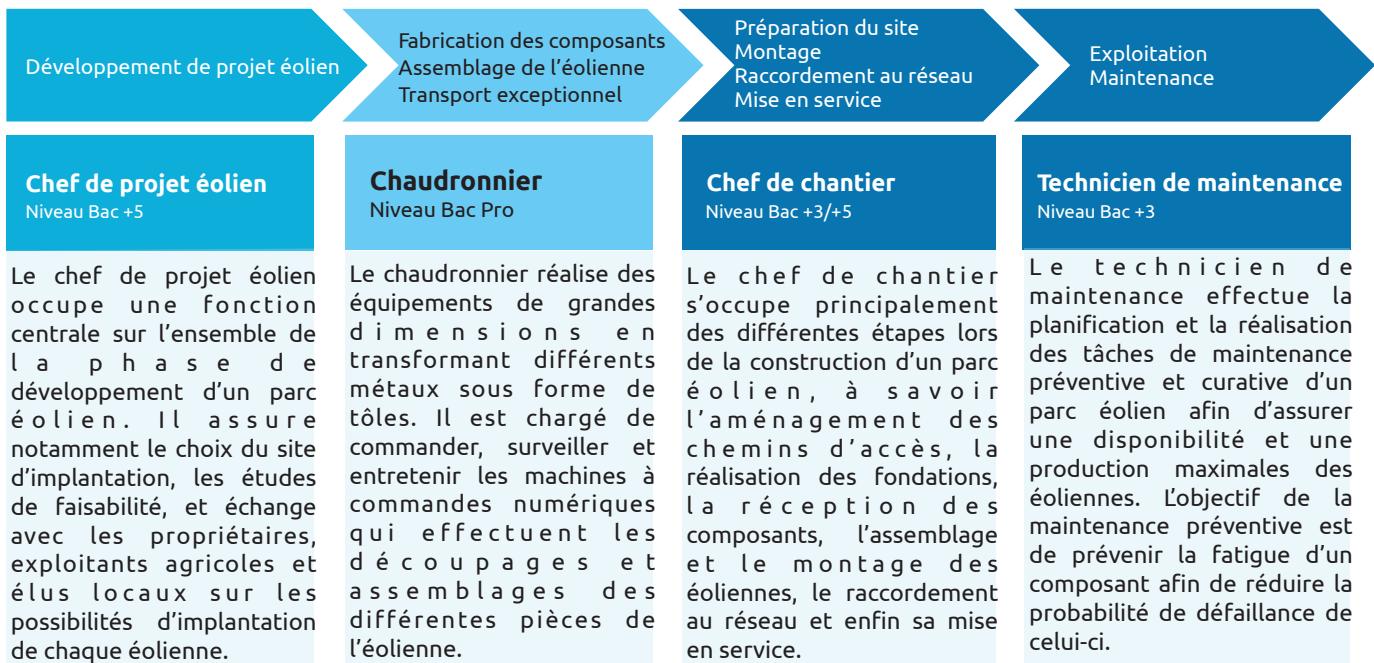
Ces formations permettent à ceux qui en bénéficient de pouvoir accéder plus facilement à d'autres métiers. C'est le cas des techniciens de maintenance qui peuvent, par le biais de passerelles métiers, devenir coordinateurs techniques, techniciens experts, techniciens HSE ou encore techniciens qualité.

En septembre 2017, ENERCON a ouvert un autre centre de formation dédié aux techniciens de maintenance, au Meux, dans l'Oise également. 600 personnes par an sont ainsi formées.

Ces ouvertures de centres de formation pour la filière éolienne en France, initiées par ENERCON, s'inscrivent dans la dynamique annoncée par la ministre du Travail, Muriel Pénicaud (photo), dans le cadre du Plan d'Investissement dans les compétences, avec le lancement de 10 000 formations aux métiers verts.

Formation

Exemples de métiers de l'éolien dans sa chaîne de valeur



127

Les enjeux de l'éolien

128

F. Economie circulaire

Economie circulaire

Plus de 90% d'une éolienne est aujourd'hui recyclable

Au-delà de la réduction de la pression sur les ressources et des impacts environnementaux, il s'agit d'intégrer l'énergie éolienne dans la vie du territoire (emplois et valeur ajoutée) tout au long du cycle de vie (production, installation, maintenance, fin de vie). C'est un enjeu fort d'acceptabilité et de valeur ajoutée de cette filière.

Si peu de parcs éoliens français sont arrivés au bout de leur cycle d'exploitation, la question de l'allongement de leur durée de vie est anticipée.

 Sur les 141,6 GW du parc existant en 2016 dans l'Union européenne la moitié des parcs éoliens arrivera en fin de vie entre 2020 et 2030.



Economie circulaire

Définitions

Démontage

La loi impose à l'exploitant le démontage des installations et la remise en état du terrain sur lequel elles ont été implantées, à la fin de leur exploitation.

Le démontage d'un parc comprend :

- le **démontage** des éoliennes et du poste électrique.
- l'**excavation** des fondations.
- le **retrait d'une partie des câbles**, la partie qui demeure enterrée sur le site restera inerte.
- la **remise en état des terrains**, sauf si leur propriétaire ne le souhaite pas.
- la **valorisation ou l'élimination des déchets**.

Recyclage

Les **parties métalliques** comme le mât et le rotor constituent plus de **90%** du poids des aérogénérateurs et se recyclent dans les filières existantes. La valeur marchande de ces ferrailles font d'ailleurs souvent du démontage d'une éolienne une opération rentable. Le **béton armé des fondations** peut aussi être valorisé : trié, concassé et déferraillé, il est souvent réutilisé sous la forme de granulats dans le secteur de la construction.

Les **pales** d'une éolienne sont constituées de **matériaux composites** à base de fibres de verre et/ou de carbone. D'une manière générale, une éolienne est recyclable à plus de 90% et cherche à optimiser ce taux par l'innovation.

Renouvellement des parcs

Le renouvellement des parcs désigne de manière générale, le remplacement d'une installation énergétique pour la rendre plus performante, en fin de vie de celle-ci. D'ici 2023, 1 600 éoliennes seront concernées en France.

Les avantages du renouvellement des parcs :

- Les éoliennes modernes sont **plus puissantes, plus fiable** et nécessitent moins de maintenance, et contribuent ainsi à la **réduction des coûts**.
- La diminution du nombre d'éoliennes dans les parcs permet de **limiter l'effet de traînée**

Economie circulaire

Cas de démontage en mer : Northumberland

En décembre 2000, fut achevé le parc de d'éoliennes en mer de Blyth au large de Northumberland sur la côte Nord-Est de l'Angleterre. Composé de deux turbines Vestas V66 de 2 MW, il a été construit par le consortium E.ON, Shell Renewables, Vattenfall's Nuon et Border Wind.

Suite au démontage d'avril 2019 une des deux turbines sera recyclée et réutilisée comme pièces détachées au sein du parc onshore d'E.ON, l'autre sera utilisée à des fins de formation sur le port de Blyth.

Le renouvellement des parcs appliqué sur les installations éoliennes en mer - comme il est commun de le faire pour l'onshore - doit encore faire l'objet de réflexions approfondies. Il n'en reste pas moins qu'il est prévu que tous les parcs éoliens en mer soient démontés à la fin de leur vie. Les turbines dernières générations sont plus massives que les précédentes et les fondations initialement raccordées ne sont pas dimensionnées pour les accueillir.



131

« Le renouvellement des parcs éolien en mer ne fait que débuter »

Economie circulaire

Cas de renouvellement : la question du recyclage

A Sainte-Suzanne (La Réunion), la société Quadran groupe Direct Energie envisage de remplacer le parc de 37 éoliennes existant par 8 éoliennes plus puissantes. Là où les 37 éoliennes de 275 kW (soit 10 MW pour le parc) génèrent une production annuelle moyenne constatée de 12 GWh/an, les huit éoliennes dernière génération de 2 MW (soit un parc de 18 MW) produiront annuellement environ 40 GWh/an.

Faute d'avoir encore une filière adaptée en France et à fortiori sur l'île, il semble que la plupart des composants seront recyclés via les filières existantes. Acier et béton représentent 90% de la composition d'une éolienne. Ces matériaux sont recyclables. La taille des éoliennes peut cependant rendre la tâche ardue. En Allemagne, Veolia dispose d'une scie à pales pour les débiter en tronçons. Une autre difficulté survient lorsqu'il s'agit de traiter la fibre de verre (anciens modèles) ou de carbone, représentant 2% du poids des mâts. Actuellement, ces matériaux sont transformés en combustible solide de récupération (CSR), utilisé dans la fabrication du ciment. La filière s'emploie à

identifier et mettre en œuvre des solutions de démontage et de recyclage innovantes et durables. Un groupe de travail y contribue au sein de FEE. Citons également l'expérience pilote autour de la plateforme AD3R dont l'un des objectifs est de démanteler et de valoriser 1 600 éoliennes terrestres en fin de vie ou de contrat d'ici 2023.



Economie circulaire

Cas de renouvellement de parc éolien terrestre : Souleilla-Corbières-Treilles (Aude)

Il s'agit du premier parc du groupe raccordé par le groupe RES en 2001. Il était à l'époque du plus grand parc éolien de France, disposant d'un gisement exceptionnel de vent et d'une puissance nominale de 20,8 MW. Il est composé de 16 éoliennes de 1,3 MW, de marque Siemens Gamesa et fonctionne avec des machines qui ne sont plus produites.

Par un arrêté du 16 mai 2018 le préfet de l'Aude a autorisé le remplacement des éoliennes, âgées de 18 ans, par des machines Poma Leitwind de même dimension mais de 1,5 MW de puissance unitaire, soit au total 24 MW. Cette opération de renouvellement permettra donc à ce parc de produire plus d'énergie pour un même nombre d'éoliennes.



133

Les enjeux de l'éolien

134

G. Focus sur les nouveaux
modèles d'affaires

Focus sur les nouveaux modèles d'affaires

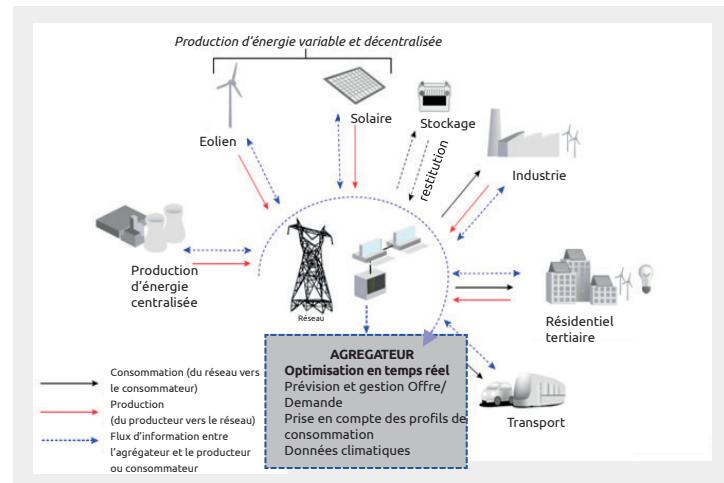
La maturité et la compétitivité de l'éolien devient réalité

Fin des tarifs d'achats, apparition du système de complément de rémunération

Jusqu'en 2015, les exploitants bénéficiaient d'obligations d'achat auprès d'EDF OA et des entreprises locales de distribution (ELD). Ces contrats, souscrits sur 15 ans prévoient un tarif fixe pour chaque MWh produit. Ce mécanisme a pris fin en 2016, une année de transition : le 1^{er} janvier un système de complément de rémunération est introduit. Les exploitants vendent l'électricité produite directement sur le marché de gros et au prix du marché. EDF OA verse ensuite à l'exploitant la différence entre ce prix de marché et une valeur de référence définie soit par arrêté tarifaire, soit issu d'un appel d'offres. L'objectif de compétitivité est donc clé.

L'essor du modèle d'agrégation

Le mécanisme de complément de rémunération a permis le développement en France d'un nouveau métier : celui d'agrégeateur de production. L'agrégeateur est un **intermédiaire** entre les producteurs d'électricité (injectant leur électricité sur le réseau) et le marché de gros de l'électricité. L'agrégeateur est également un **administrateur de flexibilité**, il œuvre aussi bien sur les fluctuations de production que sur les fluctuations de consommation. Afin d'optimiser son rôle de coordinateur, il doit pouvoir réunir la production de plusieurs centrales électriques (jouer sur la flexibilité d'une seule installation n'est pas suffisant). La plupart des agrégeateurs utilisent leur propre outil appelé « **centrale virtuelle** », qui permet de collecter en temps réel des informations sur les centrales de leur portefeuille.



Focus sur les nouveaux modèles d'affaires

La maturité et la compétitivité de l'éolien deviennent réalité

Le modèle des corporate PPA

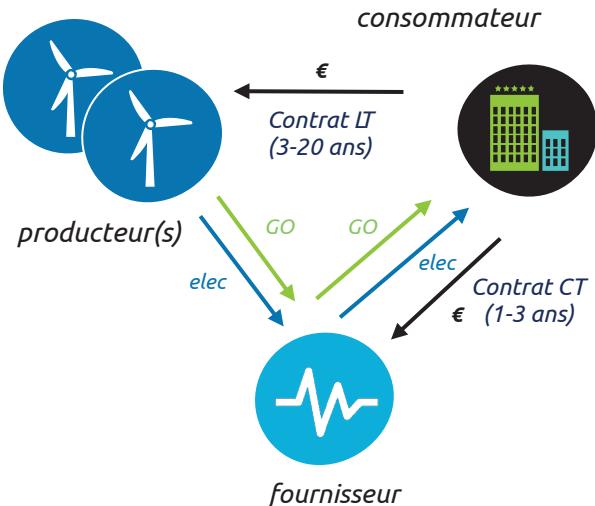
On assiste à un intérêt grandissant pour les Corporate Power Purchase Agreements (ou CPPA), de la part de tous les acteurs de l'énergie. Les CPPA sont des contrats privés d'achat d'électricité conclus entre des producteurs d'électricité renouvelable et des entreprises, à prix fixes et connus à l'avance et pour une durée pouvant aller de quelques années à 25 ans.

En 2019, le premier CPPA a été signé pour 3 ans. L'entreprise alimentaire Métro Cash and Carry s'est engagée à acheter la production d'un parc éolien opéré par Eurowatt.

Il existe plusieurs typologie de CPPA, dont celui appelé « sleeved CPPA », qui est la typologie la plus prometteuse en France.

France Energie Eolienne a rédigé un contrat standard de CPPA sur ce type dans le cadre de ses travaux de la commission économie.

PPA sleeved : le consommateur achète l'électricité au producteur, et se fait livrer par son fournisseur (qui fournit par ailleurs le complément)



Source : Capgemini Invent



137

Annexes

139



140

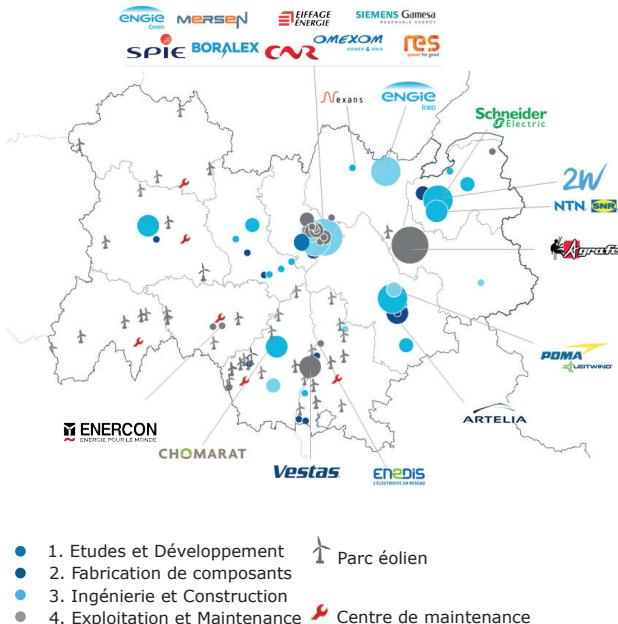
Annexes

141

A. Cartes de l'implantation du tissu éolien en régions

Cartes de l'implantation du tissu éolien dans les régions

Auvergne-Rhône-Alpes



NB : Logos non exhaustifs, entreprises multi-sites

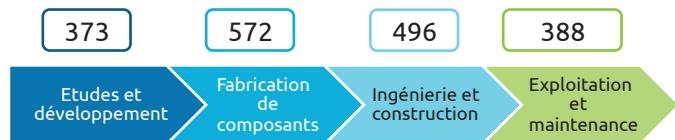
1829 ETP | 622 MW

Chiffres clés des emplois éoliens (2018) :

- Nombre d'emplois éoliens : 1 829
- Capital régionale éolien (ETP) : Grand Lyon
- Top employeurs éoliens :



Répartition des emplois sur la chaîne de valeur* :



Chiffres clés des parcs éoliens (mi-2019) :

- Puissance éolienne raccordée : 622 MW
- Nombre de parcs éoliens : 68

Top constructeurs (MW) :

Vestas®

SEVENION

Top exploitants (emplois) :

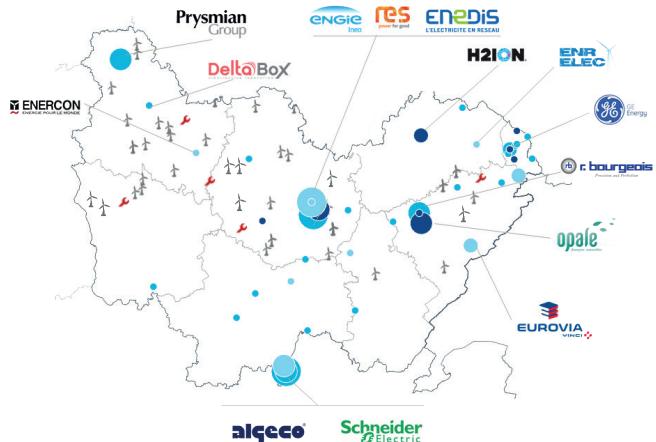
BORALEX

CNR

* Répartition des emplois sur la chaîne de valeur estimée à partir des données fournies par les acteurs de la filière

Cartes de l'implantation du tissu éolien dans les régions

Bourgogne-Franche-Comté



- 1. Etudes et Développement
 - 2. Fabrication de composants
 - 3. Ingénierie et Construction
 - 4. Exploitation et Maintenance
- Windmill icon: Parc éolien
Red ribbon icon: Centre de maintenance

NB : Logos non exhaustifs, entreprises multi-sites

848 ETP | 740 MW

Chiffres clés des emplois éoliens (2018) :

- Nombre d'emplois éoliens : 848
- Capital régionale éolien (ETP) : Dijon
- Top employeurs éoliens :



Répartition des emplois sur la chaîne de valeur* :

158

528

152

10

Etudes et développement

Fabrication de composants

Ingénierie et construction

Exploitation et maintenance

Chiffres clés des parcs éoliens (mi-2019) :

- Puissance éolienne raccordée : 622 MW
- Nombre de parcs éoliens : 48

Top constructeurs (MW) :

Vestas
SEVENION

GE Renewable Energy

Top exploitants (emplois) :

res

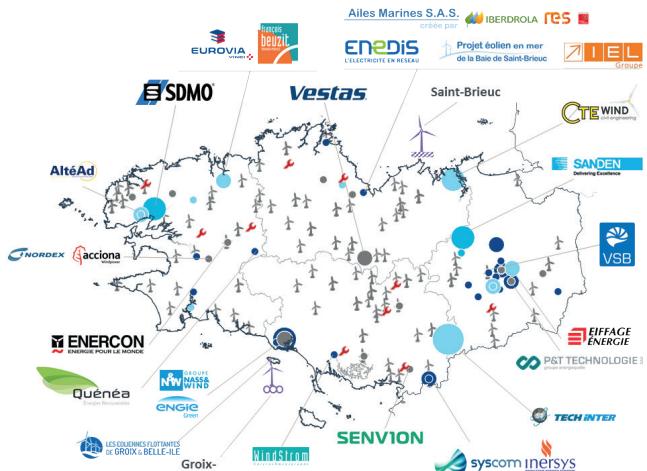
* Répartition des emplois sur la chaîne de valeur estimée à partir des données fournies par les acteurs de la filière

Capgemini invent

France Energie Eolienne

Cartes de l'implantation du tissu éolien dans les régions

Bretagne



- 1. Etudes et Développement
 - 2. Fabrication de composants
 - 3. Ingénierie et Construction
 - 4. Exploitation et Maintenance
- Icon legends:
Windmill: Parc éolien
Windmill with waves: Parc éolien marin posé
Windmill with dashed lines: Ferme pilote éolienne flottante
Red ribbon: Centre de maintenance

NB : Logos non exhaustifs, entreprises multi-sites

834 ETP | 1 027 MW

Chiffres clés des emplois éoliens (2018) :

- Nombre d'emplois éoliens : 834
- Capital régionale éolien (ETP) : La Gacilly
- Top employeurs éoliens :



Répartition des emplois sur la chaîne de valeur* :

276

139

283

136

Etudes et développement

Fabrication de composants

Ingénierie et construction

Exploitation et maintenance

Chiffres clés des parcs éoliens (mi-2019) :

- Puissance éolienne raccordée : 1027 MW
- Nombre de parcs éoliens : 133

Top constructeurs (MW) :



Top exploitants (emplois) :

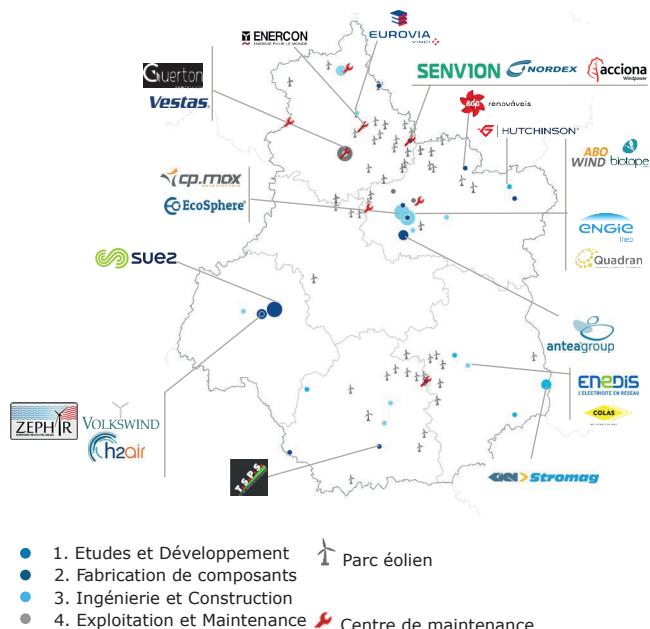


* Répartition des emplois sur la chaîne de valeur estimée à partir des données fournies par les acteurs de la filière

Cartes de l'implantation du tissu éolien dans les régions

Centre - Val de Loire

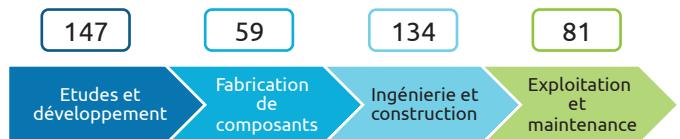
421 ETP | 1 181 MW



Chiffres clés des emplois éoliens (2018) :

- Nombre d'emplois éoliens : 421
- Capital régionale éolien (ETP) : Orléans
- Top employeurs éoliens : **Vestas**

Répartition des emplois sur la chaîne de valeur* :



Chiffres clés des parcs éoliens (mi-2019) :

- Puissance éolienne raccordée : 1 181 MW
- Nombre de parcs éoliens : 92

Top constructeurs (MW) :



Top exploitants (emplois) :



* Répartition des emplois sur la chaîne de valeur estimée à partir des données fournies par les acteurs de la filière

Cartes de l'implantation du tissu éolien dans les régions

Grand Est



NB : Logos non exhaustifs, entreprises multi-sites

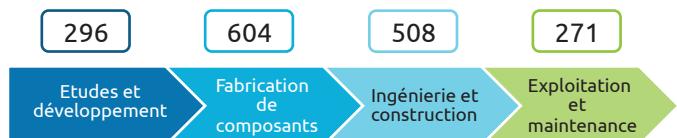
1 679 ETP | 3 528 MW

Chiffres clés des emplois éoliens (2018) :

- Nombre d'emplois éoliens : 1 679
- Capital régionale éolien (ETP) : Nancy
- Top employeurs éoliens :



Répartition des emplois sur la chaîne de valeur* :



Chiffres clés des parcs éoliens (mi-2019) :

- Puissance éolienne raccordée : 3 528 MW
- Nombre de parcs éoliens : 259

Top constructeurs (MW) :

Vestas
SENVION
SIEMENS Gamesa
RENEWABLE ENERGY

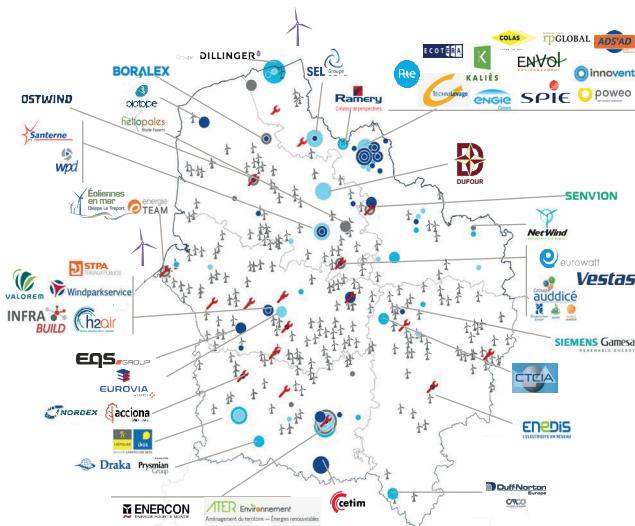
Top exploitants (emplois) :

Engie Green
OSTWIND
Quadrant
GROUP DIRECT ENERGIE

* Répartition des emplois sur la chaîne de valeur estimée à partir des données fournies par les acteurs de la filière

Cartes de l'implantation du tissu éolien dans les régions

Hauts-de-France



- 1. Etudes et Développement
 - 2. Fabrication de composants
 - 3. Ingénierie et Construction
 - 4. Exploitation et Maintenance
- Parc éolien Parc éolien marin posé Centre de maintenance

NB : Logos non exhaustifs, entreprises multi-sites

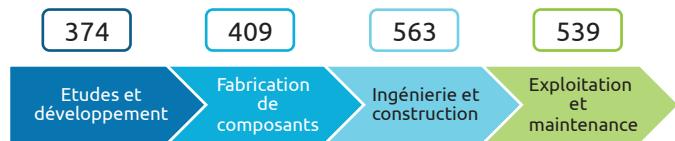
1 885 ETP | 4 111 MW

Chiffres clés des emplois éoliens (2018) :

- Nombre d'emplois éoliens : 1 885
- Capital régionale éolien (ETP) : Compiègne – Le Meux
- Top employeurs éoliens :



Répartition des emplois sur la chaîne de valeur* :



Chiffres clés des parcs éoliens (mi-2019) :

- Puissance éolienne raccordée : 4 111 MW
- Nombre de parcs éoliens : 316

Top constructeurs (MW) :



Top exploitants (emplois) :



* Répartition des emplois sur la chaîne de valeur estimée à partir des données fournies par les acteurs de la filière

Cartes de l'implantation du tissu éolien dans les régions

Île-de-France



- 1. Etudes et Développement  Parc éolien
- 2. Fabrication de composants
- 3. Ingénierie et Construction
- 4. Exploitation et Maintenance  Centre de maintenance

NB : Logos non exhaustifs, entreprises multi-sites

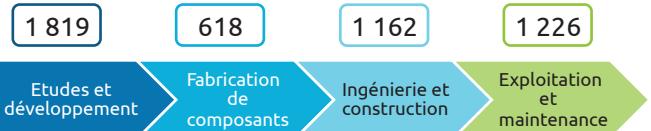
4 825 ETP | 51 MW

Chiffres clés des emplois éoliens (2018) :

- Nombre d'emplois éoliens : 4 825
- Capital régionale éolien (ETP) : Paris
- Top employeurs éoliens :



Répartition des emplois sur la chaîne de valeur* :



Chiffres clés des parcs éoliens (mi-2019) :

- Puissance éolienne raccordée : 51 MW
- Nombre de parcs éoliens : 6

Top constructeurs (MW) :



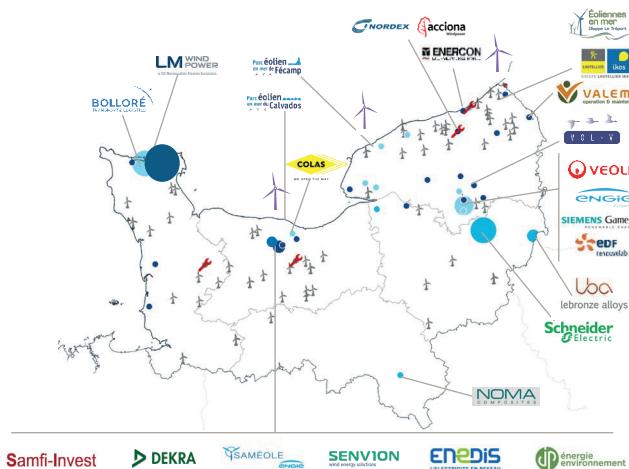
Top exploitants (emplois) :



* Répartition des emplois sur la chaîne de valeur estimée à partir des données fournies par les acteurs de la filière

Cartes de l'implantation du tissu éolien dans les régions

Normandie



- 1. Etudes et Développement
 - 2. Fabrication de composants
 - 3. Ingénierie et Construction
 - 4. Exploitation et Maintenance
- Icon legends:
Wind turbine icon: Parc éolien
Wind turbine with red tail icon: Parc éolien marin posé
Red ribbon icon: Centre de maintenance

NB : Logos non exhaustifs, entreprises multi-sites

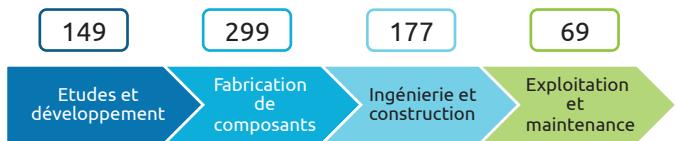
694 ETP | 853 MW

Chiffres clés des emplois éoliens (2018) :

- Nombre d'emplois éoliens : 694
- Capital régionale éolien (ETP) : Cherbourg
- Top employeurs éoliens :



Répartition des emplois sur la chaîne de valeur* :



Chiffres clés des parcs éoliens (mi-2019) :

- Puissance éolienne raccordée : 853 MW
- Nombre de parcs éoliens : 86

Top constructeurs (MW) :



Top exploitants (emplois) :



* Répartition des emplois sur la chaîne de valeur estimée à partir des données fournies par les acteurs de la filière

Cartes de l'implantation du tissu éolien dans les régions

Nouvelle-Aquitaine



NB : Logos non exhaustifs, entreprises multi-sites

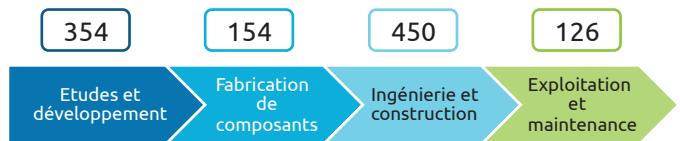
1 084 ETP | 1 042 MW

Chiffres clés des emplois éoliens (2018) :

- Nombre d'emplois éoliens : 1 084
- Capital régionale éolien (ETP) : Bègles
- Top employeurs éoliens :



Répartition des emplois sur la chaîne de valeur* :



Chiffres clés des parcs éoliens (mi-2019) :

- Puissance éolienne raccordée : 1 042 MW
- Nombre de parcs éoliens : 99

Top constructeurs (MW) :



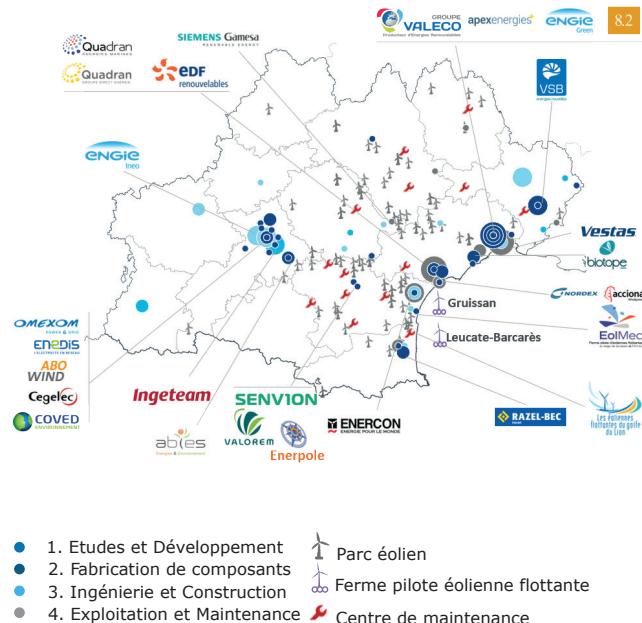
Top exploitants (emplois) :



* Répartition des emplois sur la chaîne de valeur estimée à partir des données fournies par les acteurs de la filière

Cartes de l'implantation du tissu éolien dans les régions

Occitanie



NB : Logos non exhaustifs, entreprises multi-sites

ANNEXES

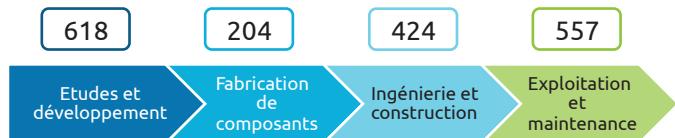
1 803 ETP | 1 535 MW

Chiffres clés des emplois éoliens (2018) :

- Nombre d'emplois éoliens : 1 803
- Capital régionale éolien (ETP) : Montpellier
- Top employeurs éoliens :



Répartition des emplois sur la chaîne de valeur* :



Chiffres clés des parcs éoliens (mi-2019) :

- Puissance éolienne raccordée : 1 535 MW
- Nombre de parcs éoliens : 130

Top constructeurs (MW) :



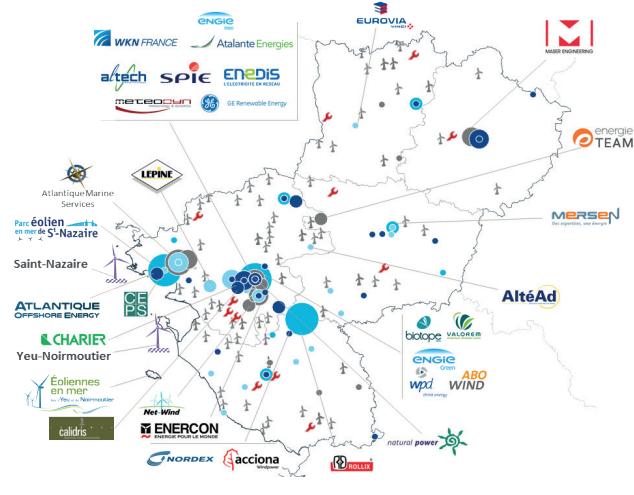
Top exploitants (emplois) :



* Répartition des emplois sur la chaîne de valeur estimée à partir des données fournies par les acteurs de la filière

Cartes de l'implantation du tissu éolien dans les régions

Pays de la Loire



- 1. Etudes et Développement
 - 2. Fabrication de composants
 - 3. Ingénierie et Construction
 - 4. Exploitation et Maintenance
- Icon legend:
- Windmill icon: Parc éolien
 - Windmill with a cross icon: Parc éolien marin posé
 - Windmill with a dashed circle icon: Démonstrateur éolien flottant
 - Red speech bubble icon: Centre de maintenance

NB : Logos non exhaustifs, entreprises multi-sites

1 796 ETP | 918 MW

Chiffres clés des emplois éoliens (2018) :

- Nombre d'emplois éoliens : 1 796
- Capital régionale éolien (ETP) : Nantes
- Top employeurs éoliens :



Répartition des emplois sur la chaîne de valeur* :

362

817

262

355



Chiffres clés des parcs éoliens (mi-2019) :

- Puissance éolienne raccordée : 918 MW
- Nombre de parcs éoliens : 106

Top constructeurs (MW) :

Vestas[®]

ENERCON
ÉNERGIE POUR LE MONDE

SENVION

Top exploitants (emplois) :

energie

TEAM

ENGIE

Green

ABO
WIND

* Répartition des emplois sur la chaîne de valeur estimée à partir des données fournies par les acteurs de la filière

Cartes de l'implantation du tissu éolien dans les régions

Sud-Provence-Alpes-Côte d'Azur

704 ETP | 61 MW

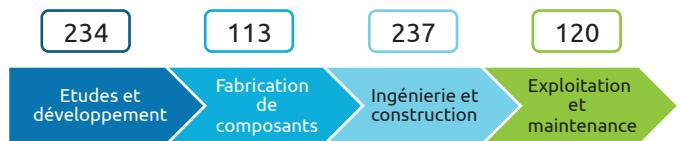


Chiffres clés des emplois éoliens (2018) :

- Nombre d'emplois éoliens : 704
- Capital régionale éolien (ETP) : Aix Marseille
- Top employeurs éoliens :



Répartition des emplois sur la chaîne de valeur* :



Chiffres clés des parcs éoliens (mi-2019) :

- Puissance éolienne raccordée : 61 MW
- Nombre de parcs éoliens : 9

Top constructeurs (MW) :



Top exploitants (emplois) :



* Répartition des emplois sur la chaîne de valeur estimée à partir des données fournies par les acteurs de la filière



154

Annexes

155

B. Cartes d'identité des acteurs éoliens par catégorie

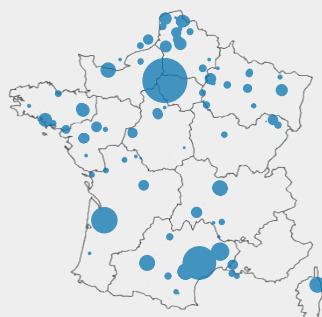
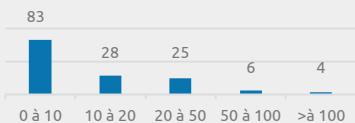
Carte d'identité des acteurs éoliens par catégorie

Développeur et/ou exploitant

Emplois éoliens

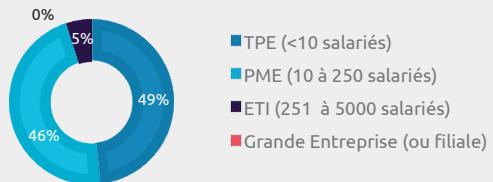
- Effectif éolien total : 3 111
- Nombres d'entreprises : 146

Nombre d'entreprise par tranche d'effectifs éoliens



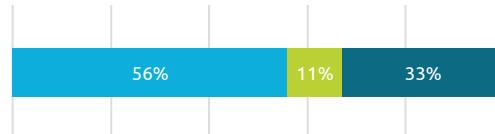
Profil type

- Type d'entreprise majoritaire : TPE
- Date de création moyenne : 2004



Activités dans l'éolien

Répartition des effectifs éoliens :



- 1. Etudes et Développement
- 2. Fabrication de composants
- 3. Ingénierie et construction
- 4. Exploitation et maintenance

Top 10 des emplois éoliens

1. EDF renouvelables	2. ENGIE Green	3. VALOREM	4. res power for good	5. BORALEX
6. Quadran Groupe Direct Energie	7. edp renewables	8. wpd think energy	9. ABO WIND	10. DPEnergie Energie Eolienne

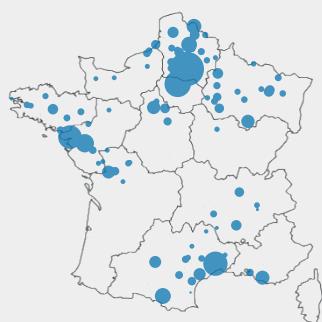
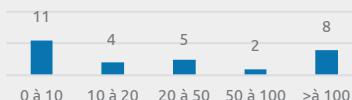
Carte d'identité des acteurs éoliens par catégorie

Constructeur de Machines et activités de maintenance

Emplois éoliens

- Effectif éolien total : 2 131
- Nombres d'entreprises : 35

Nombre d'entreprise par tranche d'effectifs éoliens

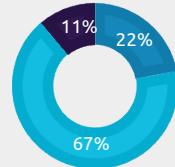


Profil type

- Type d'entreprise majoritaire : PME

- Date de création moyenne :

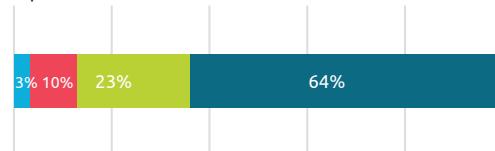
2007



- TPE (<10 salariés)
- PME (10 à 250 salariés)
- ETI (251 à 5000 salariés)

Activités dans l'éolien

Répartition des effectifs éoliens :



- 1. Etudes et Développement
- 2. Fabrication de composants
- 3. Ingénierie et construction
- 4. Exploitation et maintenance

Top 10 des emplois éoliens

1.	ENERCON Énergie pour le monde	2.	Vestas	3.	NORDEX Acciona Windpower	4.	SENVION	5.	SIEMENS Gamesa RENEWABLE ENERGY
6.	GE Energy	7.	POMA Leitwind	8.		9.		10.	

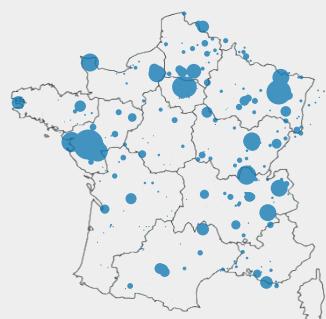
Carte d'identité des acteurs éoliens par catégorie

Fabricant de Composants

Emplois éoliens

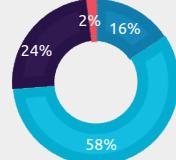
- Effectif éolien total : 4 251
- Nombres d'entreprises : 232

Nombre d'entreprise par tranche d'effectifs éoliens



Profil type

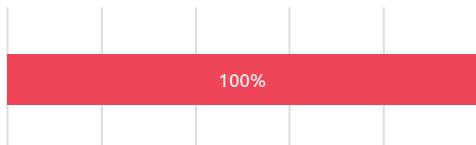
- Type d'entreprise majoritaire : PME
- Date de création moyenne : 1985



- TPE (<10 salariés)
- PME (10 à 250 salariés)
- ETI (251 à 5000 salariés)
- Grande Entreprise (ou filiale)

Activités dans l'éolien

Répartition des effectifs éoliens :



- 1. Etudes et Développement
- 2. Fabrication de composants
- 3. Ingénierie et construction
- 4. Exploitation et maintenance

Top 10 des emplois éoliens

1.	2.	3.	4.	5.
6.	7.	8.	9.	10.

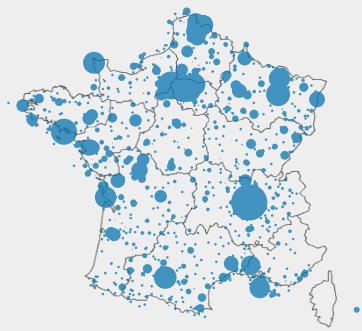
Carte d'identité des acteurs éoliens par catégorie

Génie civil ou électrique / Logistique

Emplois éoliens

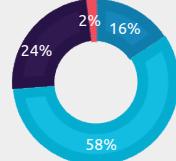
- Effectif éolien total : 3 967
- Nombres d'entreprises : 239

Nombre d'entreprise par tranche d'effectifs éoliens



Profil type

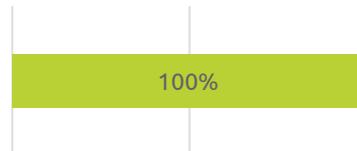
- Type d'entreprise majoritaire : PME
- Date de création moyenne : 1999



- TPE (<10 salariés)
- PME (10 à 250 salariés)
- ETI (251 à 5000 salariés)
- Grande Entreprise (ou filiale)

Activités dans l'éolien

Répartition des effectifs éoliens :



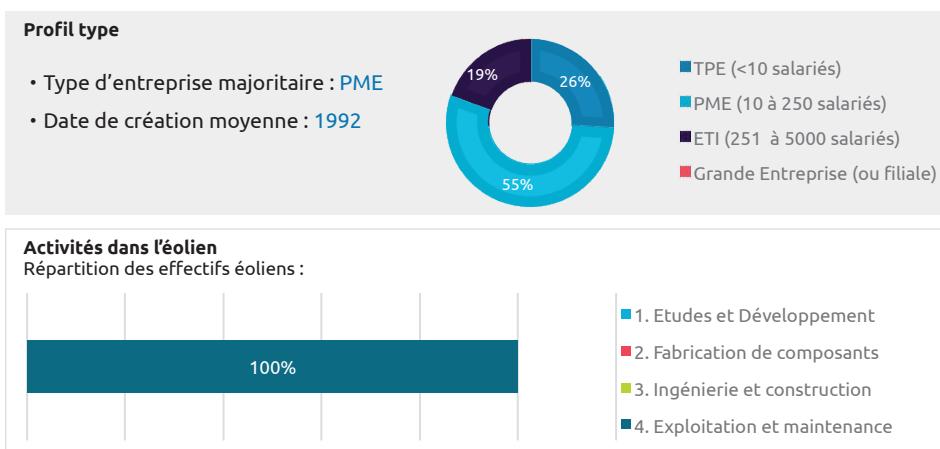
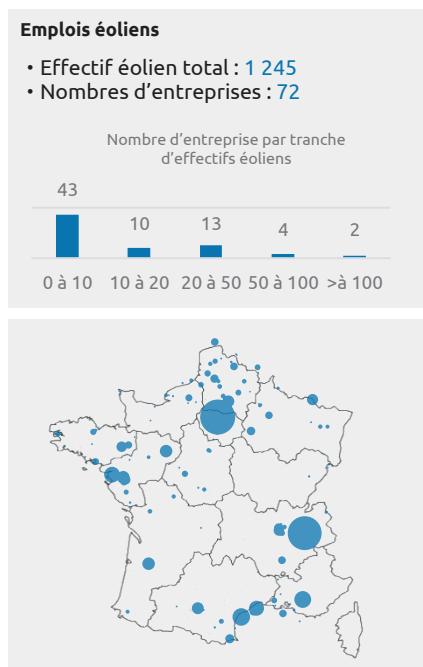
- 1. Etudes et Développement
- 2. Fabrication de composants
- 3. Ingénierie et construction
- 4. Exploitation et maintenance

Top 10 des emplois éoliens

1. ENEDIS L'ÉLECTRICITÉ EN RÉSEAUX	2. EUROVIA VINCI	3. OMEXOM POWER & GRID	4. Rte	5. SPIE
6. COLAS WE OPEN THE WAY	7. ENGIE Ineo	8. TECH INTER	9. Holcim	10. AltéAd

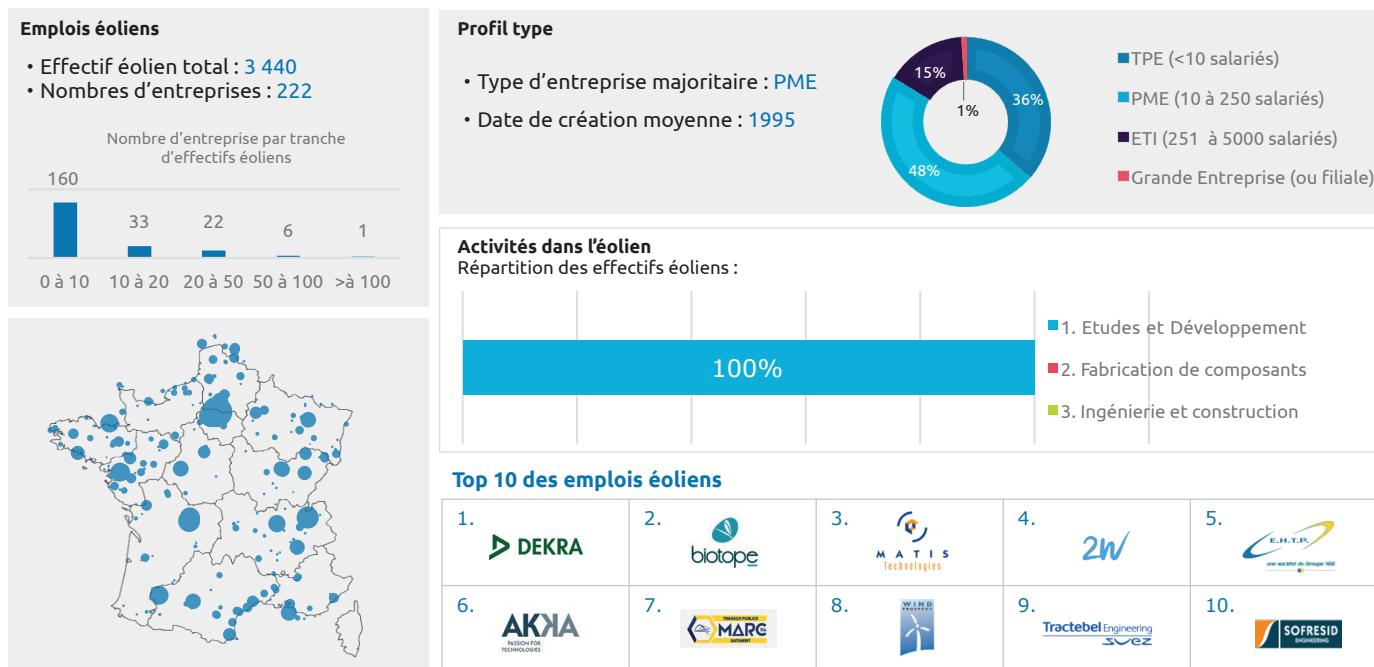
Carte d'identité des acteurs éoliens par catégorie

Maintenance (hors constructeurs)



Carte d'identité des acteurs éoliens par catégorie

Bureaux d'études, expertises et autres prestataires





162

Les crédits photographiques

Couverture : Enercon, GE, Nordex-Acciona, Siemens Gamesa, Poma Leitwind, Senvion, Vestas

Page 5	Enercon
Page 27	France Energie Eolienne
Page 28	Enercon
Page 29	Senvion
Page 32	Senvion
Page 38	Vestas
Page 44	Eole industrie
Page 79	Nordex Acciona
Page 90	Poma Leitwind
Page 91	Ingénieur développement
Page 92	GE
Page 93	Nordex Acciona
Page 94	Nordex Acciona
Page 95	Enercon

Page 97	Vestas
Page 104	RTE Enedis
Page 119	Siemens Gamesa
Page 121	Poma Leitwind
Page 126	Enercon
Page 129	GE
Page 131	Vestas
Page 132	Vergnet
Page 133	Siemens Gamesa
Page 137	Senvion
Page 140	Poma Leitwind
Page 154	GE
Page 162	Siemens Gamesa

Les membres de France Energie Eolienne

2W RH	GSTB	FALCK ENERGIES RENOUVABLES	METROL	SERGIES	WKN FRANCE
3D ENERGIES	CURICO SUSTAINABLE INVESTMENTS	FACTORY	MIROVA	SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY	WPD OFFSHORE
3E	CXC SL	FEERCM	MISTRAL ENERGIE	WIND	WPD SAS
8.2 CONSULTING	DAVID ENERGIES	FIDAL	MW ENERGIES	SITE A WATTS DEVELOPPEMENT	WPO
8.2 FRANCE	DE GAULLEUR EURENCE & ASSOCIES	DEKRA FILHET ALLARD ET COMPAGNIE	NASS & WIND SMART SERVICES	SKY PARTNER	ZEPHYR
ABE FRANCE	DELPHIN SOLAR	DETERGREEN	NEW ENERGIES MEXICO	SNC VS ENERGIE	
ABIS	DELHOM ACUSTIQUE	FONDEOLE	NATURAL POWER	NEAS ENERGY A/S	
ABO WIND	DEUTSCHE WINDTECHNIK S.A.R.L	FORCES EOLIENNES DU GEVAUDAN	NCA ENVIRONNEMENT	SOCIETE D'EOILENNE CARIBEEENNE	
ABSOLVENT	DLA PIPER FRANCE LLP	FRTÉ (TERRA ENERGIES)	NET WIND	SOCITÉ DE CONSTRUCTION	
ADMISATION	DLG	GEOPOLURAL FENOSA	NET WIND	SOCOTEC FRANCE	
ADI (AGENCE DE DEVELOPPEMENT ET D'INNOVATION NOUVELLE-AQUITAINE)	DS AVOCATS	GE WIND	NETDORDEUTSCHE LANDERBANK GIROZENTRALBÖFIVA ENERGIE		
AGREGIO	E.ON CLIMATE & RENEWABLES FRANCE	GEG ENR	NORDEX FRANCE	SOLEIL DU MIDI	
AGILE SOLUTION	SAS	GEG LUMINETTE NOUEL AARPI GLOBAL	NOVATEC	SOCITÉ DE CONSTRUCTION SERVICES	
AGILE AUDITICE ENVIRONNEMENT	SA	WP APOLO FRANCE GOTHAER	NORTON ROSE FULBRIGHT LLP	SOLVEO ENERGIE	
AKUO ENERGY	ECO DELIA	GP JOULE FRANCE SARL	NOTUS ENERGIE FRANCE	STATKRAFT MARKETS GMBH	
ALLIANCE DES VENTS	ECOLE CENTRALE NANTES	GRAS SAVOYE	NOUVERGIES	STEAG NEW ENERGIES GMBH	
ALLIANZ CAPITAL PARTNERS GMBH	ECOFONDS DEVELOPPEMENT SAS	GREEN ACCESS	MR WIND MANAGEMENT DAC	TCO WIND LORRAINE SAS	
ALLIANCE POWER FRANCE	EDF FRANCE HOLDING	GREENSOLVE	OBEN	TEG INTER	
ARCADIS ESG	EFFAGE ENERGIE MAINE BRETAGNE	GROUPE CHART	OMEXOM RENEWABLE ENERGIES OREMOTORFEKERIA	TENERDIS	
ARIANE GROUPE - AIRBUS	EFFAGE ROUTE NORD EST	GROUPALEO	ORMAZABAL FRANCE		
ARKEA BANQUE	EIMP	H2AIR	OSTWIND INTERNATIONAL	TERRE ET LAC CONSEIL	
ARKEA ENERGIES SAS	ELIOS	HELIOPALES	PARKWIND	TRIodos FINANCE BV	
ATLANTEA ENERGIES	ELAWAN ENERGY SL	HYDRONEXT	PLANETA FRANCE SAS	TPS	
ATLANTIQUE MARITIME SERVICES	ELEC-ENR SASU	IDEOL	POLE S ADEDE	TRIG ENERGY	
AXP0 FRANCE SAS	ELEMENTS SAS	IEE DEVELOPPEMENT	POMA LEITWIND	ULTRA INTERNATIONAL GMBH	
AXP0 R. T. E. FRANCE	ELIA FRANCE	IEE ENERGIES NOUVELLES IMAGIN'ERE	POVRY MANAGEMENT CONSULTING FRANCE	UNIPER FRANCE ENERGY SOLUTIONS	
B2S ASFRANCES	EMERGIA	IN CONTROL FRANCE	PRINCIPAL POWER FRANCE	VAL D'EOLE	
BDO ILE DE FRANCE	EMERGIA WIND TECHNOLOGIES B.V.	INEO ATLANTIQUE	PROXIMA SOCIETE D'AVOCATS	VATTENFALL EOLIEN SAS	
BHC ENERGY	ENBW ENERGIE BADEN-WÜRTTEMBERG AG	INEO RESEAUX CENTRE	QOS ENERGY	VELOCITA ENERGIES	
BIOPTON	ENCIS WIND	INTERGEN FRANCE SAS	QUADRAN	VENDEE ENERGIE	
BKW ENERGIE AG	ENERCON GMBH	INTERVENT SAS	REACTIS ENERGIE MARINE QUALCONSULT	VENTES D'EST	
BMH AVOCATS	ENERCOOP SCIC - SA	ISEG FRANCE	RENAULT ENERGIE	VENTES	
BMR PARIBAS	ENERGI EOLIENNE FRANCE	ISEG FRANCE TRAVAUX SPECIAUX	QUEENA ENERGIES RENOUVABLES	VENTS D'OCC ENERGIES RENOUVABLES	
BONDEX SAS	ENERGIEKONTOR AG	JIGRID	RAZEL-BEC	VENTS DU NORD	
BOREA	ENERGIES NORMANDIE	JOHN LAING PLC	RBA	VERBUND TRADING GMBH	
C.V.A. S.P.A.	ENERGIETEAM	KALLIOPE	RENUVO	VERDI	
CABINET RAVETTO ASSOCIES	ENERDOL	KARMA ENERGY	RES GROUP	VERSPIEREN	
CABINET (CIE ARMORICAINE D'ENERGIE VERTE)	ENERGO	KDE ENERGY FRANCE	RINA CONSULTING	VESTAS FRANCE	
CAISSE DES DEPOTS ET CONSIGNATIONS	ENGIE GREEN FRANCE	KELLER FONDATION SPECIALES	ROMA WIND	VOYAGE ENERGIE RENOUVABLE	
CALYCE DEVELOPPEMENT	ENVINERGY TRANSACTION	LA BANQUE POSTALE	SAINT-GERMAIN FRANCE	VOLKSWIND FRANCE SAS	
CEA STAEI	ENRICO CONSTRUCTING	LA COTE D'OR	SAPAK OFFSHORE	VULCAIN	
CENTRALES NEXT SAS	EOLEC	LEOSPHERE	SAFIR INGENIERIE	VULVAC AVOCATS	
CEPS	EOFI	LES VENTS MEUSES DU SUD	SAINTE-LAURENT ENERGIE	VOLTALIA	
CERIB	EOFILE SAS	LHOTELLIER - LEAD	SARL DU MONT FAVERGER	VWE	
CEIM	EOFILE FRANCE	LM ATLAS	SBM FRANCE	VSBE ENERGIES NOUVELLES	
CEZ FRANCE SAS	EPSILINE	LM WIND POWER	SCHEIDLER ELECTRIC	VULCAN	
CFAI DU DAUPHINÉ	EPSILON	LOUIS DREYFUS ARMATEUR	SDI LACOURTE RAQUIN TATAR	WATSON, FARLEY & WILLIAMS LLP	
CG SALES NETWORKS FRANCE	EPURON SAS	LPA - CGR AVOCATS	SE LEVAGE	WEATHERMETERVENT	
CGI ENERGY	EQUATOR (ANCIENNEMENT STATOIL)	LUCAS	SEL GROUPE	WIND FOR FUTURE	
CHAPELLE D'EOLE	ESCOPFI	VCLEE DHUODA	SEM SIP ENR	WINDKRAFT SIMONSFELD AG	
CHARIER GC	EUFRANCE	MARSH	SEML COTE D'OR ENERGIES	WINDPARKSERVICE	
CHOMARAT	EUROCAPE NEW ENERGY FRANCE EUROVIA	MASER ENGINEERING	SENVION	WINDSTROM FRANCE	
CMI TECH51 PASTOR	MANAGEMENT	MAZARS ALTER & GO CONCERTATION	SEREBMA	WINDVISION FRANCE SAS	
CORNIS SAS	MARINUS DEVELOPPEMENT	MD WIND	WIESEED		
CREDIT AGRICOLE LEASING ET FACTORING	EUROWATT SERVICES	MERSEN FRANCE AMIENS METEORAGE			
CREDIT COOPERATIF	EVERZO				
CREDIT INDUSTRIEL ET COMMERCIAL	EVERSHEDS				
	EW2				

Partenaires :
 Pôle Mer Méditerranée
 CCI Business
 France Energies Marines
 Office franco-allemand pour la transition énergétique (OFATE)
 Cluster maritime français

L'équipe de l'Observatoire 2019



-
- Matthieu Monnier
Responsable Pôle industrie, offshore,
territoire (EU et GR)
 - Cécile Maisonneuve-Cado
Vice-présidente de la commission industrie
 - Raphaël Cretin-Pablo
Analyste
-



- Sébastien Billeau
Ingénieur filière éolienne à l'ADEME



-
- Julien Cossé
Directeur Energy & Utilities
 - Marianne Boust
Directrice Energy & Utilities
 - Alexandra Bonanni
Responsable de l'Energy Strategy Lab
 - Pierre-Henri de La Codre
Consultant Energy & Utilities
 - Clément Naullet
Consultant Junior Energy & Utilities
-

- Pré-presse et Impression

ENCRE NOUS

www.encre-nous.com

OBSERVATOIRE DE L'ÉOLIEN 2019

Capgemini invent |  France
Energie
Eolienne