

# OBSERVATOIRE DE L'ÉOLIEN 2022

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

Septembre 2022



# Edito

La reprise post COVID, la guerre en Ukraine et les difficultés du parc nucléaire français, ont depuis l'automne 2021 profondément bouleversé le marché européen de l'énergie. Des prix moyens de l'électricité **largement au-dessus des 200€/MWh, une inflation à 2 chiffres sur de nombreuses matières premières essentielles** (acier, aluminium, cuivre...), **des tensions sur les approvisionnements en gaz et en électricité** font peser une menace sur la souveraineté de la France et de l'Europe. Ces défis historiques par leur ampleur et par le potentiel de déstabilisation pour notre pays appellent des réponses à la fois d'urgence, mais aussi plus structurelles.

Du côté des réponses d'urgence, il est indispensable de traiter **la question de l'inflation** qui bouleverse les équilibres économiques et la question de **l'offre d'électricité**, pour permettre de produire plus de MWh et ainsi détendre la tension sur les prix.

Contrairement à d'autres pays européens, la France a fait très tôt le choix de **protéger les ménages** à travers les boucliers tarifaires. Ces boucliers tarifaires qui ont limité la hausse des prix de l'électricité à 4% ont été, en grande partie, **financés par les avoirs issus des compléments de rémunération que les EnR** (essentiellement l'éolien et le solaire) **ont reversé à l'Etat**. La CRE dans son rapport de juillet sur les charges de service publics de

l'électricité, chiffre ces recettes additionnelles à **8 Mds d'euros, auxquelles il faut ajouter 7 Mds de dépenses évitées, soit 14 Md d'euros**.

Du côté de l'offre, environ **5 GW de projets éoliens sont en attente d'autorisation** alors même que nous sommes dans une situation où la période 2022 – 2025 va se caractériser par un manque chronique de MWh. Il est désormais urgent d'organiser, comme l'on fait la majorité des pays européens, **un déblocage rapide des autorisations en attente** afin de permettre la construction et la mise en production de ces capacités additionnelles, qui aux côtés des mesures de sobriété et de la résolution des difficultés du parc nucléaire existant, permettront de détendre la tension sur l'offre et la demande et ainsi sur les prix.

Au-delà de ces mesures d'urgence, il est également essentiel de **tirer les enseignements de cette crise**, en prenant des mesures plus structurelles, qui de notre point de vue doivent permettre :

- **Une planification énergétique** qui garantit un cadre de développement de moyen long terme à l'ensemble des énergies décarbonées et notamment à l'éolien, afin de prendre résolument le chemin de la sortie des énergies fossiles ;

- **La sécurisation d'une base française et européenne de production de composants** entrant dans la fabrication et l'assemblage des

éoliennes onshore et offshore. L'Europe et la France disposent encore d'une industrie éolienne sur leur territoire, il est essentiel de la défendre et de la faire prospérer pour ne pas se retrouver sous tutelle étrangère, comme sur de nombreuses autres filières, comme la crise COVID l'a révélé ;

- La préparation pour les entreprises, les collectivités, les acteurs du monde agricole, du **développement des contrats d'achat d'électricité de long terme à partir d'EnR** et notamment d'éolien, afin de leur donner accès à une électricité à un prix garanti à long terme, facteur clé de leur compétitivité, de leur équilibre budgétaire et de la sécurisation de leur capacité d'investissement.

Au moment où j'écris ces lignes le travail parlementaire sur la loi d'accélération ne va pas tarder à débiter et l'élaboration du projet de loi de programmation sur l'énergie se prépare.

**Je formule donc le vœux, au nom des 360 adhérents de la filière, que ces recommandations soient entendues pour que notre filière puisse jouer tout son rôle pour protéger les français des chocs en lien avec les énergies fossiles, le changement climatique et le pouvoir d'achat.**

**Anne-Catherine de Tourtier**

*Présidente de France Energie Eolienne*

# Résumé à l'intention des décideurs



# Les chiffres clés en 2021

## LE MARCHÉ DE L'ÉOLIEN EN FRANCE



2<sup>ème</sup> énergie  
renouvelable

en production d'électricité  
en France<sup>1</sup>



19 GW

d'éolien installés au  
31/12/2021<sup>1</sup>

+ 6,8% de  
puissance  
installée par  
rapport à 2020



36,8 TWh

d'électricité produite  
en 2021<sup>1</sup>



7,7%\*

de la consommation  
électrique Française en 2021<sup>1</sup>

## LES EMPLOIS DU SECTEUR ÉOLIEN



1<sup>er</sup> employeur

du secteur des énergies  
renouvelables électriques  
en France<sup>2</sup>



25 500 emplois

dans l'éolien à fin 2021<sup>3</sup>

+ 12,8% par  
rapport à  
2020

## COÛTS ET REVENUS



67,5€/MWh

le prix moyen de l'électricité  
éolienne au dernier appel  
d'offres AO10<sup>4</sup>



8 milliards d'€

de profit pour l'état en  
2021 générés grâce aux  
énergies renouvelables<sup>5</sup>

Sources :

<sup>1</sup> Bilan électrique 2021, RTE

<sup>2</sup> Latribune.fr

<sup>3</sup> Données FEE, traitement Capgemini Invent

<sup>4</sup> Ici l'AO10 correspond à l'AO2 PPE2 pour l'éolien terrestre

<sup>5</sup> La manne budgétaire générée par l'éolien et le solaire n'en  
finirait pas de grossir, Les Echos, 07/09/2022

\* taux de couverture moyen de la consommation par la  
production d'origine éolienne bilan électrique 2021 RTE

# Les apports de la filière éolienne en France en 2021



Des apports économiques qui bénéficient à tous

**7,6 Milliards d'€ de recettes éoliennes pour l'État en 2022 et 2023<sup>1</sup>**

**235 Millions d'€ de recettes fiscales locales en France en 2021<sup>2</sup>**

Des impôts locaux qui n'augmentent pas ou qui baissent dans les communes détenant un ou plusieurs parcs éoliens



Une filière qui contribue à la ré-industrialisation nationale

**5,8 Milliards d'€ de chiffres d'affaires en 2019, uniquement pour l'on-shore<sup>3</sup>**

**768 Millions d'€ d'exportations en équipements et en ingénierie<sup>3</sup>**

**4 des 12 unités européennes de production d'équipements offshore sont situées en France<sup>4</sup>**



Une adhésion massive des citoyens

**73% des Français<sup>5</sup> ont une bonne image de l'énergie éolienne**

**11,4 Millions d'€ collectés en crowdfunding pour financer l'éolien en 2021<sup>6</sup>**

Le Gouvernement travaille à l'élaboration d'une feuille de route pour généraliser le principe de gouvernance partagée (participation citoyenne)



Des bénéfices majeurs pour la collectivité

**5 Millions de tonnes de CO2 évitées grâce au développement du solaire et de l'éolien en France<sup>7</sup>**

L'installation de parcs éoliens permet aux communes rurales **d'améliorer plusieurs services publics** tels que :

- La réfection de routes
- La construction / rénovation de lieux culturels et touristiques
- La mise en place de la fibre optique
- La rénovation de l'éclairage public

<sup>1</sup> Hors recettes fiscales - Lettre d'information de la CRE, Juillet 2022

<sup>2</sup> Estimation basée sur une moyenne de 12 500€ / MW installé moyenne IFER

<sup>3</sup> Ademe - Etude Marché de l'éolien 2021

<sup>4</sup> Sans compter l'usine de production de Fondations des Chantiers de l'Atlantique à Saint-Nazaire.

<sup>5</sup> Etude Harris Interactive pour le Ministère de la Transition écologique, Août 2021

<sup>6</sup> Crowdfunding : 185 M€ pour la transition énergétique, GreenUnivers, 12/05/2022

<sup>7</sup> Note : précisions sur les bilans CO<sub>2</sub>, RTE

# Le marché de l'éolien en France en 2021



**418 éoliennes**<sup>1</sup>  
installées en 2021



**7,7%**<sup>2</sup>  
de la consommation  
électrique Française en  
2021\*



**1,2 GW**<sup>2</sup>  
de capacité éolienne  
installée et raccordée en  
2021



**36,8 TWh**<sup>2</sup>  
d'électricité produite à  
partir d'énergie éolienne

## Les chiffres clés

Près de **9 000 éoliennes** en France fin 2021 réparties sur près de **1400 parcs**<sup>3</sup>

La capacité éolienne installée en 2021 est en **baisse par rapport à 2020** durant laquelle 1,3GW avait été installé. **700 MW éolien supplémentaires** auraient dû être installés en 2021. La France est ainsi le seul pays européen en retard sur ses objectifs annuels de développement d'ENR&R, risquant une amende de 500 millions d'euros.

L'éolien est la **seconde source d'énergie renouvelable électrique** après l'hydraulique, et la troisième source de production d'électricité en France après le nucléaire.

Sources :

<sup>1</sup> WindEurope, « Wind energy in Europe in 2021 »,

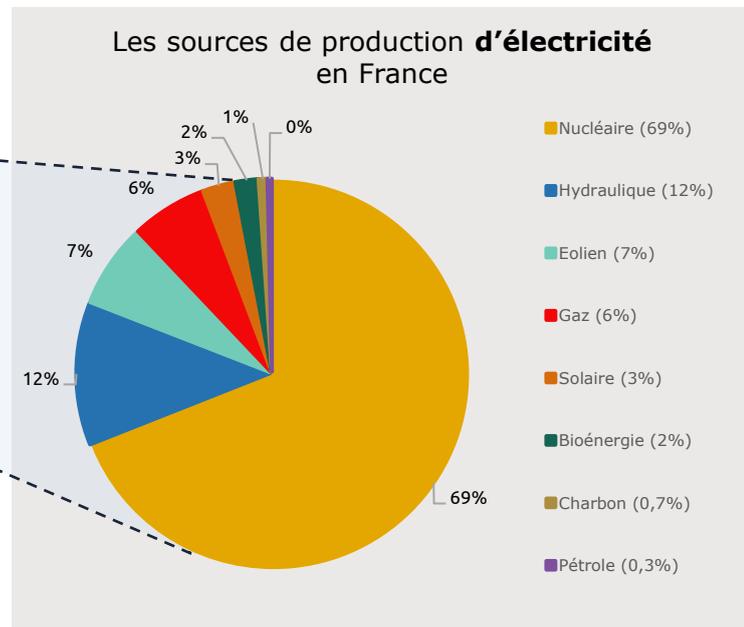
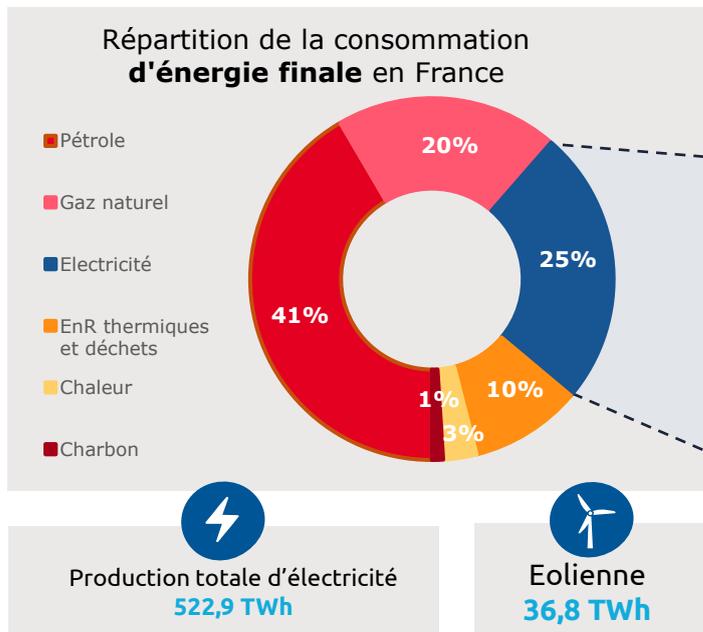
<sup>2</sup> Bilan électrique 2021, RTE et étude FEE

<sup>3</sup> Transition énergétique.eco et wind Power

\* taux de couverture moyen de la consommation par la production d'origine éolienne bilan électrique 2021 RTE

# La place de l'éolien dans le mix énergétique Français en 2021

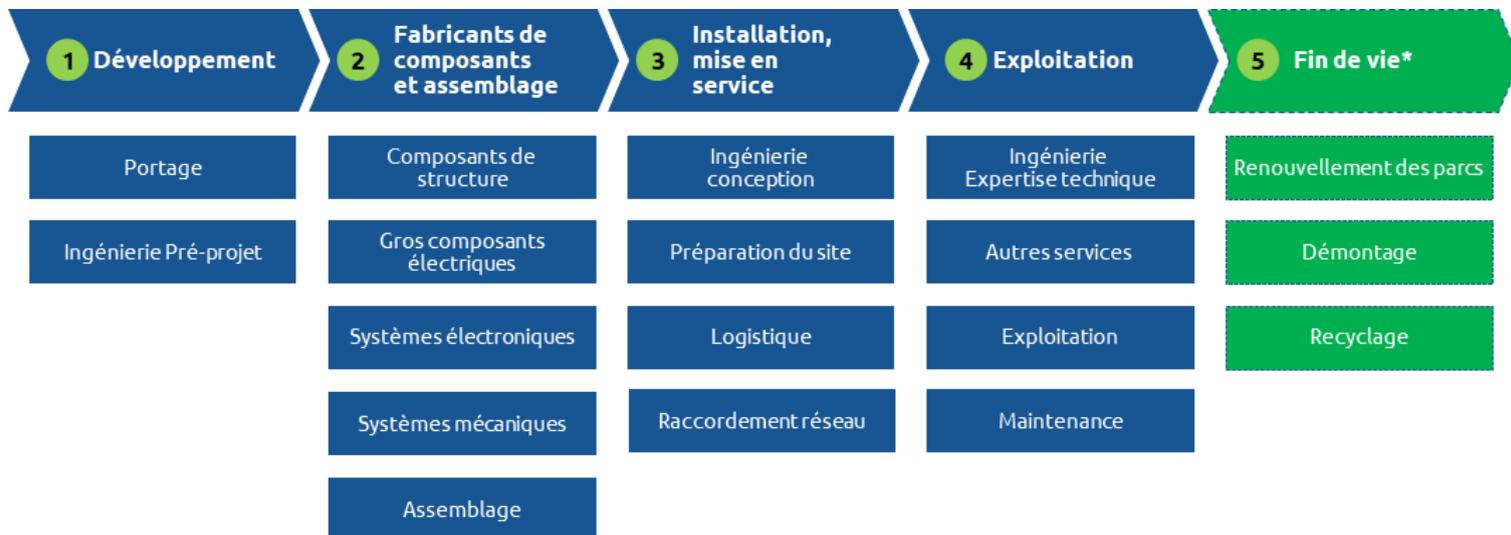
L'électricité correspond à **25%** de la consommation d'énergie en France.  
En 2021, l'éolien a représenté, **7%** de la production d'électricité française.



Sources : RTE Bilan électrique 2021 et Chiffres clés de l'énergie 2021, Ministère de la transition écologique

# Présentation de la filière

## Aperçu de la chaîne de valeur de la filière éolienne



# Faits marquants et chiffres-clés



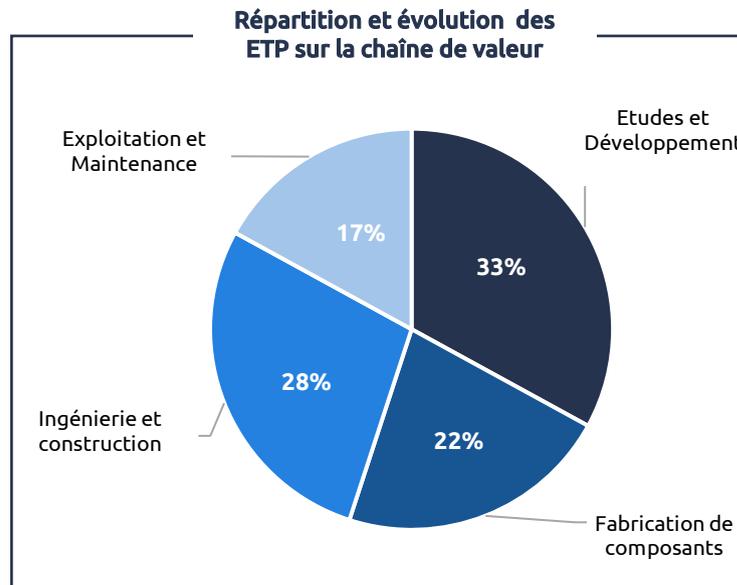
**25 500 ETP**  
dans l'éolien à  
fin 2021



**12,8 %**  
d'augmentation des  
emplois en 2021

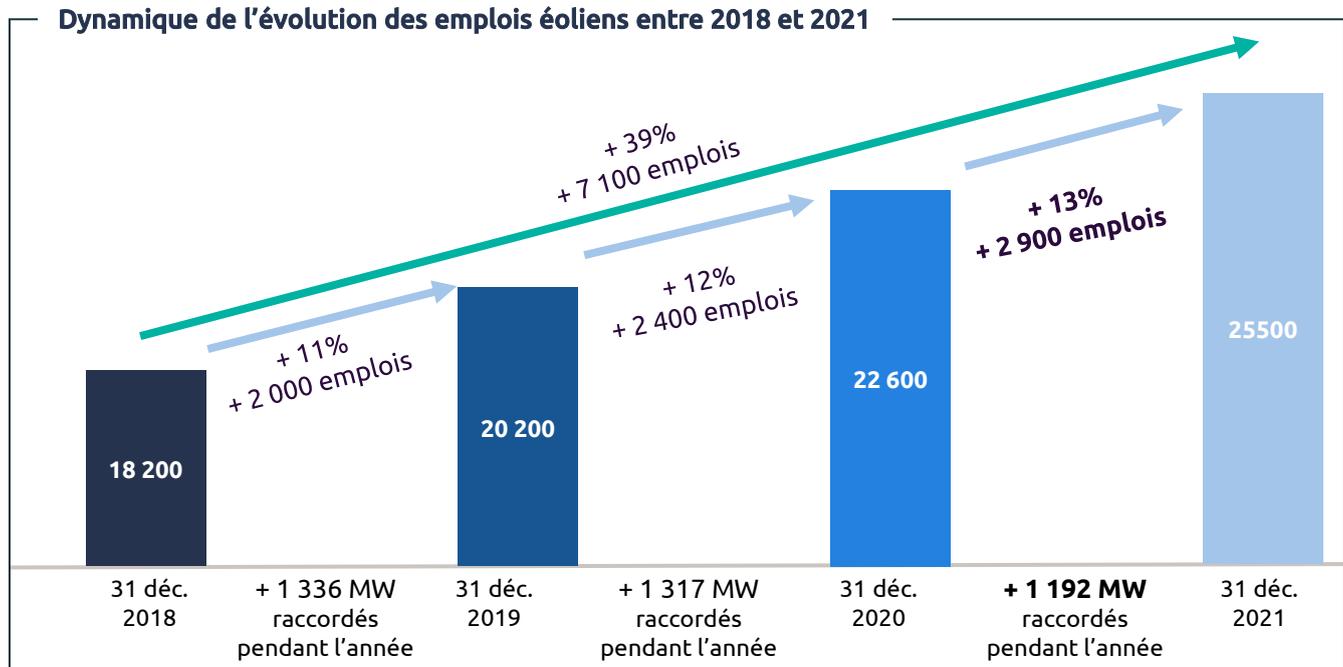
En 2021, **les emplois de la filière ont continué de croître à un rythme important** puisque le taux de croissance s'approche de 13%, avec un total de 25 500 emplois directs et indirects en France au 31 décembre 2021.

**Comme en 2020, l'éolien en mer booste la croissance des emplois de la filière française.** La montée en puissance des chantiers des parcs de Saint Nazaire, Fécamp et Saint-Brieuc explique largement cette tendance. Avec croissance constatée de plus de 20%, l'éolien en mer représente environ 6300 emplois en 2021<sup>1</sup>. C'est en Normandie et dans les Pays de la Loire que les emplois de l'éolien en mer se développent fortement.



# La croissance de l'emploi éolien en France en 2021

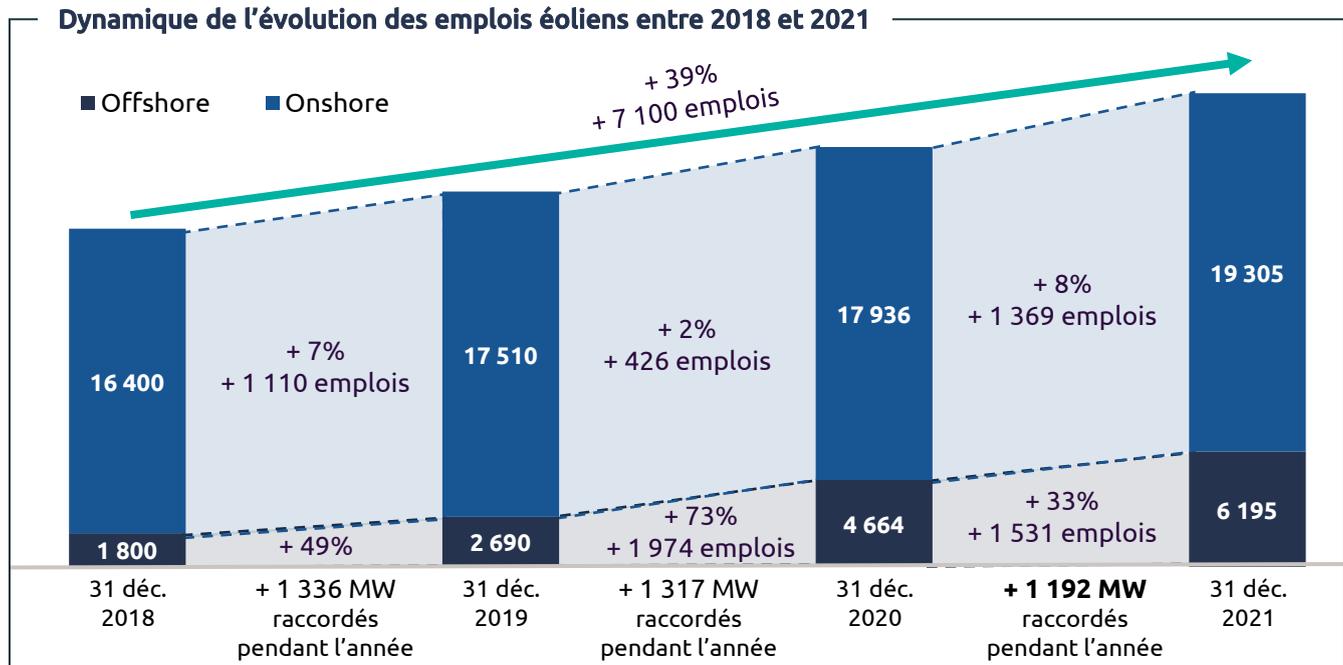
Le nombre d'emplois éoliens continue à augmenter poussé notamment par le développement de l'offshore



Source : Etude FEE 2022 et traitement des données Capgemini Invent

# La croissance de l'emploi éolien en France en 2021

Le nombre d'emplois éoliens continue à augmenter poussé notamment par le développement de l'offshore



Source : Etude FEE 2022, Observatoire des Energies de la mer 2022 et traitement des données Capgemini Invent

# Sommaire

## Le marché de l'éolien en France en 2021

- |   |       |
|---|-------|
| a. <u>Le bilan 2021 du marché de l'éolien</u>     | p. 15 |
| b. <u>La construction d'un projet éolien</u>      | p. 25 |
| c. <u>L'adhésion des Français</u>                 | p. 28 |
| d. <u>L'évolution des technologies terrestres</u> | p. 30 |
| e. <u>L'éolien en mer en 2021</u>                 | p. 33 |

## Economie de l'énergie et éolien

- |  |       |
|--|-------|
| a. <u>La résilience de la filière face à la crise énergétique</u>              | p. 44 |
| b. <u>Les retombées économiques et fiscales pour les collectivités locales</u> | p. 47 |
| c. <u>La consolidation de l'industrie sur le territoire national</u>           | p. 51 |
| d. <u>Les Corporate PPA</u>  | p. 53 |

## Les emplois dans l'éolien en 2020

- |   |       |
|---|-------|
| a. <u>Les faits marquants et chiffres-clés</u>            | p. 57 |
| b. <u>La dynamique de l'emploi sur le territoire</u>      | p. 59 |
| c. <u>Les formations de l'éolien</u>                      | p. 62 |
| d. <u>Focus sur l'Observatoire des énergies de la mer</u> | p. 69 |
| e. <u>L'animation de la filière</u>                       | p. 74 |

# Sommaire

## Les challenges de l'éolien d'ici à 2030

- a. L'intégration au réseau p. 77
- b. La maîtrise de la variabilité p. 95
- c. L'éolien durable p. 100

## Annexes

- a. Fonctionnement d'une éolienne et choix de l'implantation d'un parc p. 112
- b. Cartes de l'implantation du tissu éolien en régions p. 114
- c. Cartes d'identité des acteurs éoliens par catégorie p. 127
- d. Focus formations p. 134
- e. L'animation de la filière p. 137
- f. Méthodologie de l'élaboration de l'observatoire de l'éolien p. 146



# Le marché de l'éolien en France en 2021

# Le marché de l'éolien - Introduction

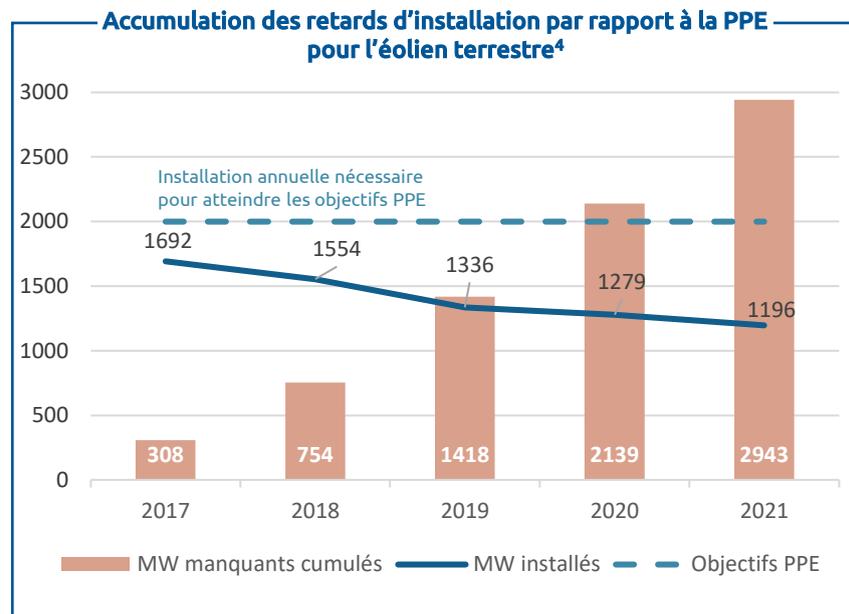
Un calendrier, un nombre d'appels d'offres et des autorisations insuffisantes pour tenir les objectifs fixés par la PPE

L'objectif de **neutralité carbone de la France en 2050 a été précisé** par la PPE publiée en avril 2020<sup>1</sup>. Elle fixe les objectifs de transition énergétique du pays jusqu'en 2028 avec une augmentation de la capacité de l'énergie éolienne de **45% en 3 ans pour atteindre 24,1GW<sup>2</sup>**.

Or avec seulement 1 191 MW raccordés en 2021, il y a un **réel décrochage de la France** qui ne parvient pas à atteindre le rythme qu'elle s'est fixée : à savoir une augmentation annuelle de sa capacité éolienne installée de **2 GW**.

Si le secteur poursuit à ce rythme, on **atteindra 27 GW onshore installés en 2028** contre les 34 GW souhaités, soit un manque de capacité de **7 GW**.

L'éolien en mer ne fait pas exception puisque dans le meilleur des cas, seuls **1,5 GW devraient être installés d'ici à 2023** contre **2,4 GW prévu initialement** dans la PPE<sup>3</sup>.



Source : <sup>1</sup>Décret d'application de la PPE, publié au JO le 23/04/2020 + SDES 2020 PPE : Programmation pluriannuelle de l'énergie

<sup>2</sup>Rapport de synthèse de la commission de régulation de l'énergie, janvier 2022

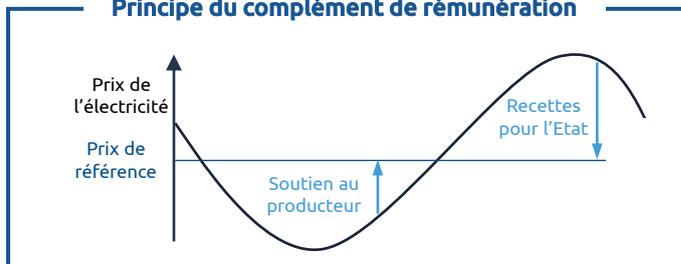
<sup>3</sup>Où en est l'éolien en mer en France ?; Révolution énergétique

<sup>4</sup> Données FEE

# L'éolien, une source de revenu pour l'État

Les retards d'installation par rapport à la PPE s'accumulent provoquant un manque à gagner de plusieurs milliards pour l'état

## Principe du complément de rémunération



**18 Milliards d'€**  
de recettes pour l'Etat en  
cas d'atteinte des objectifs  
de la PPE en 2035<sup>2</sup>



**600 Millions d'€**  
de manque à gagner pour  
l'Etat, dû au non respect de  
la PPE en 2021<sup>1</sup>

## Les revenus générés par l'éolien pour l'État<sup>2</sup> et<sup>3</sup>

L'éolien et les autres énergies renouvelables peuvent être source de revenu pour l'État grâce au mécanisme qui les intègre au marché de l'énergie. Ce mécanisme s'appelle le complément de rémunération et repose sur deux principes :

- Lorsque les prix du marché sont inférieurs au prix fixé lors de l'attribution du projet éolien, l'État verse un complément de rémunération au producteur.
- A l'inverse, lorsque les prix du marché sont supérieurs au prix fixé lors de l'attribution du projet éolien c'est le producteur qui verse à l'état la différence.

**Ainsi la filière éolienne reversera 4 Milliards à l'Etat au titre de 2022 (éolien terrestre et en mer), et 3,6 Milliards à l'Etat en 2023.**

L'atteinte des objectifs de la PPE permettrait à l'État **une recette nette estimée à 18 Milliards d'euros d'ici à 2035<sup>4</sup>.**

La filière éolienne participe donc de manière positive aux finances publiques, tout en permettant de diminuer les importations d'énergies fossiles.

Sources :

<sup>1</sup> Base de données FEE

<sup>2</sup> Les revenus de l'éolien français reversés à l'Etat, FEE

<sup>3</sup> Evaluation des charges de service public de l'énergie à compenser pour l'année 2023, CRE

<sup>4</sup> Hypothèse : prix moyen de 200€/MWh jusqu'en 2025 puis de 90€/MWh jusqu'en 2035

# Le marché de l'éolien en France en 2021



**418 éoliennes**<sup>1</sup>  
installées en 2021



**7,7%**<sup>2</sup>  
de la consommation  
électrique Française en  
2021\*



**1,2 GW**<sup>2</sup>  
de capacité éolienne  
installée et raccordée en  
2021



**36,8 TWh**<sup>2</sup>  
d'électricité produite à  
partir d'énergie éolienne

## Les chiffres clés

Près de **9 000 éoliennes** en France fin 2021 réparties sur près de **1400 parcs**<sup>3</sup>

La capacité éolienne installée en 2021 est en **baisse par rapport à 2020** durant laquelle 1,3GW avait été installé. **700 MW éolien supplémentaires** auraient dû être installés en 2021. La France est ainsi le seul pays européen en retard sur ses objectifs annuels de développement d'ENR&R, risquant une amende de 500 millions d'euros.

L'éolien est la **seconde source d'énergie renouvelable électrique** après l'hydraulique, et la troisième source de production d'électricité en France après le nucléaire.

Sources :

<sup>1</sup> WindEurope, « Wind energy in Europe in 2021 »,

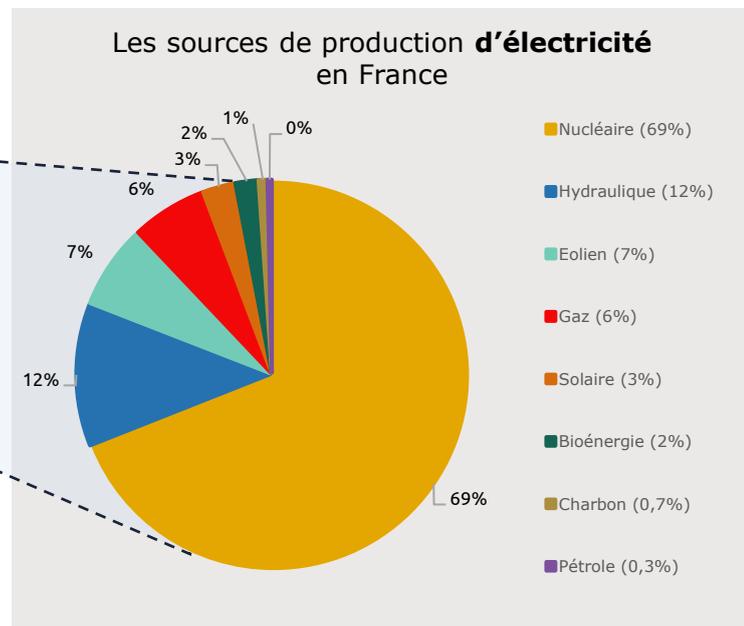
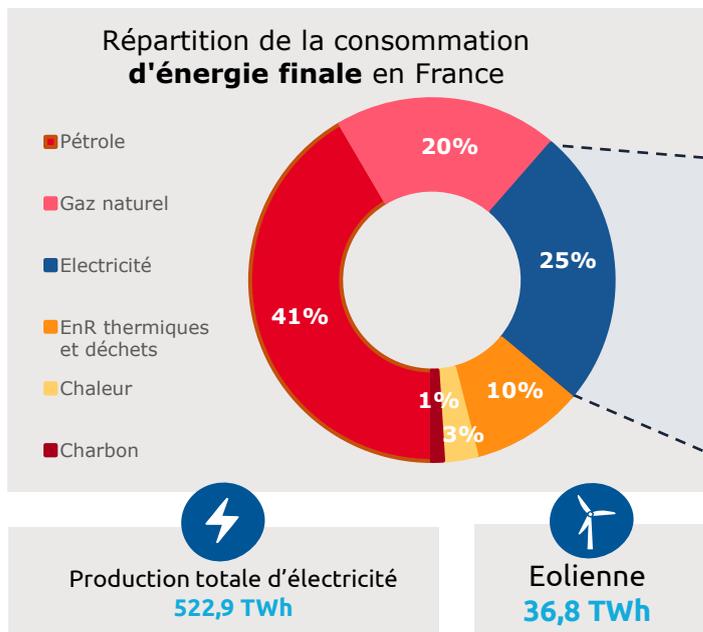
<sup>2</sup> Bilan électrique 2021, RTE et étude FEE

<sup>3</sup> Transition énergétique.eco et wind Power

\* taux de couverture moyen de la consommation par la production d'origine éolienne bilan électrique 2021 RTE

# La place de l'éolien dans le mix énergétique Français en 2021

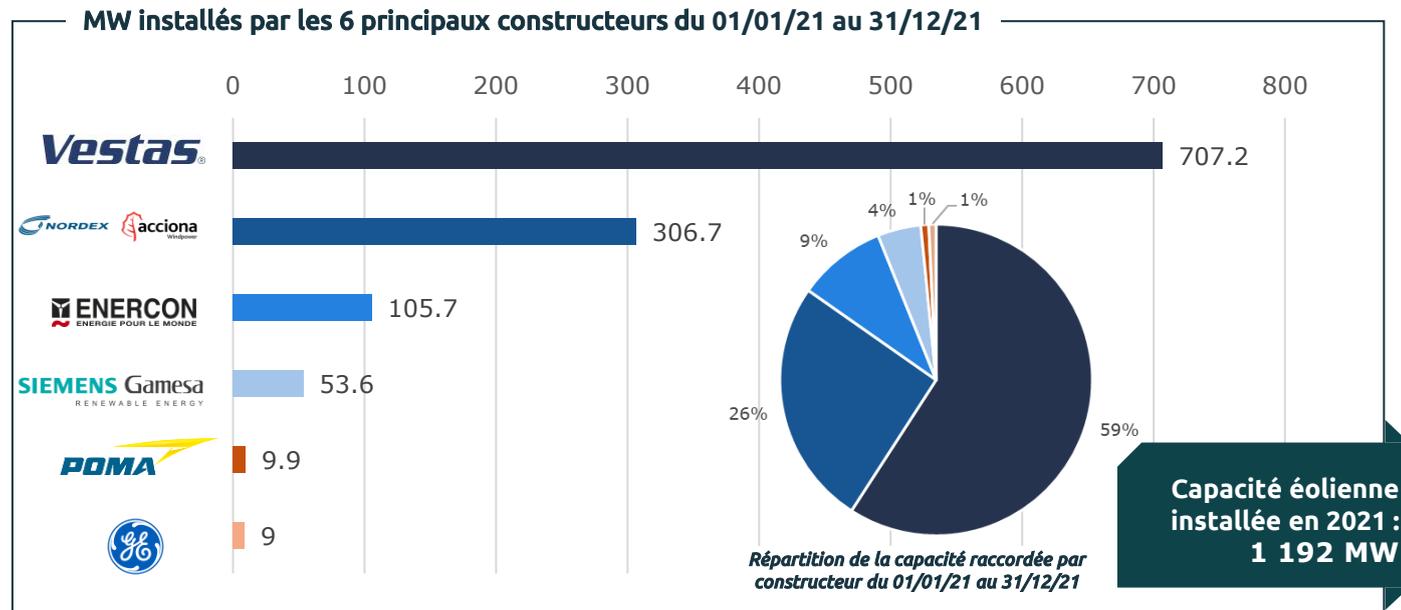
L'électricité correspond à **25%** de la consommation d'énergie en France.  
En 2021, l'éolien a représenté, **7%** de la production d'électricité française.



Sources : RTE Bilan électrique 2021 et Chiffres clés de l'énergie 2021, Ministère de la transition écologique

# Bilan du marché de l'éolien

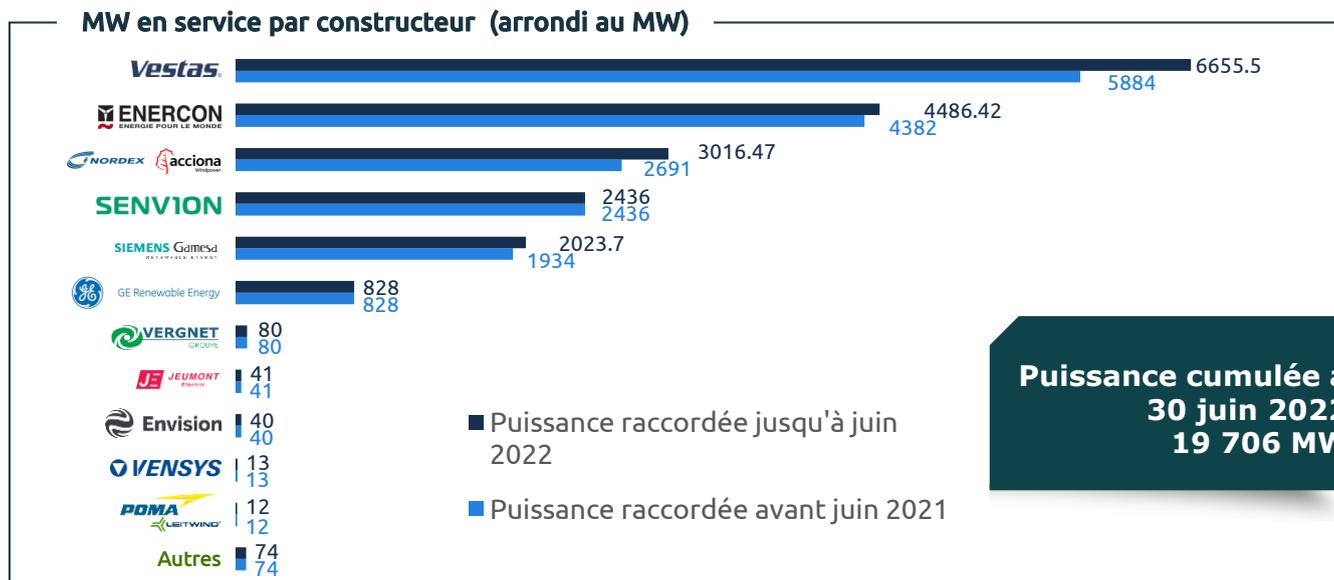
## 1,2 GW de capacité éolienne installée en France en 2021



NB : « la puissance installée » peut varier de la « puissance raccordée » telle que rapportée par RTE France en raison du délai entre le raccordement et la mise en service.

# Bilan du marché de l'éolien

La puissance cumulée en service en France au 30 juin 2022 est de 19,7 GW

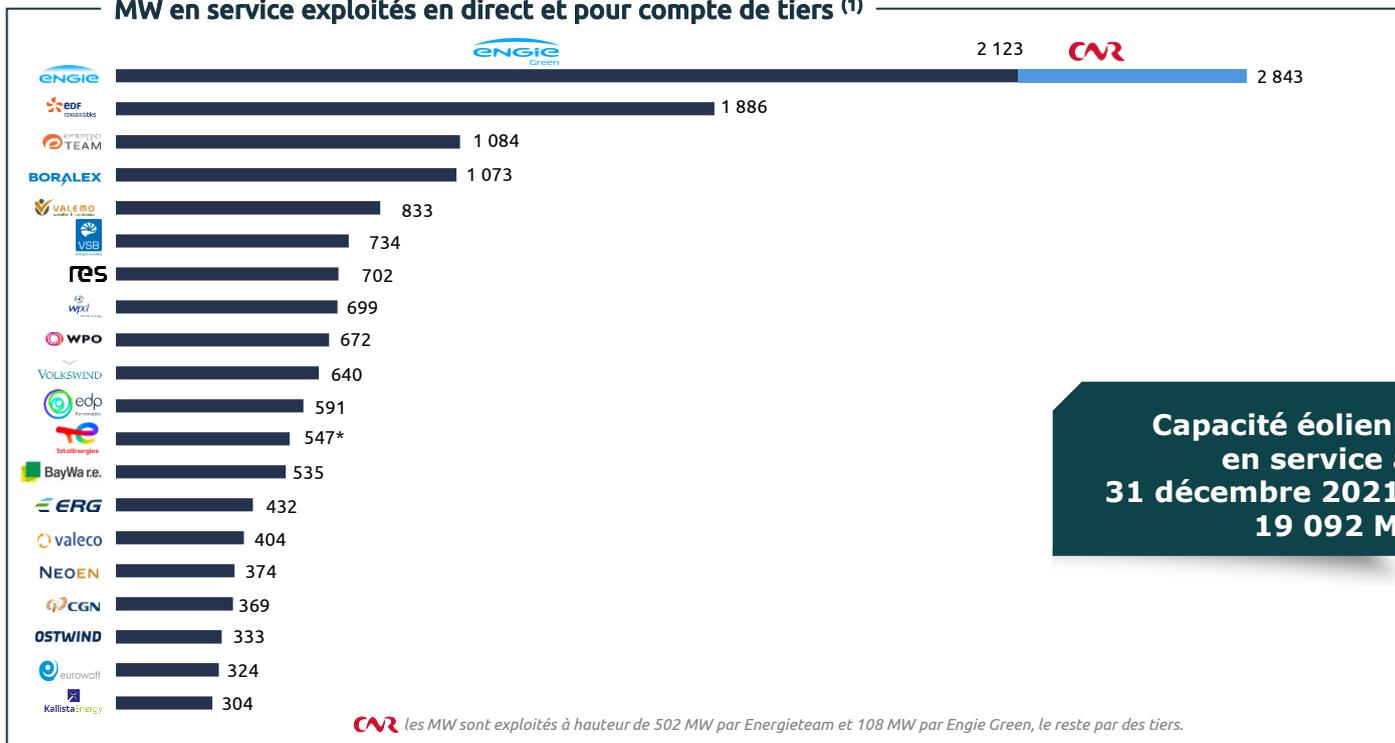


Source : Etude FEE, 2022

# Bilan de la puissance raccordée

## Top 20 des exploitants éoliens en France

MW en service exploités en direct et pour compte de tiers <sup>(1)</sup>

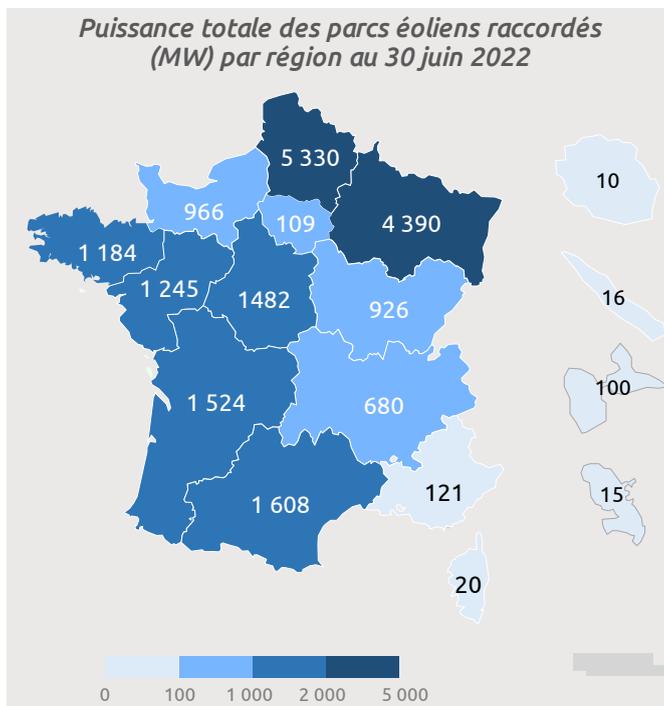


Source : Etude FEE, 2022

\* Chiffres 2020

# Bilan du marché de l'éolien par région

La répartition actuelle des MW installés atteste de la dominance des régions du Nord-Est et de l'Ouest



Source : Etude FEE, 2022

Les capacités éoliennes sont réparties sur l'ensemble du territoire français, **avec près de 1 400 parcs**, implantés dans l'ensemble des régions métropolitaines ainsi qu'en Outre-Mer.

Les **Hauts-de-France** et le **Grand Est** sont les premières régions éoliennes. Ces 2 régions représentent à elles seules **50% de la puissance raccordée** en France. **L'Occitanie**, berceau historique de l'éolien en France, occupe quant à elle la **3<sup>ème</sup> position au niveau national**.

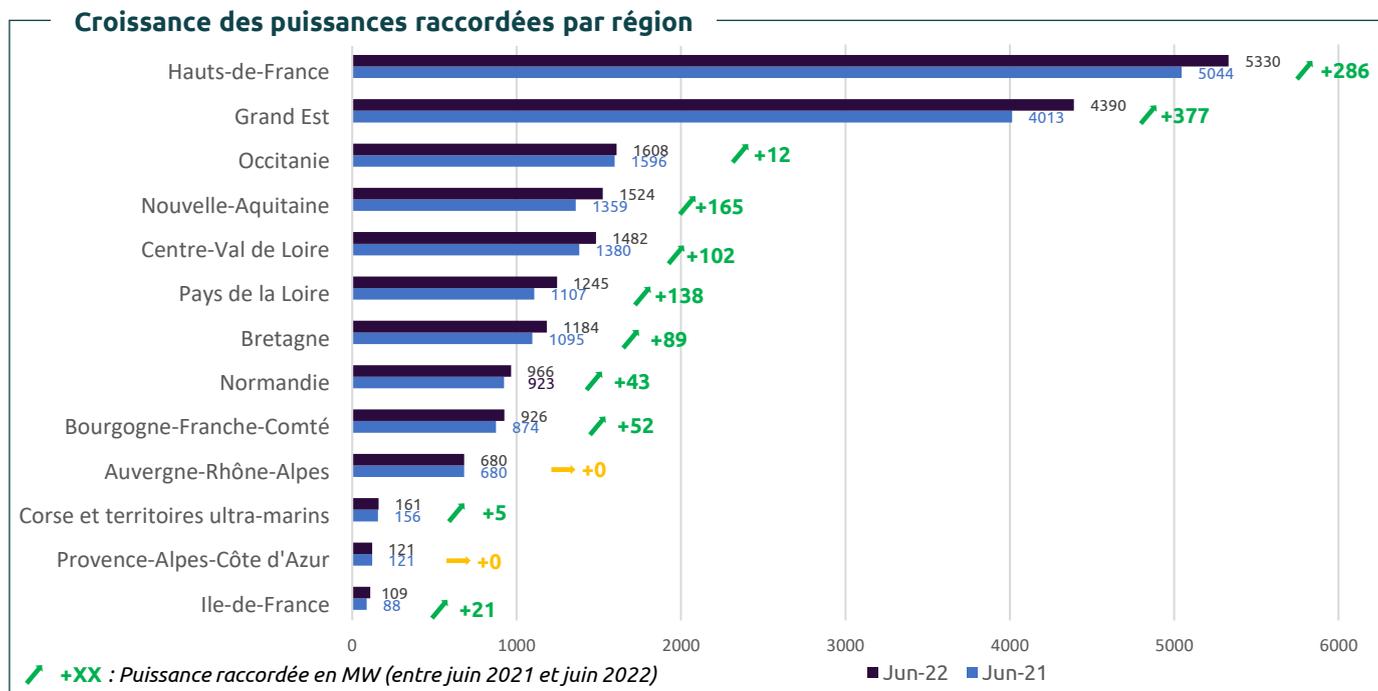
D'autres régions poursuivent leur progression. Ainsi la région Ile de France a largement dépassé en 2021 les **100 MW raccordés**.

Les régions Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire ont vu leur puissance installée croître de plus de 12% sur un an, preuve du **développement harmonieux** de la filière en cours sur l'ensemble du territoire.

7 régions sur 13 comptent plus de **1 000 MW** de puissance éolienne raccordée sur le réseau à fin juin 2021

# Evolution de la puissance raccordée

La puissance raccordée augmente en France de plus d'un GW, avec 5 régions ayant installé plus de 100MW en 2021



Source : Etude FEE et traitement des données Capgemini Invent, 2022

# Le marché éolien français dans le contexte européen

L'Europe de l'éolien poursuit sa croissance, avec des stratégies différentes entre l'onshore et l'offshore selon les pays



Puissance raccordée (onshore et offshore) fin 2021 en Europe

Légende :

Puissance totale des parcs éoliens raccordés – en MW



Sources : WindEurope, « Wind energy in Europe in 2021 » ; RTE, « Bilan électrique 2021 »

Zoom sur les 15 pays avec les plus grandes puissances raccordées fin 2021

	Pays	Puissance cumulée à fin 2020 (MW)	Dont puissance offshore à fin 2020 (MW)	Croissance 2020-2021*	Puissance cumulée à fin 2021 (MW)	Dont puissance offshore à fin 2021 (MW)	% mix électrique 2021
1	Allemagne	62 627	7 689	+ 1 216	63 843	7 713	23 %
2	Espagne	27 264	5	+ 932	28 196	5	24 %
3	Royaume-Uni	24 167	10 428	+ 2 645	26812	12739	22%
4	France	17 949	2	+ 1 132	19 081	2	8%
5	Suède	9 992	192	+ 2105	12097	192	19%
6	Italie	10 852	0	+ 256	11108	0	7%
7	Pays-Bas	6 784	2 611	+ 1 381	8165	2986	15%
8	Danemark	6 180	1 703	+ 998	7178	2308	<b>44%</b>
9	Pologne	6 614	0	- 267	6347	0	9%
10	Portugal	5 486	25	+ 126	5612	25	<b>26%</b>
11	Belgique	4 719	2 261	+ 283	5002	2261	13%
12	Grèce	4 113	0	+ 339	4452	0	18%
13	Irlande	4 351	25	+ 54	4405	25	<b>31%</b>
14	Finlande	2 657	71	+ 671	3328	71	9%
15	Autriche	3 210	0	+ 90	3300	0	11%

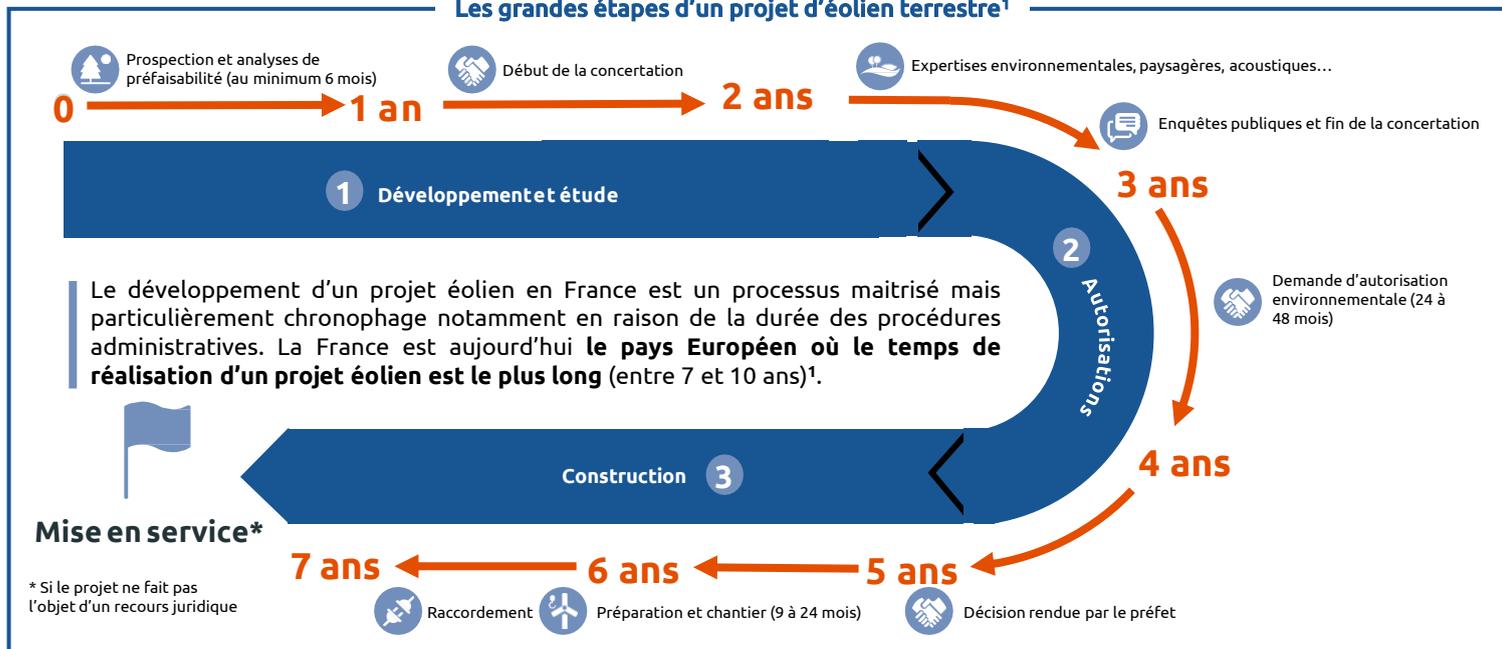
\* : Les données de croissance de MW en France présentées par WindEurope diffèrent de celles présentées par la FEE car elles sont issues d'une méthode de calcul différente.

Malgré sa superficie importante, la France possède une puissance installée qui ne représente qu'un tiers de celle de l'Allemagne, contribuant à 7% du mix électrique national (contre 15% au niveau européen). Les mix électriques du Danemark, de l'Irlande et du Portugal, couverts à plus d'un quart par l'éolien, démontrent également la  **faisabilité technique**  de piloter un réseau avec une forte part d'énergies renouvelables.

# La construction d'un projet éolien

En France, la construction d'un parc éolien nécessite deux fois plus de temps que la moyenne Européenne (3 à 5 ans)

## Les grandes étapes d'un projet d'éolien terrestre<sup>1</sup>



Source : <sup>1</sup> Comment se décide et se construit un parc éolien, info-eolien.fr

# La construction d'un projet éolien

En France, la construction d'un parc éolien nécessite deux fois plus de temps que la moyenne Européenne

## Les grandes étapes d'un projet d'éolien en mer<sup>1</sup>



Source : eoliennesenmer.fr

# La construction d'un projet éolien

Malgré des objectifs nationaux ambitieux des contraintes importantes, de natures variées, jouent sur l'implantation des parcs éoliens

## Contraintes administratives et réglementaires



Il faut environ 18 mois pour obtenir l'autorisation environnementale, auquel pour 2/3 des projets s'ajoute 4 ans de recours supplémentaires (en moyenne)<sup>1</sup>



Des projets éoliens sont éliminés pour des raisons administratives comme par exemple une pièce manquante au dossier d'appel d'offre

## Contraintes territoriales



Contraintes militaires : nécessité d'obtenir l'autorisation du Ministère des Armées si le parc est proche d'un radar militaire et les couloirs de navigation militaires empêchent l'implantation d'éoliennes sur près de 50% du territoire



Un droit mou de plus en plus fourni et pris en compte par les services de l'Etat (exemple de la partie paysage du guide national relatif aux études d'impacts)

## Contraintes sur la production



Il est parfois demandé de brider les éoliennes pour des raisons environnementales et acoustiques.



Il est nécessaire d'obtenir une nouvelle autorisation environnementale si la modification du parc lors d'un repowering est considérée comme substantielle<sup>2</sup>

## Contraintes de marché



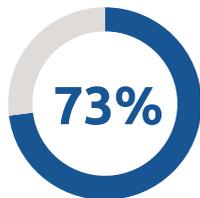
Il peut y avoir une variation importante des prix de construction (machines, raccordement, génie civil) entre la réponse des constructeurs aux appels d'offres et la confirmation des commandes : ainsi, les prix ont augmenté de 30% depuis septembre 2021

Sources : <sup>1</sup>La réglementation en France, FEE ;

<sup>2</sup>Renouvellement des parcs éoliens entre ambitions et contraintes, lemondedelenergie

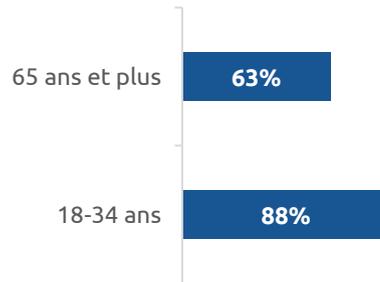
# L'adhésion des Français à l'éolien

Les nouvelles générations plébiscitent le choix de l'éolien comme une solution nécessaire dans la lutte contre le changement climatique

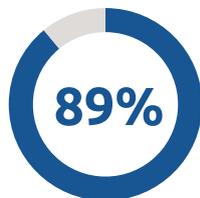


Des Français ont une **bonne image de l'énergie éolienne**

On peut noter un gap générationnel sur l'acceptabilité de l'éolien au sein de la population : alors que 88% des moins de 35 ans ont une bonne image de l'énergie éolienne, cela n'est le cas que pour 63% des personnes âgées de plus de 65 ans.



Des Français considèrent que l'éolien est une **source d'énergie propre et inépuisable**



Des Français jugent le **développement de l'éolien nécessaire** pour la transition énergétique



2 Français sur 3 estiment que **l'installation d'un parc** à proximité de chez eux serait **une bonne chose**

Sources : Harris Interactive, 2021 ; GreenUnivers - « Baromètre du financement participatif des EnR », Baromètre IRSN

# L'adhésion des Français à l'éolien

Les projets de production d'énergie renouvelable impliquant les citoyens dans les décisions et l'investissement se multiplient en France

Il existe en France **plus de 250 projets de production d'énergie renouvelable** fondés sur une implication durable des habitants et des collectivités locales **dans leur gouvernance et leur financement**.

Cette énergie citoyenne, décidée, financée et produite en circuit-court **par les habitants** met en valeur les ressources naturelles locales du territoire. Elle permet également **d'accroître l'adhésion des citoyens** au projet et aux enjeux de la transition énergétique.

Au sein des appels d'offres de **nouveaux critères de financement collectif et de gouvernance partagée** ont vu le jour. Ainsi des « bonus » sont alloués aux candidats ayant développé ces aspects de leur projet : **la gouvernance partagée est valorisée à +0,3 c€/kWh et le financement participatif +0,1 c€/kWh<sup>1</sup>**.



278

Projets citoyens  
d'énergies renouvelables<sup>2</sup>



1048 GWh

Produits par an



+ de 100 M€

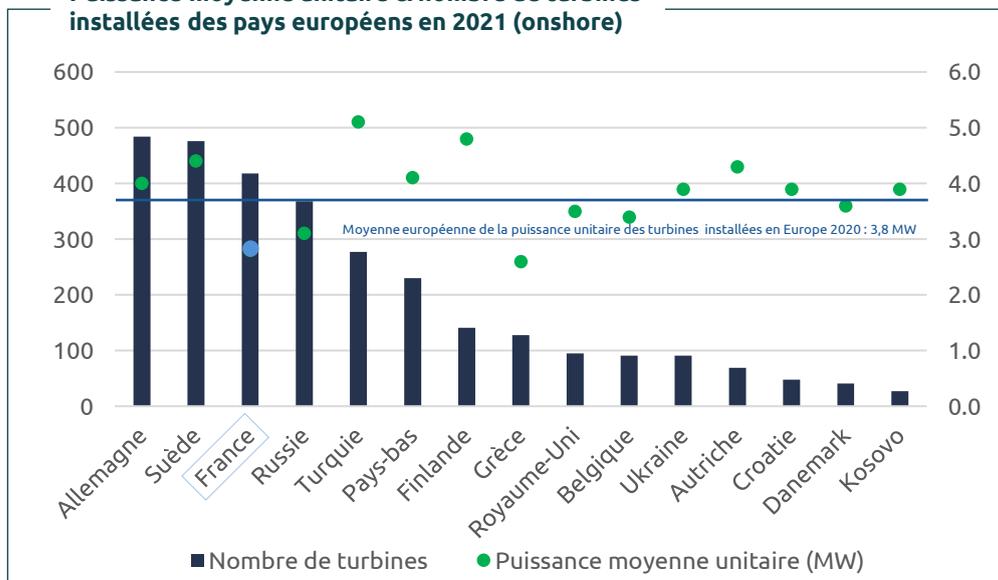
De collecté en financement participatif  
pour les énergies renouvelables<sup>3</sup>

Source : <sup>1</sup>Délibération n°2022-02, CRE ; <sup>2</sup>energie-partagee.org/ ; <sup>3</sup>En 2020, le crowdfunding des EnR a dépassé 100 M€, GreenUnivers

# Des technologies terrestres qui poursuivent leurs évolutions

La France installe de nombreuses turbines mais la puissance installée est une des plus faibles d'Europe

Puissance moyenne unitaire & nombre de turbines installées des pays européens en 2021 (onshore)



Sources : Wind energy in Europe in 2020, Trends and statistics, 2021

La puissance unitaire des éoliennes installées en France en 2020 est parmi **les plus faibles** du continent européen (2,9 contre 3,8 MW) alors que la France fait parti des pays qui installent le plus grand nombre d'éoliennes en 2021 (418).

Cela s'explique par des contraintes réglementaires fortes qui se sont renforcées en 2021, et **qui limitent le potentiel de réduction des coûts de l'énergie éolienne en France.**

Pourtant des éoliennes de grande hauteur, plus grandes et donc plus puissantes permettraient de réduire le nombre de turbines installées et le coût de l'électricité pour la collectivité.

# Des technologies terrestres qui poursuivent leurs évolutions

La tendance est à l'accroissement de la puissance unitaire des turbines mais celle-ci peine à dépasser la moyenne européenne (3,8 MW)

## Top 10 des turbines les plus installées en 2021

	Modèle	Constructeur	Puissance unitaire (MW)	Taille du rotor / hauteur de mat (France)	Puissance installée (MW)
1	N117 Delta	 	3,6	117m / 91 à 120m	149
2	V117		3 à 4,2	117m / 80 à 116,5m	137
3	V100		2 à 2,2	100m / 75 à 100m	137
4	V110		2 à 2,2	110m / 80 à 120m	127
5	V136		3 à 4,2	136m / 82 à 112m	121
6	V150		3 à 4,2	150m / 105 à 125m	109
7	N131 Delta	 	3,9	131m / 106, 114m	68
8	N117 Gamma	 	2,4	117m / 91 à 120m	67
9	E138 E2		4,2	138m / 111m	46
10	V126		3 à 3,6	126m / 87 à 137m	41

# Des technologies terrestres qui poursuivent leurs évolutions

Les éoliennes les plus installées en France détiennent des puissances et des tailles faibles par rapport aux possibilités offertes par les constructeurs

Turbines les plus installées au 30 juin 2022 (cumul)

	Modèle	Constructeur	Puissance unitaire (MW)	Taille du rotor / hauteur	Puissance cumulée (MW)
1	E-82	 ENERCON ENERGIE POUR LE MONDE	2,3	82m / 78 à 138m	1 709
2	V-90	 Vestas®	2 à 3	90m / 80 à 105m	1 612
3	V-100	 Vestas®	2 à 2,2	100m / 75 à 100m	1 607
4	MM-92	 SENVION wind energy solutions	2	92m/59m à 100m	1520
5	E-70	 ENERCON ENERGIE POUR LE MONDE	2,3	71m / 58 à 113m	1 499
6	N-90	 NORDEX  Acciona Whisper	2,5	90m / 65 à 80m	854
7	V112	 Vestas®	3 à 3,45	112m / 69 à 119m	774
8	N-100	 NORDEX  Acciona Whisper	2,5	100m / 75 à 100m	685

**Aucun des modèles les plus installé en France n'a une puissance unitaire supérieure à la moyenne des turbines terrestres Européennes (4 MW)<sup>1</sup>**

Source : Etude FEE, 2022

<sup>1</sup> Wind Energy in Europe 2021, WindEurope

# L'éolien en mer

## L'éolien en mer, une technologie en plein essor avec le développement de parcs posés et flottants

Deux technologies différentes d'éoliennes en mer se développent en France :



### L'éolien en mer posé

Fixes et destinées aux fonds marins jusqu'à 50-60 m, ces éoliennes peuvent exploiter les forts vents marins côtiers.

Puissance unitaire prévue : 6-8 MW (AO1) jusqu'à 12 – 15 MW (AO3)

- **4 parcs** sont actuellement **en construction** (1,93 GW),
- **3 parcs** sont **en développement** (1,6 GW),
- **2 nouveaux parcs** ont été annoncés (2 GW).



### 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 30-50m de profondeur. Puissance unitaire prévue : 8 MW à 10 MW (fermes pilotes)

- **4 fermes pilotes** (0,1 GW),
- **3 parcs** ont été annoncés (0,75 GW),

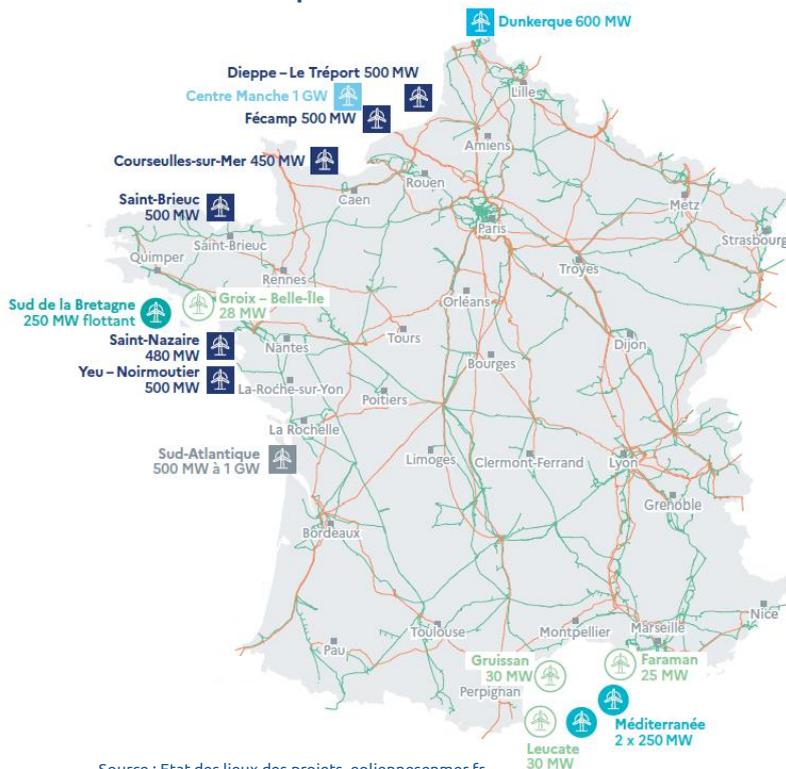


L'éolien en mer devrait représenter **10%** de la capacité éolienne raccordée en France en 2023



# L'éolien en mer

La France développe fortement sa capacité due à l'éolien offshore avec de nombreux parcs en construction et en projet



Source : Etat des lieux des projets, [eoliennesenmer.fr](http://eoliennesenmer.fr)

Avec **3 500 km de côtes**, la France métropolitaine dispose du **2<sup>ème</sup> gisement de vent éolien d'Europe**.

La construction de nombreux projets d'éoliens offshore posés et flottant est prévue. Ainsi d'ici 2028, l'installation de **plus de 5,3GW** devrait avoir lieu, suivant ainsi l'ambition des objectifs de la PPE pour l'éolien en mer.

- Éolien posé AO1 et AO2 (mise en service à l'horizon 2022-2026)
- Éolien posé AO3 (mise en service à l'horizon 2027)
- Éolien posé AO4 (mise en service à l'horizon 2028-2029)
- Éolien flottant AO5 (mise en service à l'horizon 2028-2029)
- Éolien flottant AO6 (en débat, pour une mise en service envisagée à l'horizon 2028-2029)
- Éolien posé AO7 (en débat, pour une mise en service envisagée à l'horizon 2029-2030)
- Éolien flottant, fermes pilotes (en phase d'expérimentation)

# L'éolien en mer

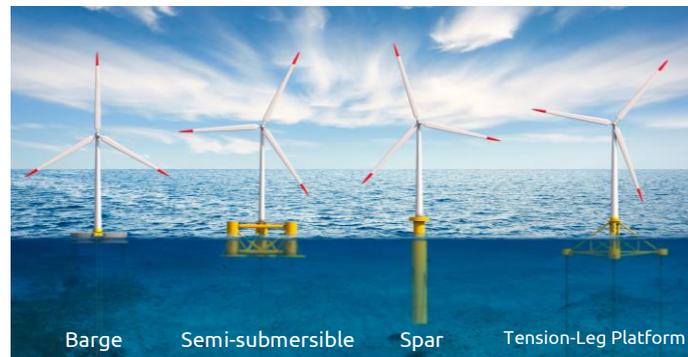
Les atouts de la France dans l'éolien marin sont nombreux : espace maritime, savoir-faire industriel, énergétique et maritime, infrastructures portuaires, réseau électrique maillé

Les éoliennes en mer sont **plus puissantes que leurs homologues terrestres**, et elles exploitent des vents plus forts et plus réguliers.

Ces nouvelles installations 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 prenant des parts croissantes sur les 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.

En mars 2022, un **pacte entre l'Etat et la filière de l'éolien en mer** a été signé. L'Etat acte son souhait de viser un volume minimal d'attribution **d'appels d'offres de 2 GW par an** pour l'éolien en mer dès 2025 afin d'atteindre **40 GW en 2050**. La filière de l'éolien offshore, quant à elle, se donne l'objectif **de quadrupler le nombre d'emploi de la filière d'ici 2035, d'investir plus de 40 Milliards d'€** au cours des 15 prochaines années et **d'avoir un contenu local d'au moins 50%** sur les projets<sup>1</sup>.

Exemples d'installations éoliennes en mer flottantes :



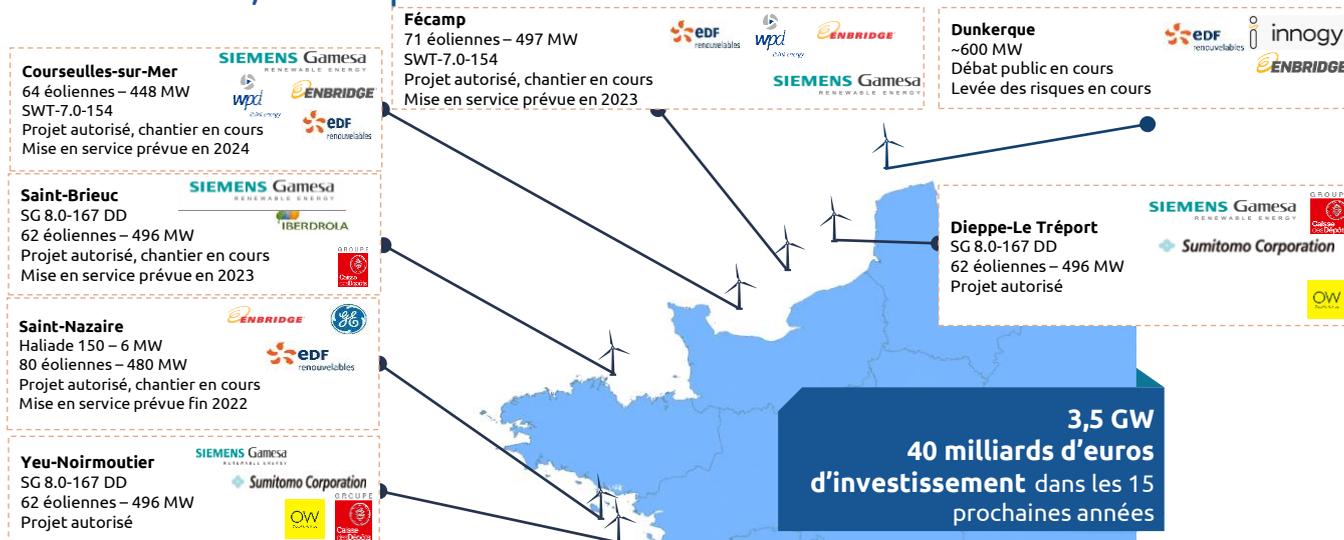
L'éolien posé est la technologie la plus mature et compétitive parmi les EMR. L'éolien posé représente **90%** du chiffre d'affaires de la filière

Sources : Etude FEE, Observatoire des énergies de la mer 2021

<sup>1</sup> Pacte éolien en mer entre l'Etat et la filière, [eoliennesenmer.fr](http://eoliennesenmer.fr)

# L'éolien en mer

Les travaux du parc de Courseulles-sur-mer sont engagés suite à ceux de Saint-Nazaire, Fécamp et Saint-Brieuc



L'année 2021 a été marquée par le **début de la construction** du parc de Courseulles-sur-Mer. C'est le dernier des 4 projets attribués au cours de l'appel d'offres de 2012, à atteindre cette étape. Un dialogue concurrentiel est en cours pour un parc éolien posé de **1 GW au large du Cotentin**.

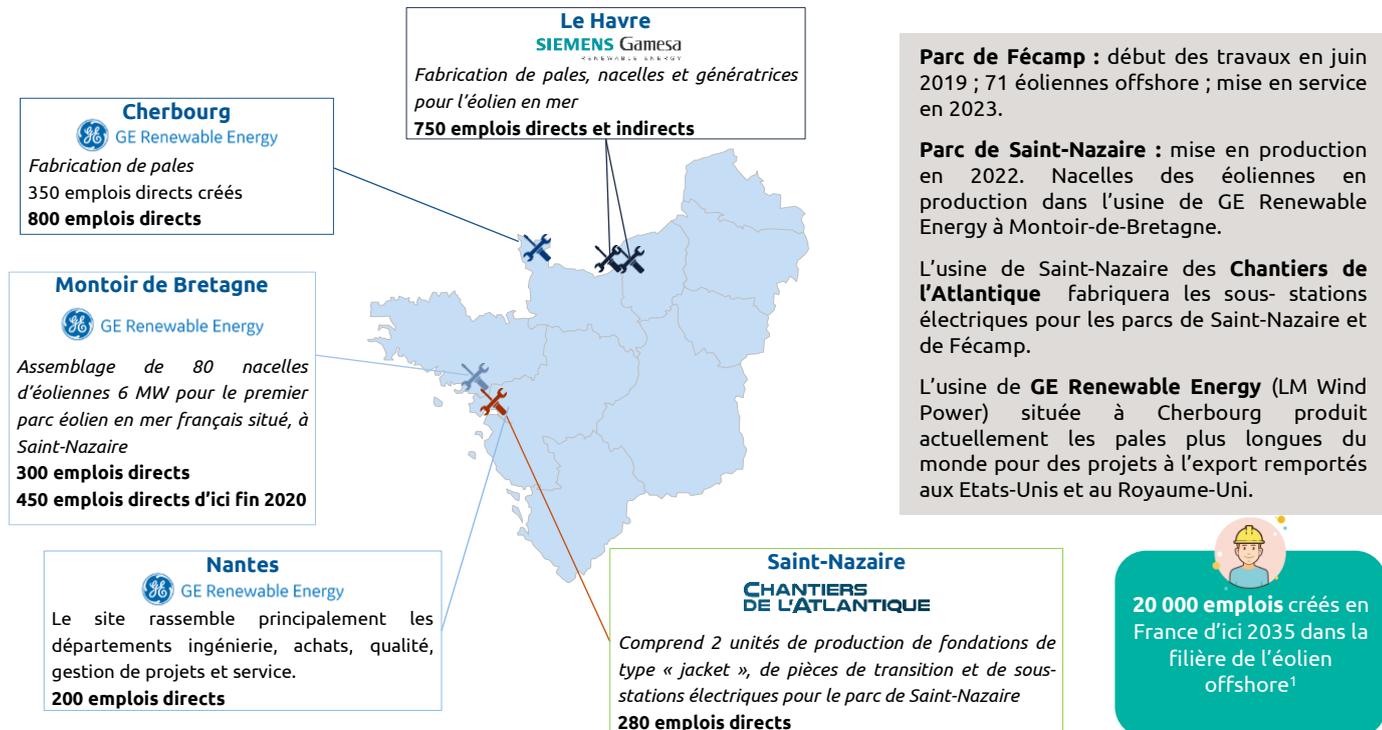
**Deux procédures d'appels d'offres ont été lancés** en mars 2022 pour **des parcs d'éolien flottant** de 250 MW chacun. Dans un second temps ces parcs pourront être étendus et atteindre 750 MW<sup>1</sup>. L'un au large de Port-la-Nouvelle, et l'autre à proximité de Fos-sur-mer. Trois fermes pilotes d'éolien flottant ont été mises en construction.

Sources : Etude FEE, Observatoire des énergies de la mer 2022

<sup>1</sup> Communiqué de presse de Jean Castex, France 2030, 14/03/22

# L'éolien en mer

La filière industrielle de l'éolien en mer émerge et est amenée à créer et pérenniser de nombreux emplois directs et indirects en France



Source : Etude FEE

<sup>1</sup> Pacte éolien en mer entre l'Etat et la filière, eoliennesenmer.fr

# L'éolien en mer

## Zoom sur les usines de Cherbourg et du Havre

En novembre 2019, GE Renewable Energy (filiale LM Wind Power) a inauguré son usine à Cherbourg pour la construction de pales destinées à l'éolien en mer. L'usine compte à mi 2022 plus de 750 collaborateurs<sup>1</sup>.

En 2022, Siemens Gamesa a commencé sa production sur le site du Havre. En mars, 500 postes étaient déjà occupés et 250 autres emplois seront pourvus entre la fin de l'année 2022 et le début de l'année 2023. Les premières pales et nacelles seront destinées aux parcs offshore de Saint-Brieuc et de Fécamp<sup>2</sup>.

**L'éolien en mer représente une filière industrielle d'avenir, la France détiendra bientôt 1/3 des capacités de production offshore en Europe.**

Usine LM Wind Power de Cherbourg



La plus grande pale au monde est fabriquée à l'usine LM Wind Power de Cherbourg



Représentation 3D de l'usine Siemens Gamesa Renewable Energy au Havre

L'usine de GE Renewable Energy de Cherbourg produit les plus grandes pales au monde : une longueur de 107 mètres. Ces pales sont destinées à **l'éolienne la plus puissante au monde, l'Haliade-X 12MW**. Cette éolienne a été sélectionnée pour l'équivalent de 4.8 GW de projets aux Etats-Unis et au Royaume-Uni<sup>3</sup>.

Source : <sup>1</sup> Etude FEE, LM Wind Power

<sup>2</sup> Siemens Gamesa a démarré la production de son usine au Havre, ouest France

<sup>3</sup> L'Haliade-X 12 MW de GE, industrieweb, 13/11/2020

# L'éolien en mer

## 220 millions d'euros d'investissement pour l'aménagement du terminal EMR\* du port de Brest destiné aux énergies marines renouvelables

L'industrialisation de la filière de l'éolien en mer contribue à des investissements massifs dans certains ports français. En effet, l'assemblage de certains composants se fait à quai. Pour réaliser ces opérations complexes, l'infrastructure portuaire doit être adaptée notamment pour permettre la manutention de colis très lourds (jusqu'à 10 tonnes par mètre carré). Ces investissements s'inscrivent dans une perspective de long terme pour asseoir le savoir-faire de **l'industrie française de l'éolien en mer** et ainsi consolider **son expertise pour exporter les turbines en Europe et dans le monde**.

Démarrés en 2017, les travaux du port de Brest visent à créer un polder, étendue artificielle de terrain sur l'eau, de 40 hectares dédié aux **énergies marines renouvelables (EMR)**, comprenant **l'éolien en mer (posé et flottant) et l'hydrolien**.



Travaux en cours pour la réalisation d'un polder sur le port de Brest visant à attirer les activités liées aux énergies marines

Le projet représente un investissement de **220 millions d'euros** de la part de la Région Bretagne et de ses partenaires. L'essor du secteur des EMR générerait **400 à 500 emplois directs** à la fin des travaux, **prévue en 2024**. La société espagnole Navantia a choisi de s'installer sur le port et mettra en place une unité de pré-assemblage de fondations « jackets » pour le futur parc offshore de la baie de Saint-Brieuc. Ce marché mobilisera **250 emplois directs sur 2 ans**.

Outre le port de **Brest**, les ports de **Cherbourg**, **Le Havre** et **Saint-Nazaire** ont aussi entrepris des investissements conséquents dans le développement des EMR sur les façades maritimes. Les ports de **Marseille-Fos** et de **Port-la-Nouvelle** autour du bassin méditerranéen empruntent aussi cette voie. La France est très dynamique sur ce **secteur d'avenir** promis à **une forte croissance** en Europe et dans le monde.

\* EMR : Energies Marines Renouvelables

Source : Etude FEE

# L'éolien en mer

## 252 millions d'euros investis pour l'extension du port de Port-la-Nouvelle notamment destiné aux activités de l'éolien en mer flottant

En 2016, l'Occitanie avait été choisie par l'État comme site favorable pour deux fermes éoliennes flottantes. C'est sur le site du port de Port-La-Nouvelle, **3<sup>ème</sup> port français de Méditerranée** que les éoliennes devraient être assemblées avant d'être installées au large. Sur quatre projets pilotes d'éoliens flottants en France, **deux sont au large de Leucate-Barcarès et Gruissan**, face au littoral audois. Les activités industrielles liées à la construction de flotteurs d'éoliennes en mer débuteront fin 2022, et celles liées à l'assemblage des mâts et des turbines des deux premières fermes pilotes commenceront en 2023 et 2024.

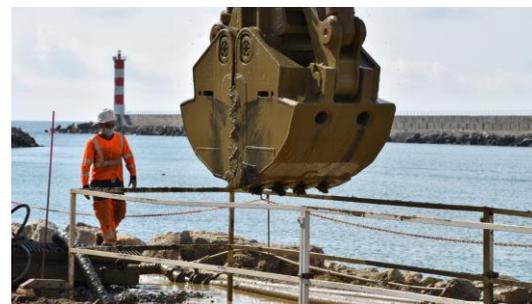
Les travaux d'extension du port ont été lancés à l'automne 2019. La région Occitanie s'est engagée à investir **252 millions d'euros** dans le projet d'extension qui comprend notamment la création d'un nouveau bassin portuaire et un nouveau quai pour l'éolien en mer.

Ces travaux devraient s'achever en **2023**. Au total, pas moins de **3 000 emplois** (directs, indirects et induits) seront créés grâce aux activités qui s'implanteront sur le port audois. La première étape de l'agrandissement du port, lancée en septembre 2019, représente **déjà 200 emplois** équivalents temps plein. Dix entreprises locales ont été retenues pour mener à bien ce projet, et cinq autres entreprises locales sont sous-traitantes.

Pour que l'agrandissement du port soit exemplaire du point de vue environnemental, la Région a mis en place plusieurs instances, notamment un comité scientifique composé d'experts ainsi qu'un comité de suivi environnemental, regroupant collectivités, associations, pêcheurs. Elle a aussi mobilisé plus de **12 millions d'euros au titre des compensations environnementales**.



Aménagement du port de Port-la-Nouvelle



Aménagement du port de Port-la-Nouvelle

Source : Etude FEE

# L'éolien flottant



Optimiser la performance

## Ferme pilote de Port-La-Nouvelle



### Contexte et description du parc

Le premier projet d'éolien flottant va naître en **Occitanie** dans la ville de Port-La-Nouvelle avec une mise en service prévue pour **mi-2024**. Le parc sera équipé de **3 éoliennes de 10 MW**.

Deux **éléments principaux** interviennent dans la mise en place de ce parc flottant :

- Les **flotteurs** en acier : fabriqués 100% en France et en Région Occitanie par Archimed, ils seront installés par l'entreprise française Bourbon,
- Le **hub** de raccordement.

Ce projet concourt à la structuration d'une filière industrielle française de l'éolien flottant. Il produira chaque année l'équivalent de la consommation domestique d'une ville de 50 000 habitants.



### Différents acteurs interviennent tout au long de la chaîne de valeur\* :

Développeur

Co-développeur

Turbine

Fondations

Financement  
participatif

Qair



Vestas

BW ideal

enerfip

Source : Vestas \* Liste non exhaustive

# L'éolien en mer

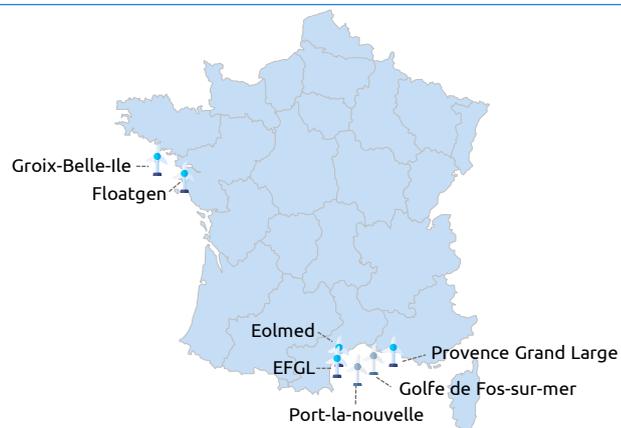
## Les premiers projets d'éolien flottant voient le jour

En France, la mer Méditerranée et la façade maritime bretonne bénéficient d'un **gisement conséquent** pour l'installation de parcs éoliens flottants en raison des régimes en **vent très favorables** et réguliers et de la **bathymétrie** (fonds océaniques plongeant très rapidement au-delà de 60m de profondeur).

L'enjeu principal pour l'éolien flottant est de faire converger son coût vers celui de l'éolien en mer posé, d'où la nécessité de développer plusieurs projets pour industrialiser la filière et **gagner en compétitivité**.

Projet	Caractéristiques	Partenaires industriels
Provence Grand Large	3 éoliennes - 24 MW	EDF, OFFSHORE, SIEMENS Gamesa
Groix-Belle Ile	3 éoliennes - 28,5 MW	IFREMER, CGN, EDF, VINCI, NAVAL, Vestas, EOLIAN
Eolmed	3 éoliennes - 30 MW	Qair, BW ideal, SORBUS, Vestas, IREMER
Eoliennes flottantes du golfe de Lion (EFGL)	3 éoliennes - 30 MW	OW, EOLIAN, IFREMER, EIFFAGE, Vestas
Golfe de Fos-sur-mer	250 MW	Appel d'offre en cours
Large de Port-la-Nouvelle	250 MW	Appel d'offre en cours

« **80%** de la ressource éolienne européenne se trouve dans les zones à plus de 60m de profondeur » Wind Europe



**FLOATGEN**, 1<sup>er</sup> démonstrateur d'éolienne flottante en France, installée en 2018  
**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

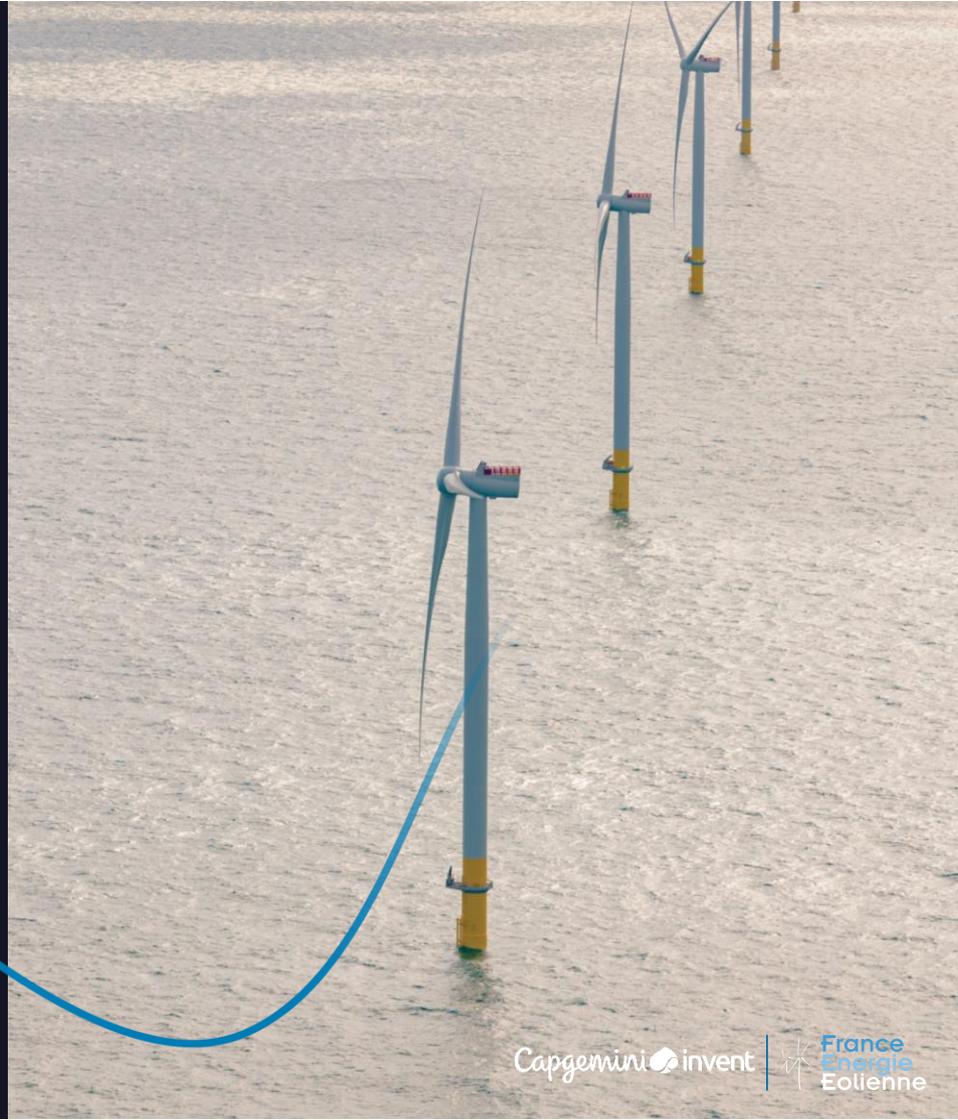
**Profondeur d'eau** : 33 mètres

**Production** : 6 GWh en 2019

**Consortium** :



# Economie de l'énergie et éolien

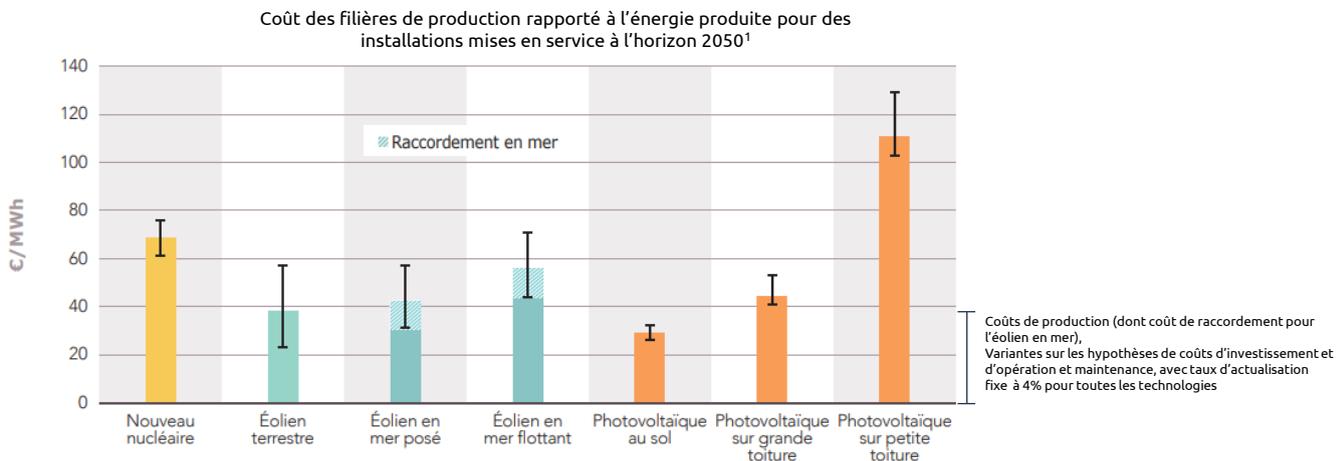


# La résilience face à la crise énergétique

## Une énergie éolienne à un prix compétitif grâce notamment aux avancées technologiques

Pour mesurer le coût de production d'énergie pour un système donné, on utilise le **coût actualisé de l'énergie** (Levelized Cost Of Energy – LCOE). Le LCOE prend en compte l'ensemble des coûts d'une installation pour toute sa durée de vie. Que ce soit dans une approche actuelle ou prospective, **l'énergie éolienne a un prix compétitif** par rapport à l'énergie produite par d'autres filières (entre 44 et 71€/MWh pour l'onshore en 2021).

C'est également une énergie qui a un prix compétitif par rapport à celui du marché qui a pu atteindre en septembre 2022 un prix de plus de 1000€/MWh. L'énergie éolienne constitue ainsi un bouclier face à la hausse des prix et contribue à la **défense du pouvoir d'achat des Français**.



Source : <sup>1</sup> Futurs énergétiques 2050, chapitre 11 l'analyse économique, RTE

# La résilience face à la crise énergétique

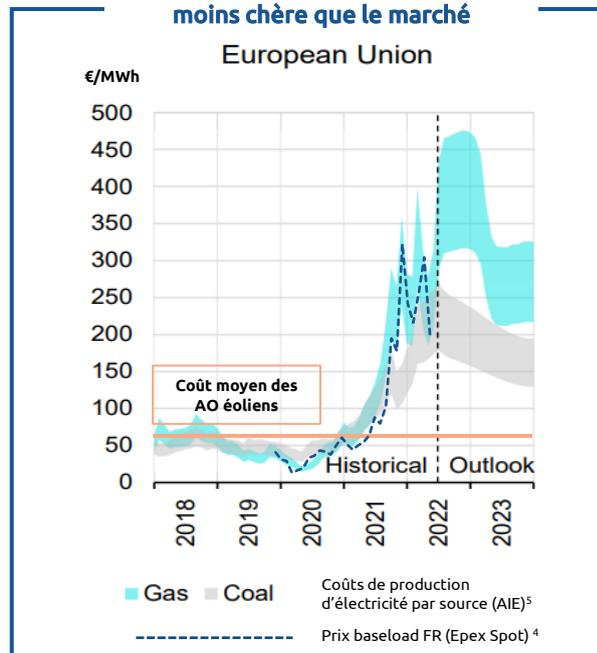
## Une situation géopolitique qui démontre l'intérêt de développer une souveraineté énergétique à faible prix

L'invasion de l'Ukraine par la Russie a bouleversé l'Europe et le marché de l'énergie. L'Europe est en effet une grande importatrice d'énergie provenant de la Russie. **En France** notamment, les importations provenant de Russie représentaient **17% du gaz<sup>1</sup>** et **9,5% du pétrole<sup>2</sup>**.

Face à une baisse abrupte des importations d'énergie, une demande européenne constante et des secteurs énergétiques (gaz & électricité) couplés, **le prix de l'électricité a été multiplié par 5 sur un an. Ce déficit d'offre devrait s'installer dans la durée<sup>5</sup>**. Plusieurs mesures de court terme ont déjà été prises : bouclier tarifaire, relance de centrales à charbon, diversification des importations de gaz,...

Pour concilier dans la durée sortie des énergies fossiles et souveraineté énergétique tout en protégeant le pouvoir d'achat et l'industrie européenne, **il est nécessaire de déployer massivement des sources d'énergie bas-carbone** sur nos territoires. Avec un coût de l'AO9 onshore de 64,5€/MWh<sup>3</sup>, **la filière éolienne dispose de nombreux atouts pour relever ce défi multiple vers une souveraineté énergétique bas-carbone à faible prix.**

### L'éolien, une énergie durablement moins chère que le marché



Source : <sup>1</sup> Europe1, Fin de l'approvisionnement en gaz russe : la France doit-elle s'inquiéter ?

<sup>2</sup> Le Figaro, Pétrole russe, 09/03/2022

<sup>3</sup> Prix de l'AO9 onshore

<sup>4</sup> Prix baseload, EpeX Spot

<sup>5</sup> AIE, Electricity Market Report, July 2022

# La résilience face à la crise énergétique

## L'éolien, une réponse pour la sécurité d'approvisionnement de la France et pour la garantie du pouvoir d'achat des Français



Actuellement, **de nombreux réacteurs nucléaires sont à l'arrêt en France**, pour des raisons de maintenance ou des problèmes de corrosion<sup>1</sup>. L'éolien et le solaire s'imposent comme **les seules sources d'électricité bas carbone à faible prix**. Favoriser le développement de la filière éolienne permettrait de **sécuriser le pouvoir d'achat des Français et de favoriser la sécurité d'approvisionnement**.

Il est cependant nécessaire d'accompagner les porteurs de projets qui doivent faire face à deux problématiques majeures :

- **Un approvisionnement en matière première sous contraintes** : la situation géopolitique est à l'origine de **problèmes de logistique**. Aujourd'hui, il n'est pas possible d'obtenir avant **des mois** les matériaux nécessaires à la construction de parcs éoliens.
- **Une variation des prix des matières premières** : un **décalage important** a lieu entre le moment où les exploitants candidatent aux appels d'offres et le début de l'exploitation du parc éolien. Il faudrait donc **tenir compte, dans les appels d'offres, de l'évolution du prix des matières premières** pour sécuriser l'offre industrielle des turbiniéristes sur le territoire<sup>2</sup>. Par exemple, le prix de l'acier (utilisé pour les tours et les pales des éoliennes) a fortement augmenté en raison du conflit entre la Russie et l'Ukraine.

Source : <sup>1</sup> Nucléaire : un nombre record de réacteurs à l'arrêt, Le Monde, 18/05/2022

<sup>2</sup> Marine Godelier, 31/05/2022, La Tribune

# Les retombées économiques et fiscales pour les collectivités locales

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

Au sein des territoires, **l'éolien constitue un catalyseur pour la transition énergétique** des régions. De nombreuses collectivités (Communes, EPCI\* à fiscalité propre, Départements, 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.

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 et touristiques, réfection des routes, maintien de services publics, mise en place de circuits courts d'approvisionnement alimentaire, etc...

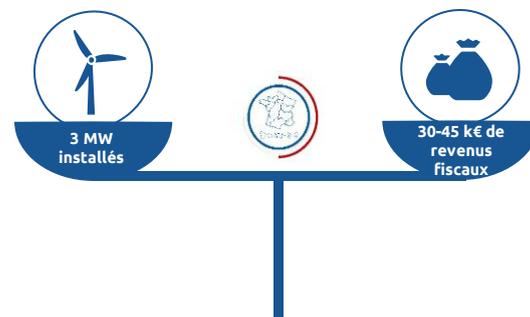


\*EPCI = Etablissement Public de Coopération Intercommunale

# Les retombées économiques et fiscales pour les collectivités locales

## ... et contribue aux budgets 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 et par an (en moyenne 7500€ pour le bloc communal et 4500€ pour le bloc des collectivités)**, 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.



### Zoom sur l'IFER

Le produit de l'**IFER** est réparti entre la commune d'accueil, le département et l'Etablissement Public de Coopération Intercommunale (EPCI), une structure administrative regroupant plusieurs communes. En fonction de l'appartenance ou non de la commune à un 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	

# Les retombées économiques et fiscales pour les collectivités locales

Des retombées fiscales conséquentes qui permettent aux communes de diminuer les impôts locaux, d'emprunter de l'argent ou de financer des projets

## Exemples de retombées fiscales

Nombre d'éoliennes	Ressources fiscales sur la durée de vie d'un parc (20 ans)*	Ressources fiscales moyennes*	Répartition**
 5	2,5 Millions d'€	125 000 €/an	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Communes/EPCI : 85 375€</li> <li>• Département : 35 250€</li> <li>• Région : 4 375€</li> </ul>
 10	5 Millions d'€	250 000 €/an	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Communes/EPCI : 170 750€</li> <li>• Département : 70 500€</li> <li>• Région : 8 750€</li> </ul>
 15	7,5 Millions d'€	375 000 €/an	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Communes/EPCI : 256 125€</li> <li>• Département : 105 750€</li> <li>• Région : 13 725€</li> </ul>

Ces revenus générés par l'installation et l'exploitation de parcs sur le territoire sont de longue durée : en moyenne **20/25 ans**

\* Estimation de 12 500€/MW / \*\* Répartition selon la norme IFER

## Déconstruisons les idées reçues sur le coût de l'éolien

✓ Il est possible de continuer à cultiver les champs une fois que des éoliennes y sont installées. Il n'y a que pour le cas de grandes éoliennes que la surface occupée par les éoliennes (environ 1000 m<sup>2</sup>/éolienne) ne peut plus être cultivée.

✗ Ce n'est pas au propriétaire des terrains d'assurer le démantèlement des éoliennes. La loi impose à l'exploitant le démontage des éoliennes et la remise en état du terrain sur lequel elles ont été implantées, à la fin de leur exploitation.

# Le développement des territoires

## Les parcs éoliens peuvent contribuer de manières variées au développement des territoires



Rénovation de monuments à des fins de logements touristiques

- Grâce aux retombées fiscales des éoliennes, la ville d'Ally (Haute-Loire) a eu l'occasion de **réhabiliter 3 anciens moulins** que l'on peut visiter et dont certaines parties ont été **transformés en gîtes habitables**.
- Rénovation d'une **mine d'antimoine** (élément métallique) dans la ville d'Ally pour y accueillir des visiteurs.



Tourisme autour des énergies renouvelables

- La ville de Fitou, dans l'Aude, a pour projet de **réhabiliter une ancienne usine Lafarge** pour créer un lieu associant **tourisme** et **énergies renouvelables**.
- Chaque année, la ville d'Ally accueille des classes vertes lors de **voyages scolaires** sur le thème des énergies renouvelables.



Tourisme sportif

- Sainte-Colombe dans L'Yonne - Aménagement de **sentiers de randonnées** autour des parcs pour allier sport et énergies renouvelables
- Dans la Somme, l'éolien a permis la création d'un **chemin de randonnée** de 20 km autour des éoliennes et des panneaux d'information sur la **biodiversité**<sup>1</sup>.



Pas de dépréciation de l'immobilier

- L'impact de l'éolien sur le prix de l'immobilier est **comparable à celui d'autres infrastructures industrielles** (pylônes électriques, antennes relais). **Il est nul dans 90% des cas et très faible pour 10% des maisons vendues**<sup>2</sup>.
- Il a été jugé par la Cour de Cassation, que la seule proximité des éoliennes ne crée **pas un impact anormal** qui serait indemnisable.

Sources : <sup>1</sup> « Paroles d'élus », France Energie Eolienne ; <sup>2</sup>Eoliennes et immobilier, Ademe, 05/2022

# Consolider l'industrie sur le territoire national

La filière éolienne, contribue significativement et de manière croissante au secteur industriel français

## Le marché de l'éolien en forte croissance...



Le chiffre d'affaires du secteur de l'énergie éolienne croît de manière continue : en 2019, il représentait **5,8 Milliards d'euros**, soit deux fois plus qu'en 2013<sup>2</sup>.



### Pour comparaison :

Le chiffre d'affaire de l'industrie du petit électroménager en France représentait **3,8 milliards d'euros** en 2021<sup>1</sup>



Usine LM Wind Power à Cherbourg (Manche)

Photo : LM Wind Power

Sources : <sup>1</sup> LSA conso

<sup>2</sup> ADEME, CNEF

<sup>3</sup> Observatoire des énergies de la mer 2022

## ... grâce à un savoir-faire français très développé



Ce savoir faire français s'exprime notamment par la présence de **4 des 12 unités** européennes de production d'équipement d'éoliennes en mer, ainsi que l'usine de plateformes des Chantiers de l'Atlantique à St Nazaire.



La France détient **1/3 des capacités Européennes** en ce qui concerne les turbines, pales et sous-stations électriques<sup>3</sup>.



Certaines entreprises présentes sur le territoire sont des leaders mondiaux dans la fabrication de composants comme par exemple **Nexans** pour les câbles.

# Consolider l'industrie sur le territoire national

La filière éolienne est créatrice de nombreux emplois locaux et non-délocalisables en lien avec la création d'entreprises spécialisées dans la fabrication de pièces d'éoliennes



Une grande partie de l'activité générée par le secteur de l'éolien se fait directement sur place et permet donc la **création d'emplois non-délocalisables en régions et de longue durée**.



**L'essor de l'éolien entraîne la création d'entreprises spécialisées et innovantes.** C'est par exemple le cas d'Avent Lidar Technology, spécialisée dans la fabrication de composants technologiques (ex. méthode par lidars) pour la mesure du vent.



Les emplois liés à **l'ingénierie et à la construction sont en forte croissance (+15% en 2021)**. Cette dynamique majeure ainsi que le développement de l'offshore annoncé permet de prédire que le poids de l'industrie éolienne va continuer de s'accroître en France.



Aujourd'hui, **l'offshore porte principalement cette croissance des emplois**. Celle-ci est notamment due aux énormes investissements dans l'industrie éolienne offshore : **en 2021 les investissements dans les Energies Marines Renouvelables s'élevaient à plus de 2,5 Milliards<sup>1</sup>**.

# Les Corporate PPA

## Des contrats d'achat d'électricité renouvelable compétitifs permettant à des entreprises de s'engager durablement

Un **Corporate PPA** (Power Purchase Agreement) est un **contrat direct d'achat d'électricité renouvelable** entre un producteur et un consommateur.

Le prix de l'électricité issu du contrat est **fixé à l'avance**. Il peut ainsi être décorrélé des prix du marché et dépend la plupart du temps du coût de production.

Les corporate PPA peuvent avoir une durée entre 3 et 25 ans mais sont le plus souvent des **contrats long terme** dans le cas de développement de nouveaux actifs (entre 10 et 20 ans)<sup>1</sup>.



### Historique

Les premiers Corporate PPA ont été contractés aux Etats-Unis, avant de s'étendre aux pays Scandinaves et au reste de l'Europe.

**En France, le premier Corporate PPA** a été signé en mars 2019 entre l'entreprise Métro et le fournisseur 100% éolien Eurowatt. Le contrat de **3 ans**, effectif à partir de 2021 est attaché à un parc éolien situé en Eure-et-Loir, et le volume concerné est entre **23 et 30 GWh**<sup>2</sup>.

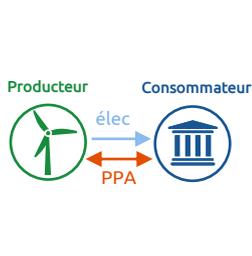
Depuis, de nombreux Corporate PPA ont été mis en place : on peut par exemple citer celui entre la SNCF et Voltalia, signé en 2019 pour une durée de **25 ans** et pour une capacité de près de **150 MW**. C'est l'un des 10 PPA les plus importants d'Europe.

Aujourd'hui, ces contrats se démocratisent et de plus en plus de petites structures (industriels, société de service...) se tournent vers les corporate PPA<sup>3</sup>.

Sources : <sup>1</sup> Capgemini Invent, <sup>2</sup> Eurowatt, Agregio et Metro signent un premier corporate PPA éolien, GreenUnivers,<sup>3</sup> Nous lançons la troisième génération de PPA, Engie

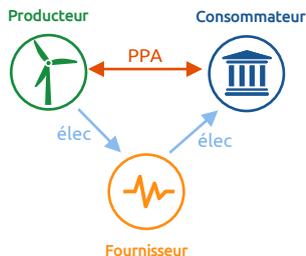
# Les Corporate PPA

Il existe plusieurs structures de corporate PPA faisant lever sur des actifs soit nouveaux (« Greenfield ») soit existants (« Brownfield »)



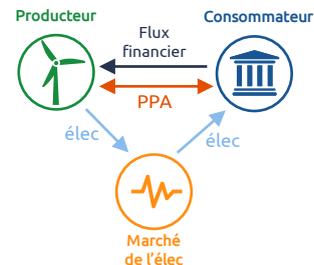
## Physique « sur site »

L'électricité est livrée de façon directe et physique chez le consommateur.



## Physique « hors site »

Le consommateur achète l'électricité au producteur et se fait livrer par son fournisseur (qui fournit éventuellement un complément d'électricité).



## Virtuels

Le consommateur s'engage auprès d'un producteur d'énergie verte à fournir un complément de rémunération par rapport au prix de marché. Il n'y a pas de notion de livraison physique.

Les PPA peuvent être de deux natures différentes : ils peuvent être désignés comme « **Greenfield** » et ont pour objet la création de nouveaux actifs (nouveaux parcs éoliens ou solaires), ou « **Brownfield** » et mobilisent des actifs déjà existants, sortant du mécanisme d'obligation d'achat. Dans les années à venir, la filière éolienne aura potentiellement des actifs à mettre sur le **marché des PPA « Brownfield »**. **En 2021, aucun PPA Greenfield éolien n'a encore été signé.**

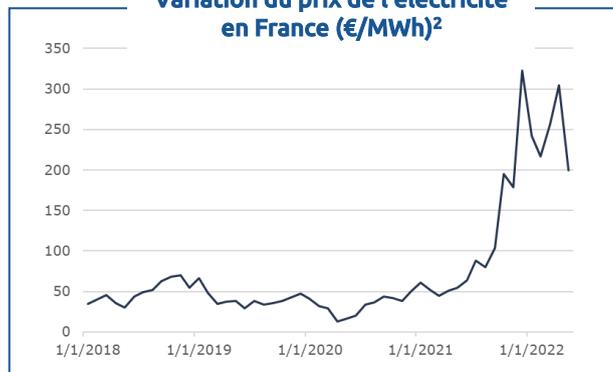
# Les Corporate PPA

Les Corporate PPA offrent de nombreux avantages pour les entreprises souhaitant s'inscrire dans une démarche durable

Souscrire à un Corporate PPA a plusieurs avantages pour une structure :

- Cela permet à l'acheteur d'avoir de la **visibilité** sur ses futurs coûts en électricité, ce qui, au vu de la volatilité des prix du marché est une donnée très complexe à anticiper.
- Souscrire à un corporate PPA, c'est s'engager **pour une énergie propre et renouvelable à long terme** ce qui peut s'inscrire dans une démarche RSE<sup>1</sup>.

Variation du prix de l'électricité en France (€/MWh)<sup>2</sup>



## Complémentarité

Certaines entreprises signent plusieurs Corporate PPA : certains d'origine solaire et d'autres d'origine éolienne. En effet ces deux sources d'électricité sont **complémentaires** car le profil de production journalier de l'éolien est homogène alors que celui de l'énergie solaire est en cloche, exclusivement la journée. D'autre part, l'énergie solaire est majoritairement produite en été alors que les deux tiers de l'énergie éolienne sont produits en hiver<sup>3</sup>.

A titre d'exemple, Fnac Darty a signé en février 2022 un Corporate PPA avec Valeco portant sur un parc d'énergie solaire, ce qui **vient compléter un premier contrat** de vente d'électricité d'origine éolienne<sup>4</sup>.

Sources : <sup>1</sup> Capgemini Invent,

<sup>2</sup> Prix baseload, Epex Spot

<sup>3</sup> Développement des Corporate PPA éoliens, FEE

<sup>4</sup> Fnac Darty signe un second PPA avec Valeco, Tecsol, 27/02/2022



# Les emplois dans l'éolien

# Faits marquants et chiffres-clés



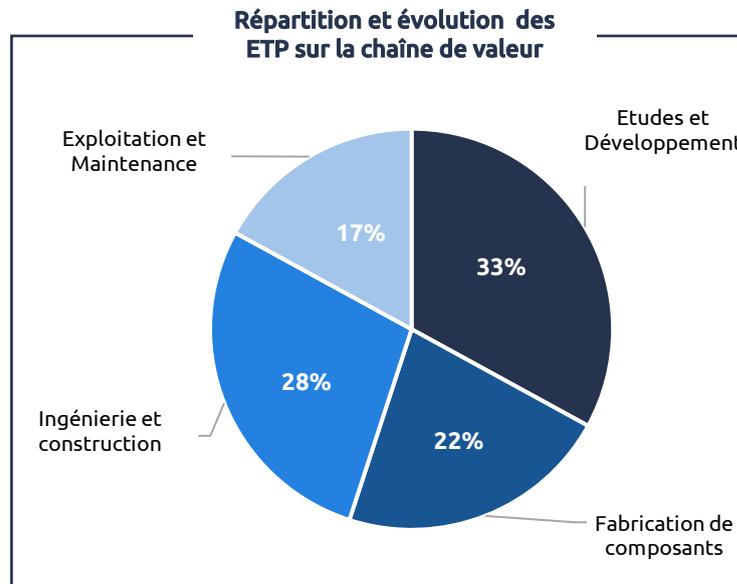
**25 500 ETP**  
dans l'éolien à  
fin 2021



**12,8 %**  
d'augmentation des  
emplois en 2021

En 2021, **les emplois de la filière ont continué de croître à un rythme important** puisque le taux de croissance s'approche de 13%, avec un total de 25 500 emplois directs et indirects en France au 31 décembre 2021.

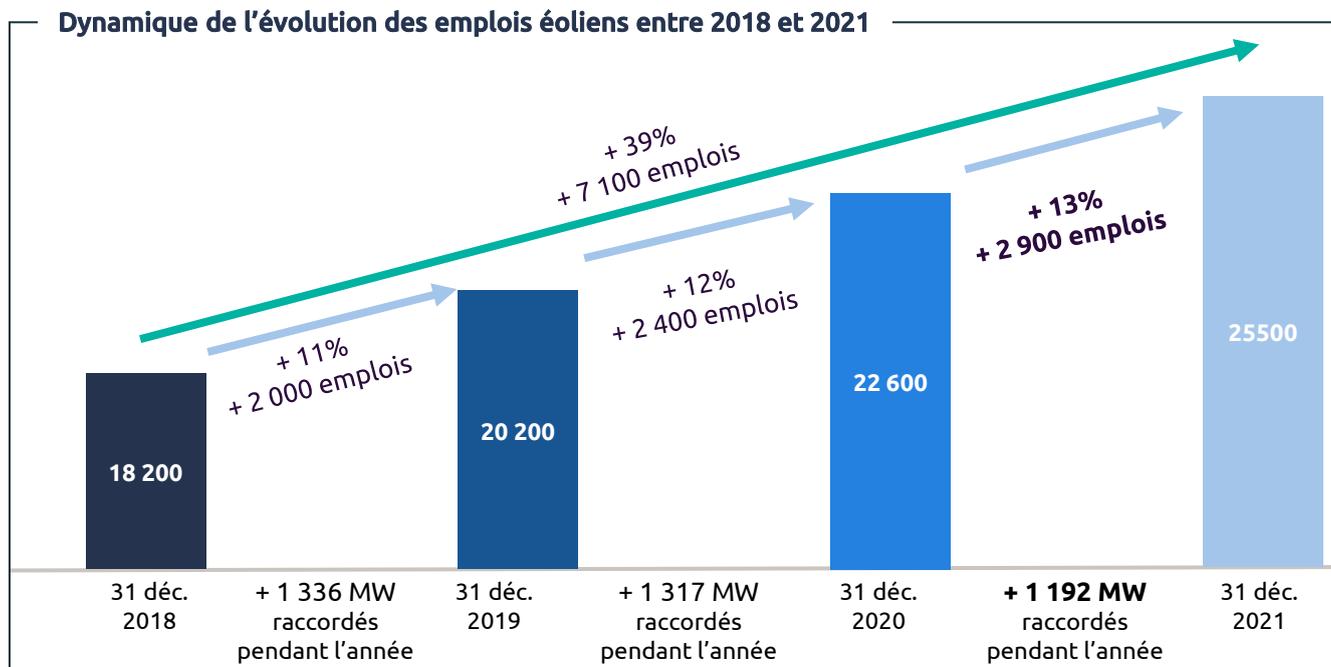
**Comme en 2020, l'éolien en mer booste la croissance des emplois de la filière française.** La montée en puissance des chantiers des parcs de Saint Nazaire, Fécamp et Saint-Brieuc explique largement cette tendance. Avec croissance constatée de plus de 20%, l'éolien en mer représente environ 6300 emplois en 2021<sup>1</sup>. C'est en Normandie et dans les Pays de la Loire que les emplois de l'éolien en mer se développent fortement.



Sources : <sup>1</sup> Observatoire des énergies de la mer 2022

# La croissance de l'emploi éolien en France en 2021

Le nombre d'emplois éoliens continue à augmenter poussé notamment par le développement de l'offshore



Source : Etude FEE 2022 et traitement des données Capgemini Invent

# Détails par maillon de la chaîne de valeur

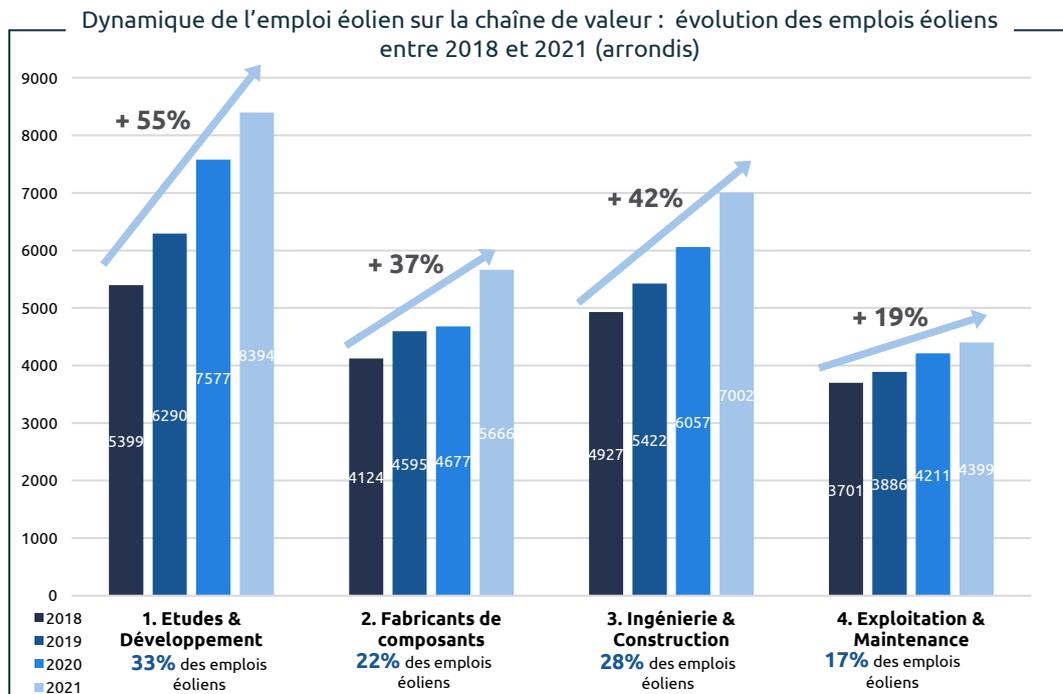
## Une activité répartie sur 4 segments

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

		% par rapport au total des emplois en 2020
	<b>Etudes et Développement</b> Ex. : bureaux d'études, mesures de vent, mesures géotechniques, expertises techniques, bureaux de contrôle, développeurs, financeurs	<b>33%</b>
	<b>Fabrication de composants</b> Ex. : pièces de fonderie, pièces mécaniques, pales, nacelles, mâts, brides et couronnes d'orientation, freins, équipements électriques pour éoliennes et réseau électrique	<b>22%</b>
	<b>Ingénierie et Construction</b> Ex. : assemblage, logistique, génie civil, génie électrique parc et réseau, montage, raccordement réseau	<b>28%</b>
	<b>Exploitation et Maintenance</b> Ex. : assemblage, logistique, génie civil, génie électrique parc et réseau, montage, raccordement réseau	<b>17%</b>

# Détail par maillon de la chaîne de valeur

Une dynamique très forte sur le maillon « Etudes et développement » qui traduit l'engagement de la filière pour concrétiser les objectifs de la PPE.



Source : Etude FEE et traitement des données Capgemini Invent

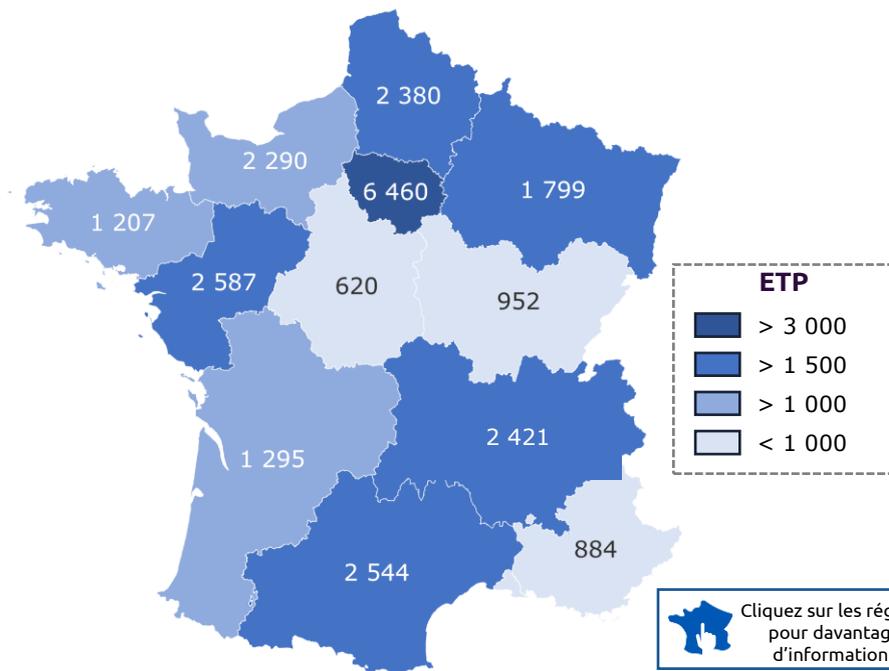
## Disclaimer

La base de donnée sur laquelle l'étude s'appuie pour estimer les ETP a été mise à jour afin de s'approcher au plus près de la réalité du marché.

Une répartition plus fine des emplois sur la chaîne de valeur pour certains grands groupes ou la prise en compte de nouveaux acteurs (notamment offshore) peuvent ainsi changer la répartition de la croissance entre les maillons par rapport aux années précédentes.

# La répartition des emplois éoliens par région

Un fort développement des entreprises en Pays-de-la-Loire et en Normandie dû à l'offshore



## Top 10 Employeurs\* (ETP, 2021)



\* Classement par ordre alphabétique

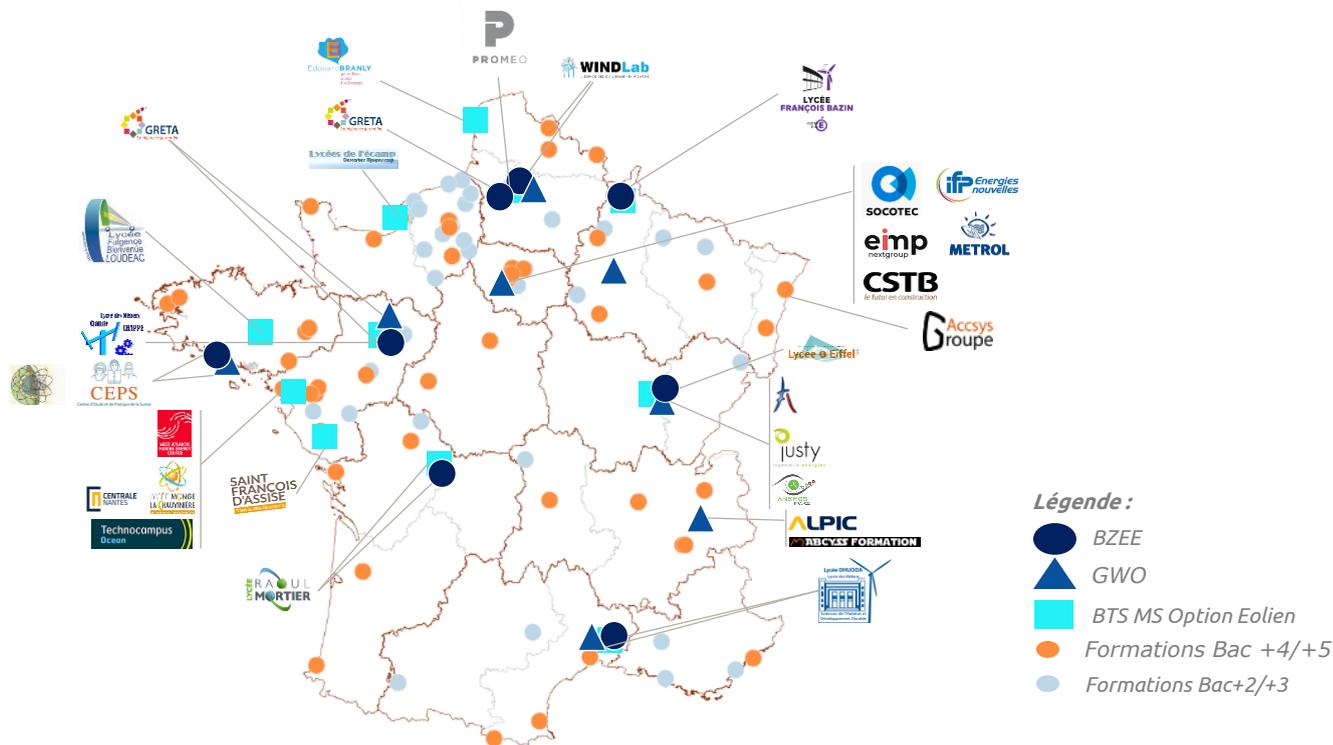
Source : Etude FEE et traitement des données Capgemini Invent

# Les formations de l'éolien

Une large offre de formation préparant aux métiers de l'éolien, disséminée sur tout le territoire



Cliquez sur les logos pour en savoir plus



# Les formations de l'éolien

La filière éolienne est la plus créatrice d'emploi dans les énergies renouvelables et recherche des profils variés du bac à bac+5

La filière éolienne Française se développe fortement et recrute chaque année **plusieurs centaines de personnes**. De nombreux types de profil sont recherchés. Les formations propres à l'éolien sont présentes à tous les niveaux, du **bac professionnel** à **l'école d'ingénieurs en passant par les profils généralistes**.

Travailler dans le domaine éolien comporte de **nombreux avantages** : **les emplois sont décentralisés** et répartis au sein des territoires en fonction du développement de l'éolien dans la région. Ce sont des **emplois stables**, (majoritairement en CDI) et nécessaires à la transition énergétique. Enfin, il y a de nombreuses **opportunités de carrières** que ce soit à l'international ou en faisant des passerelles entre les parcs onshore et offshore.



**2 000 à 2 500 emplois<sup>1</sup>**  
créés par an



**+ de 80% de CDI**  
dans les emplois éoliens



**900 entreprises<sup>2</sup>**  
réparties en France

Sources : <sup>1</sup> Observatoire de l'éolien 2021, FEE

<sup>2</sup> L'éolien, une énergie qui crée des emplois tous les jours, FEE

# Les formations de l'éolien

CLIQUEZ SUR LES FORMATIONS POUR EN SAVOIR PLUS

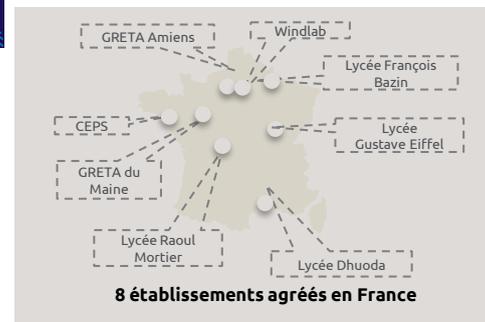
## Deux formations internationales certifiantes présentes en France

### BZEE - 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

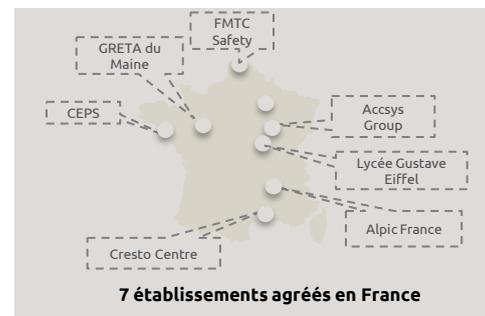
**Modules clés** : opération offshore, technologie éolienne, mécanique et électronique de la turbine, gestion des opérations...



### 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

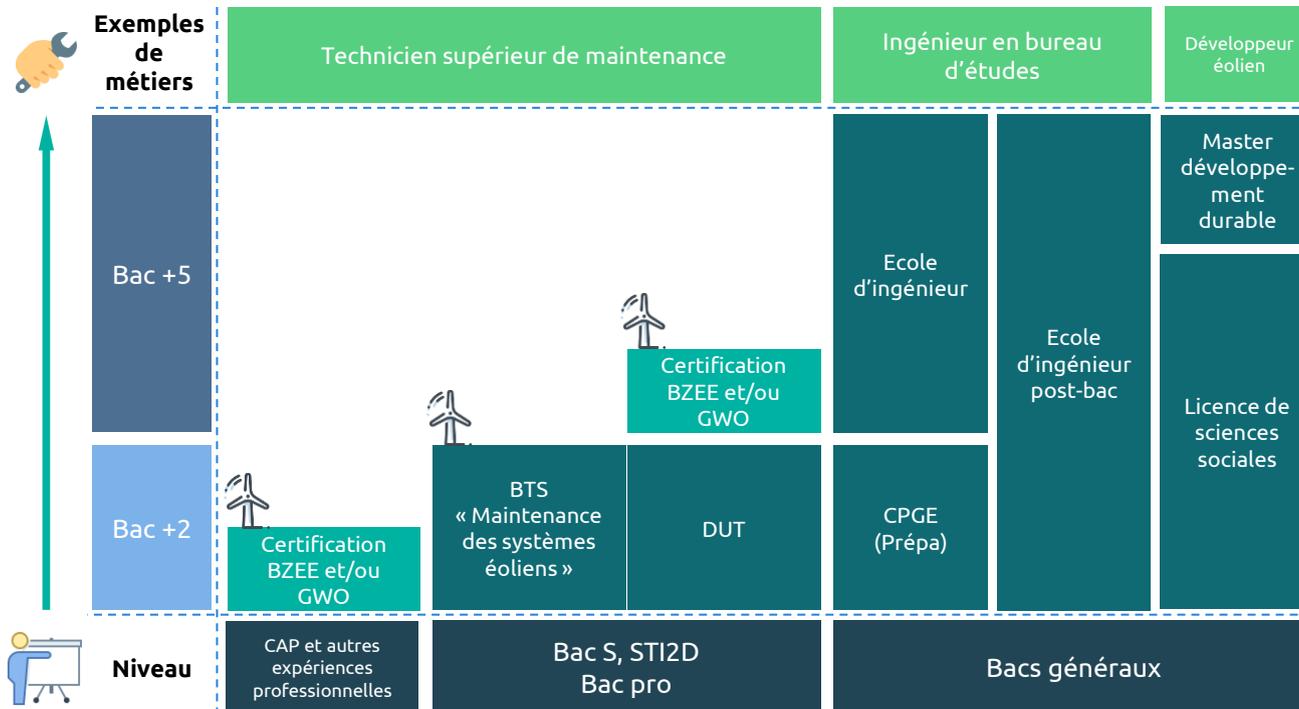


# Les formations de l'éolien



Les emplois de la filière permettent souvent des évolutions de carrière rapides et diversifiées

## Exemples de parcours de formations



# Intégration dans le réseau – Formation

## RTE anticipe l'avenir au travers de sa formation

Le développement de l'éolien s'inscrit dans un **contexte d'évolution technologique** et d'**évolution des compétences**.

Pour RTE, et peut-être plus généralement pour les acteurs de la filière électrique, cela conduit en particulier à :

- **Développer des solutions nouvelles d'automatisme et de flexibilité**, essentiellement numériques, pour piloter le réseau de manière sûre en absorbant le caractère intermittent de ces énergies
- **Préparer et former nos salariés** aux activités liées au développement de ces technologies, en intégrant la généralisation du besoin de compétences numériques

Les emplois en tension, très recherchés et impliquant des compétences nouvelles, sont d'ores-et-déjà identifiés au sein de RTE.

RTE agit donc dans deux directions complémentaires :

- **Former les salariés présents dans l'entreprise** aux nouveaux métiers ou évolutions de compétences
- **Se rapprocher du monde académique** pour mettre en avant la valeur des métiers liés à la transition énergétique et contribuer à l'évolution des compétences développées dans les diplômes techniques et d'ingénieur.

Pour conduire ces actions, RTE s'appuie sur son campus, baptisé Campus Transfo, situé dans la métropole lyonnaise, qui réunit formateurs et spécialistes dans le domaine du transport d'électricité. Pour se former et se préparer, 7000 stagiaires par an bénéficient de la présence sur le même lieu des répliques de l'ensemble de l'outil industriel existant (poste électrique, ligne haute tension, équipements HT et BT) et des plateformes de test et de simulation qui préfigurent le futur du transport d'électricité.

Au-delà de ces actions d'entreprise, des démarches plus collectives se développent. C'est dans ce contexte que les centres de formation de RTE et d'Enedis réfléchissent à des pistes d'actions communes.

# Intégration dans le réseau – Formation

## Pour construire la nouvelle France électrique, Enedis a une ambition forte de recrutement

Pour faire face à une croissance d'activité forte, d'environ 10% en 2021, et dans une perspective de croissance continue pour les années à venir, Enedis a une ambition forte en matière de recrutement : **2200 collaborateurs seront recrutés en 2022, dont 1 000 sur des postes en CDD /CDI et 1 200 en alternance.** Chez Enedis, 30% des recrutements CDI sont issus de l'alternance.

### Les 3 grands défis d'Enedis, de ses collaborateurs actuels et des futurs :

- **Défi technique** : Transformer le plus grand réseau d'Europe pour en faire un réseau connecté et pilotable. Sa mission : garantir la qualité et la sécurité du réseau de distribution d'électricité sur la durée, pour les Français. Les profils recherchés pour cette mission : électrotechnicien(ne)s, du CAP au BAC +2/3
- **Défi technologique** : Enedis est le service public de la transition écologique au service des clients. Sa mission : protéger les données de 37 millions de clients, grâce aux dernières technologies. Les profils recherchés pour cette mission : ingénieur(e) en cybersécurité, expert(e) des systèmes électriques, BAC+5 et écoles d'ingénieur
- **Défi écologique** : Enedis raccordera par exemple 1 million de producteurs d'énergies renouvelables d'ici 2030. Sa mission : mettre tout en œuvre pour réduire concrètement les émissions de CO2 et participer à la neutralité carbone. Les profils recherchés pour cette mission : chargé(e)s d'affaires raccordement, chef(fe)s de projet raccordement, du BAC+2/5

### Les femmes à l'honneur du recrutement :

Pour Enedis, la diversité des profils, des parcours et la mixité dans les équipes sont sources de créativité et d'enrichissements mutuels. En 2021, les femmes représentaient 24,65% des collaborateurs de l'entreprise. La féminisation est un enjeu majeur de l'entreprise qui nécessite un travail de fond, avec écoles et institutions, pour que les filles et jeunes femmes soient sensibilisées dès le plus jeune âge aux métiers de l'électrotechnique pour augmenter la proportion d'étudiantes dans toutes les filières, et en particulier les filières techniques, les écoles d'ingénieurs et du numérique. Pour attirer les femmes dans les métiers techniques, Enedis travaille aussi à combattre les préjugés sur les métiers techniques et à valoriser le leadership au féminin, à l'intérieur de l'entreprise et à l'extérieur.

# Les formations de l'éolien

## Zoom sur quelques formations aux métiers de l'éolien

### Lycée François Bazin



- Formation **BTS** et certification **BZEE + GWO**
- 16 étudiants/an** en FCIL et **12 étudiants/an** en BTS
- Partenariat** avec de grands acteurs de l'éolien, notamment avec **EDF Energie Renouvelables** dans le cadre de la construction d'un parc de 61 éoliennes dans les Ardennes.



Entre 500 et 600 étudiants diplômés

90% des diplômés trouvent un emploi en moins de 3 mois



### Lycée Dhuoda



- Formation **BTS** et certification **BZEE + GWO**
- Entre **200 et 250 étudiants/an** en IUT et **90 étudiants/an** en BTS
- Formations spécifiques à l'offshore** envisagées



Possibilité de faire le BTS en alternance

85% d'insertion professionnelle



### Master spécialisé

Expert en projets et production énergies renouvelables



- Débouchés** : Développement/Gestion de projet renouvelable, bureaux d'études...
- Partenaires** :



90% des diplômés signent un contrat en moins de 4 mois



### Master spécialisé

Expert en énergies marines renouvelables



- Débouchés** : Développement/Gestion de projet renouvelable, bureaux d'études...
- Partenaires** :



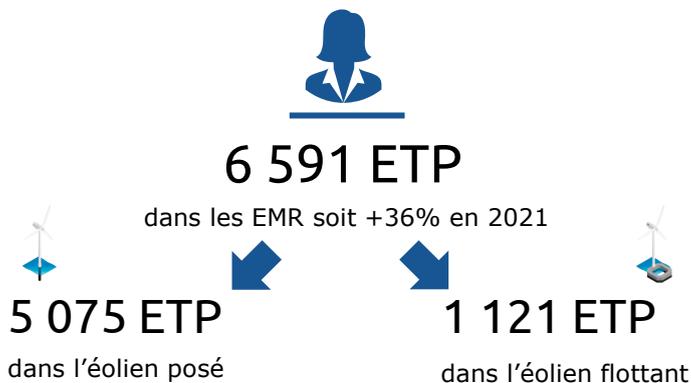
96% des diplômés trouvent un emploi un an dont 84% en moins de 2 mois



# Focus sur l'observatoire des énergies de la mer

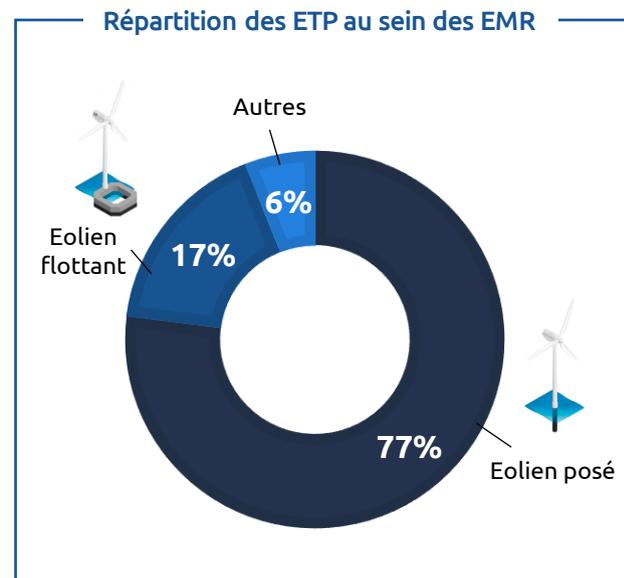


## Les chiffres clés des Energies Marines Renouvelables (EMR) en 2022



**2,2 Milliards**  
sur les 2,6 investis l'ont été par les développeurs exploitants

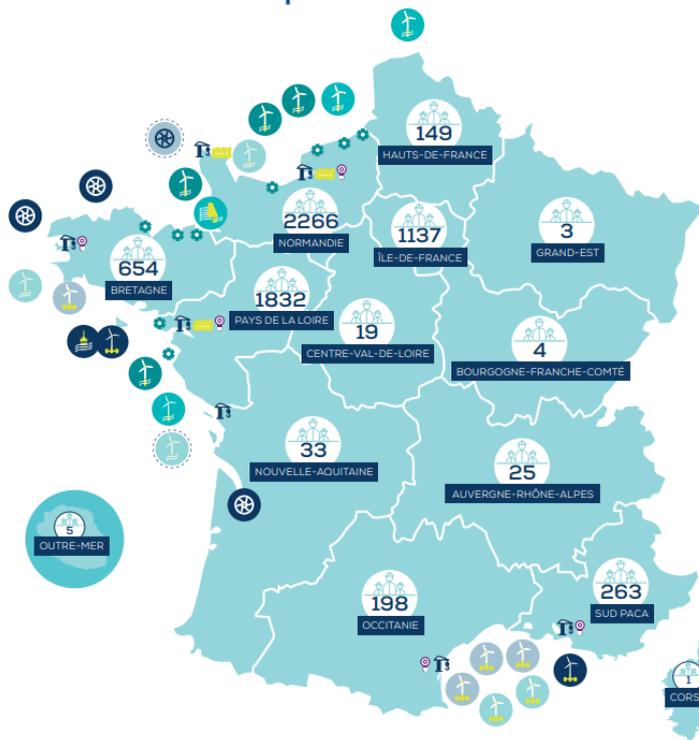
**1,3 Milliard**  
de chiffre d'affaires pour les prestataires et fournisseurs de la chaîne de valeur



# Focus sur l'observatoire des énergies de la mer



Une très forte croissance des ETP liés aux EMR notamment due à de nouvelles implantations industrielles dans le secteur de l'éolien offshore



**Les ETP sont en hausse dans toutes les régions, et en particulier en Normandie où le nombre d'ETP a plus que doublé, passant de 1090 emplois en 2020 à plus de 2200 emplois en 2021.** Cela est dû à l'implantation d'industries majeures dans la région (l'usine de pales GE Renewable Energy à Cherbourg et celle de nacelles et pales de Siemens Gamesa au Havre), mais aussi au développement des parcs offshore (parc de Fécamp notamment).

L'augmentation du nombre d'ETP est en grande partie due à l'essor de l'éolien posé et aux nouveaux appels d'offres pour l'éolien flottant.

Source : Observatoire des énergies de la mer 2022

LES EMPLOIS

# Focus sur l'observatoire des énergies de la mer



Les entreprises attributaires des lots de construction pour l'éolien offshore illustrent la construction d'une chaîne de valeur Française

	SAINT-NAZAIRE		SAINT-BRIEUC		FÉCAMP		COURSEULLES-SUR-MER		Au 31/12/2021
	Fabrication	Installation	Fabrication	Installation	Fabrication	Installation	Fabrication	Installation	
<b>Poste terrestre</b>	Hitachi, Siemens et GE	Eiffage Energies	Hitachi et Siemens	SPIE	Hitachi et Siemens	Omexom	Siemens	Omexom	Réalisé
<b>Raccordement terrestre</b>	Prysmian	Omexom et Eiffage	Nexans	Omexom	Prysmian	SPIE, Bouygues, SPAC	Prysmian	Sadertelec	En cours
<b>Raccordement maritime</b>	Prysmian	Prysmian	Nexans	Nexans	Prysmian	Prysmian	Prysmian	Prysmian	Non réalisé
<b>Sous-station en mer</b>	Chantiers de l'Atlantique	DEME	Fabricom/Smulders	Saipem	Chantiers de l'Atlantique	DEME	Chantiers de l'Atlantique	DEME	En cours
<b>Fondations des éoliennes</b>	Eiffage	DEME	Navantia	Van Oord	Bouygues TP				Non réalisé
<b>Raccordement inter-éoliennes</b>	Prysmian	LD Travocéan	Prysmian	Prysmian					Non réalisé
<b>Éoliennes</b>	GE Renewable Energy	Jan de Nul GE Renewable Energy	Siemens Gamesa		Siemens Gamesa		Siemens Gamesa		Non réalisé
<b>Mise en service</b>									Non réalisé

Source : Observatoire des énergies de la mer 2022

# Focus sur l'observatoire des énergies de la mer



## Des formations variées pour préparer aux métiers des EMR dans des fonctions très diverses

Les **6 591 ETP des EMR** sont répartis sur des fonctions variées (ouvrier, technicien, ingénieur, fonction support et fonction commerciales). Un des enjeux majeur du secteur est le **recrutement de personnes qualifiées** pour permettre de développer la filière. Les formations sont donc essentielles pour la pérennité du secteur.

Aujourd'hui, **71 formations en lien avec les EMR** sont recensés. On y trouve notamment 9 masters, 4 licences et 3 DUT. En 2021, ces formations étaient suivies par **1454 étudiants**.

Avec l'installation de **grandes industries** notamment pour l'éolien offshore, le nombre d'emploi dans le secteur des EMR ne cesse d'augmenter, ce qui en fait un **domaine particulièrement attractif** pour les personnes en formation.



### Répartition des ETP EMR selon leur fonction\*



\* Pour les entreprises prestataires et/ou fournisseurs de la chaîne de valeur

Source : Observatoire des énergies de la mer 2022

# Focus sur un bassin d'emploi éolien



Benoît Arrivé, le Maire de Cherbourg-en-Cotentin, expose l'historique de la filière offshore sur le territoire ainsi que les mesures mises en places pour relever le défi de recrutement du secteur

## Le développement de l'éolien sur le territoire : une dynamique portée par les collectivités

Cherbourg-en-Cotentin est aujourd'hui **le premier port des énergies marines renouvelables de France**. L'origine de cette dynamique, provient de la mobilisation de trois collectivités : la Communauté Urbaine de Cherbourg, le Conseil général, et la Région Basse-Normandie.

C'est en participant à des **rassemblements Européens** autour des Energies Marines Renouvelables que les collectivités se sont rendues **visibles auprès d'entreprises** cherchant à se développer.

En parallèle, les acteurs publics ont contribué, avec l'appui de Ports Normands Associés, à créer **de bonnes conditions d'accueil et d'implantation** pour les entreprises, en consacrant près de 100 Millions d'€ pour étendre les terre-pleins sur la mer et allonger le quai.

## Le recrutement : un défi majeur pour les entreprises et pour le territoire

Les collectivités et l'Etat travaillent depuis plusieurs années, dans le **cadre du « Grand Chantier »** (dispositif consécutif à la construction de l'EPR de Flamanville), à la préparation de **la reconversion des salariés issus de la filière nucléaire**, au service de l'industrie des EMR.

De leur côté, les entreprises conduisent des **campagnes de recrutement spécifiques**, pour attirer les salariés dans le Nord Cotentin. En plus de ces initiatives, acteurs publics et privés structurent une **offre de formation locale**, adaptée aux besoins des industriels (création d'école, de pôle d'excellence, de formations spécifiques, ...).



12 ans

d'engagements dans le développement de l'éolien



39 ha

consacrés aux activités industrielles offshore



Près de 2 000 emplois

sur le territoire dans la filière éolienne

# L'animation de la filière

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



## Les pôles de compétitivité

Réseau d'entreprises, d'unités de recherche et de formation, et d'organismes publics qui se regroupent autour d'un domaine d'activité considéré comme porteur d'avenir.

Sept pôles de compétitivité actifs dans l'éolien en France :

- PÔLE MER Bretagne Atlantique
- Technopole Brest-Iroise
- EMC2
- DERBI
- PÔLE MER Méditerranée
- Capenergies
- Tenerrdis



## 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 :

- Cluster Maritime Français
- MEDEE
- Ouest Normandie Energies Marines
- France Energies Marines
- Neopolia
- Technocampus Ocean, West Atlantic Marine Energy Center
- Cluster Eolien Aquitain
- CEMATER



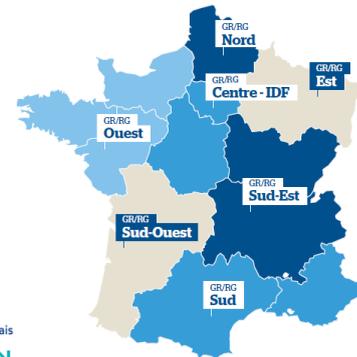
## Autres acteurs

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,
- EVOLEN,
- SER...

# L'animation de la filière

## Cartographie des acteurs animant la filière



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



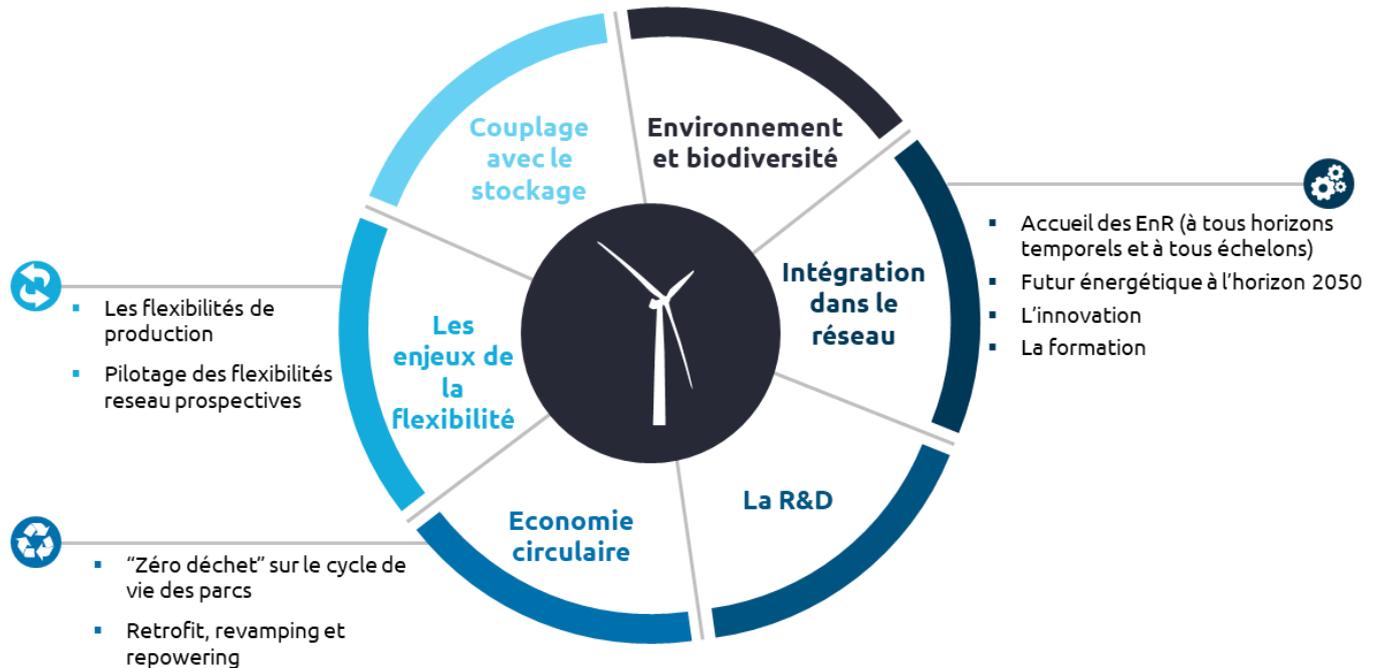
Cliquez sur les logos pour davantage d'informations



# Les grands challenges de l'éolien d'ici à 2030

# Introduction aux grands enjeux

L'éolien doit relever de nombreux défis lors de son développement



# Intégration de l'énergie éolienne au réseau

Marianne Laigneau, Présidente du Directoire d'Enedis, présente les solutions qu'Enedis développe pour massifier l'intégration des énergies renouvelables (EnR) au sein du réseau de distribution

## Le développement des Energies renouvelables : un défi d'adaptation du réseau

Aujourd'hui, Enedis doit se transformer afin de pouvoir **intégrer de plus en plus d'énergies renouvelables**, à la production variable et décentralisée, au sein du réseau qu'elle opère. En effet, le réseau subit une **grande évolution** : il devient **bi-directionnel** (avec le développement des EnR), il **se digitalise** et **se décentralise**.

Les changements sont tels qu'Enedis doit faire des investissements de grande ampleur : Enedis réalise ainsi **4 milliards d'achats par an**. Ces achats se font à **98% en France** et à **50% auprès de TPE et de PME**. Cette transformation du réseau s'inscrit donc dans une démarche de **croissance, d'industrialisation et de souveraineté**.

## Enedis active de nombreux leviers pour anticiper les transformations

- 1 Amélioration des process internes pour **accélérer les délais de raccordement**
- 2 Réalisation **d'investissements** dans le réseau (tout en maîtrisant les coûts pour les collectivités locales)
- 3 Amélioration de la **planification** du développement des réseaux
- 4 Développement de **postes sources express** dont la création est justifiée par le raccordement des EnR
- 5 Mise en place de **flexibilités locales** pour intégrer les EnR
- 6 Optimisation du **dimensionnement des postes sources** existants pour faciliter l'intégration des EnR



**3,7 GW**  
d'énergie renouvelable  
intégrés au réseau en 2021



**x5 d'EnR**  
sur le réseau d'ici 2035



**500 000**  
sites de production d'EnR  
raccordés au réseau fin 2021



**35 postes sources**  
construits d'ici 2035

# Intégration de l'énergie éolienne au réseau

Marianne Laigneau, Présidente du Directoire d'Enedis, présente les solutions qu'Enedis développe pour massifier l'intégration des énergies renouvelables (EnR) au sein du réseau de distribution

## Des demandes en énergies renouvelables qui proviennent des territoires

Enedis a un **ancrage local** avec 800 implantations en France, il y a donc une vraie **connaissance des territoires** dans leur spécificité.

Quel que soit le territoire, Enedis a observé que les attentes des collectivités sont les mêmes, qu'importe la taille, la localisation ou la couleur politique. Elles ont une volonté de **produire l'énergie localement** et **d'augmenter la part d'énergies renouvelables** dans leur mix électrique tout en **maitrisant le prix** pour le consommateur final.

Aujourd'hui la plupart des contrats de concession entre Enedis et les collectivités locales ont des **conventions de transition écologique** dans lesquelles sont planifiés l'implantation du renouvelable et le développement de la mobilité électrique.

“

Ce qu'on observe c'est que les attentes des territoires sont les mêmes : plus d'énergies renouvelables, plus de production locale et une maîtrise de la facture d'énergie. ”

Marianne Laigneau



# Intégration de l'énergie éolienne au réseau

Xavier Piechaczyk, président du directoire de RTE, présente les solutions pour permettre la bonne intégration de l'éolien au réseau électrique dans un contexte de développement majeur de l'éolien en mer

## Malgré sa variabilité, l'éolien contribue à la sécurité d'approvisionnement de la France

Le parc éolien installé a atteint une taille significative permettant à l'éolien d'être la 3ème source de production d'électricité en France. La contribution statistique moyenne de l'éolien à la sécurité d'approvisionnement est importante, surtout pendant durant les pointes hivernales.

La forte pénétration de l'éolien (mais aussi demain du photovoltaïque), augmente la variabilité de manière significative. Cela suscite des nouvelles questions pour maintenir un équilibre continu entre production et consommation. Le développement des flexibilités ne doit pas se restreindre à la seule question de l'effacement, mais doit embrasser de manière large tout l'éventail des solutions (stockage, hydrogène, etc.).

## RTE s'adapte pour faire face au développement de l'éolien en mer qui demande un effort industriel, humain et financier considérable

- 1 Contribuer aux **travaux de planification énergétique** et de **planification spatiale maritime** du Gouvernement
- 2 Participer aux **travaux législatifs et réglementaires** pour simplifier et sécuriser les conditions de développement et de réalisation des projets de raccordement maritime
- 3 Préparer le **changement d'échelle** avec l'ensemble de l'écosystème industriel
- 4 Contribuer à un **aménagement durable** des espaces littoraux et maritimes
- 5 Organiser au sein de RTE une **maîtrise d'ouvrage industrielle** dédiée au pilotage de ces projets d'infrastructure



7,7%

de la consommation électrique Française a été couverte par l'éolien en 2021



18 GW

de production éolienne en mer d'ici 2035



40 GW

d'éolien en mer mis en service en 2050

# Intégration de l'énergie éolienne au réseau

Xavier Piechaczyk, président du directoire de RTE, souligne l'importance du développement de l'éolien dans les années à venir

Il existe plusieurs chemins possibles pour que la France atteigne son objectif de neutralité carbone en 2050. Celui qui a été retenu passe par la construction de 14 nouveaux réacteurs nucléaires d'ici à 2050. Cependant, la nouvelle génération de réacteurs, les EPR 2, ne sera pas opérationnelle, au mieux, avant 2035. **Il est nécessaire de développer rapidement un socle d'énergies renouvelables, dans lequel l'éolien terrestre aura toute sa place.**

La crise énergétique actuelle joue le rôle d'accélérateur. Elle renforce la nécessité de sortir des énergies fossiles. La transition était portée jusque-là par la **lutte contre le réchauffement climatique**, désormais c'est également une nécessité pour des raisons de **souveraineté**. Ainsi, il est impératif que la France **simplifie ses procédures** pour combler son retard et accélérer le développement des énergies renouvelables. Enfin, il est essentiel que le renouvellement des parcs installés permette d'augmenter significativement la production éolienne **en optimisant l'exploitation des meilleurs gisements de vent**

“ Atteindre la neutralité carbone est impossible sans un développement significatif des énergies renouvelables ”

Xavier Piechaczyk





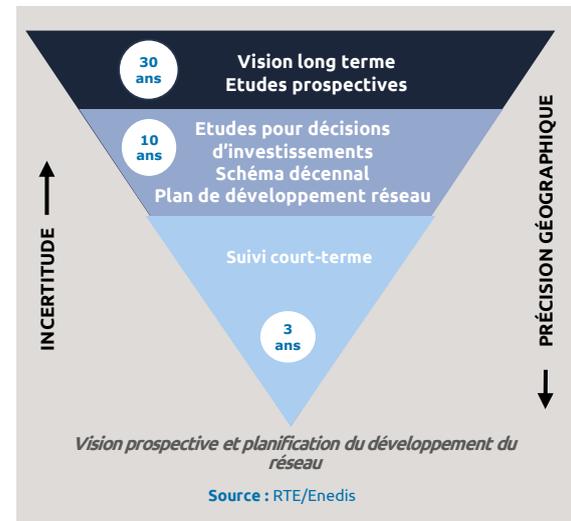
# Intégration dans le réseau – À tous les échelons

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

- Le **Bilan prévisionnel de RTE** est une étude de l'évolution de l'équilibre entre la production et la consommation d'électricité. Les futurs Energétiques 2050, publié cette année, étudient l'impact de 6 scénarios d'évolutions du mix énergétique.
- Le **Schéma décennal de développement du réseau (SDDR)** établi par RTE est un document qui englobe et synthétise les visions court-terme, moyen-terme et long-terme de l'évolution du réseau public de transport français.
- le **TYNDP (Ten-Year Network Development Plan)** est le plan décennal de développement du réseau européen, construit en collaboration au sein de l'ENTSO-E.
- **Les Schémas régionaux de raccordement au réseau des énergies renouvelables (S3REnR)** permettent d'identifier et d'anticiper les besoins sur les réseaux de transport et de distribution pour accueillir les ambitions de développement EnR régionales fixées par le préfet de région, à un horizon de 10 ans (voir pages suivantes).

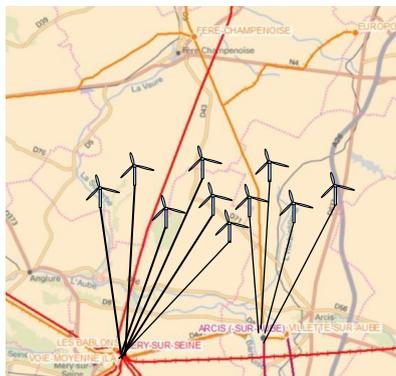
**Le Plan de développement de réseau** introduit par le Code de l'énergie depuis le 5 mars 2021 en transposition du Clean Energy Package. C'est un nouveau document qui présentera les enjeux, les méthodes et les ordres de grandeur des investissements sur le **réseau de distribution** à moyen terme (5 à 10 prochaines années), ainsi que les nouveaux objets à fort impact (flexibilités, EnR, mobilité électrique). Mis à jour tous les 2 ans, il sera concerté auprès des utilisateurs du réseau, des Autorités Organisatrices de la Distribution d'Electricité et de RTE, puis soumis à l'approbation de la Commission de Régulation de l'Énergie, et au Comité du Système de Distribution Publique d'Electricité.



# Intégration dans le réseau – À tous les échelons

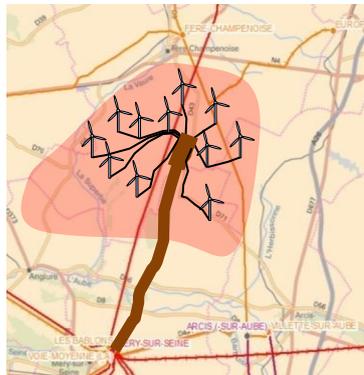
Les S3REnR permettent de mieux raccorder les énergies renouvelables avec une bonne visibilité pour les différentes parties prenantes

## Avant



Des **adaptations de réseau** traitées au fil des demandes de raccordement, des **coûts supportés par le demandeur**, même si l'adaptation profite ensuite aux suivants.

## Avec les S3REnR



Des adaptations de réseau élaborées avec une **vision globale du gisement** à la cible, des coûts de création mutualisés.

## Les objectifs des S3REnR:

- 1 **Augmenter la capacité d'accueil des EnR** en limitant les nouveaux ouvrages
- 2 **Donner de la visibilité** sur les renforcements et développements décidés
- 3 **Anticiper les adaptations** du réseau pour faciliter l'accueil des EnR
- 4 **Partager les coûts** de création entre les producteurs EnR, via la quote-part\* du schéma

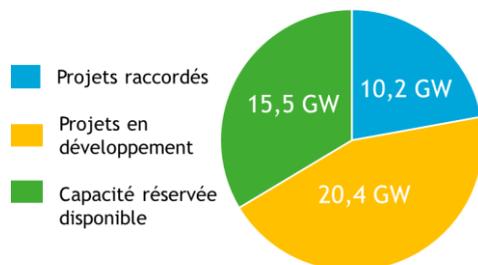
\* Quote-part (k€/MW) = coût mutualisé unitaire régional de création d'ouvrage payé par les producteurs lors du raccordement

# Intégration dans le réseau – À tous les échelons

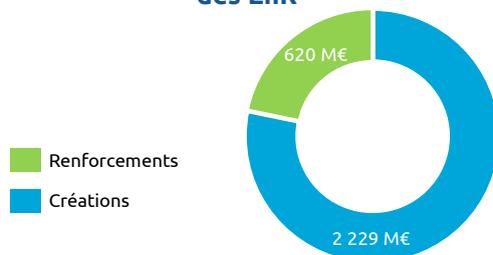
A ce jour, les 18 « S3REnR » cumulent 46,1 GW de capacités d'accueil d'EnR sur le territoire – une année 2021 exceptionnelle avec 3 950 MW raccordés

## Chiffres clés 2021

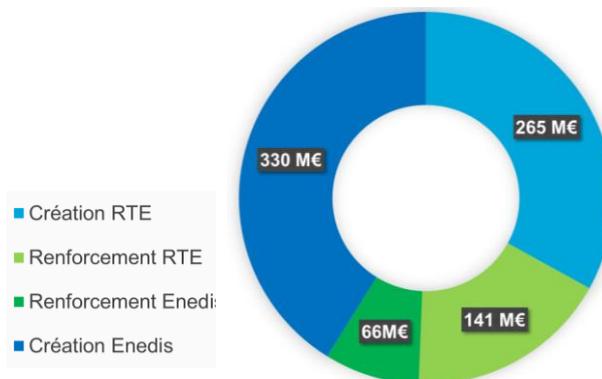
### Cumul des capacités d'accueil réservées aux EnR



### Montant total des investissements pour l'accueil des EnR



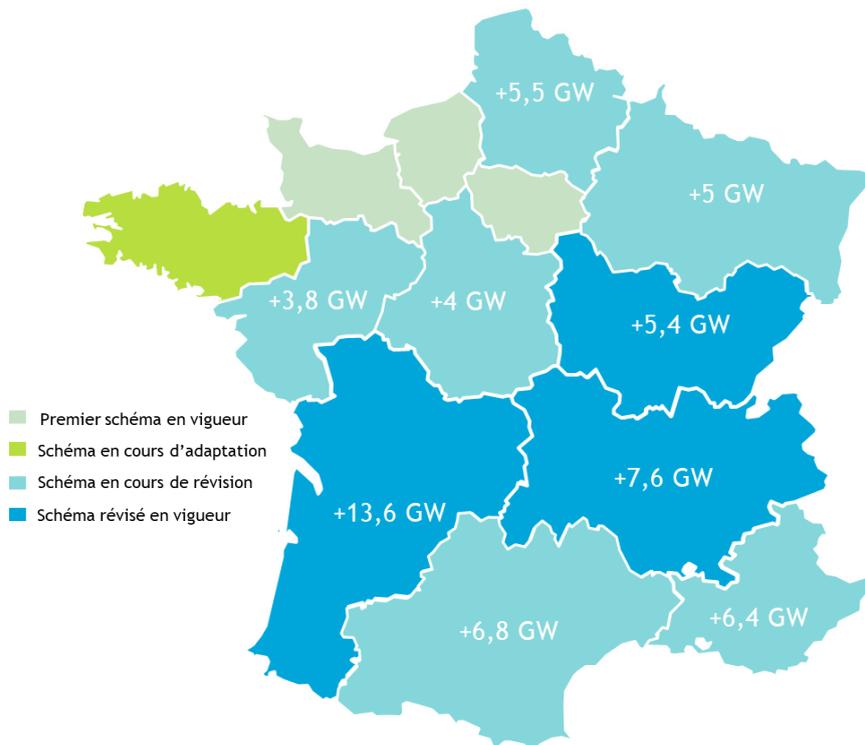
### Montant total des dépenses pour l'accueil des EnR



Pour rappel, les ouvrages de création des S3REnR sont financés par les producteurs au travers du mécanisme de la quote-part. A fin 2021, les sommes dépensées par les gestionnaires de réseau pour la réalisation des ouvrages de création des S3REnR représentent environ deux tiers des sommes perçues au titre des quotes-parts auprès des producteurs (616 M€ versus 409 M€).

# Intégration dans le réseau – À tous les échelons

Les révisions de schémas vont permettre une augmentation importante des capacités réservées



**58 GW de capacité supplémentaire grâce aux révisions :**

- + 26,5 GW pour les schémas en vigueur
- + 22,2 GW à horizon fin 2022 (schémas PACA, GE, Occitanie et CVL)
- + 9,3 GW à horizon fin 2023 (schémas HdF et PdL)

**Représentant des montants d'investissements estimés à 5 Mds €**

**Trois schémas où la révision n'est pas engagée :**

- Schéma Bretagne en cours d'adaptation pour dégager des capacités supplémentaires avant le lancement de la révision
- Faible taux de remplissage des schémas Haute et Basse Normandie et Ile de France (< 50 %)

# Intégration dans le réseau – À tous les échelons

Des échanges constants entre les producteurs, les gestionnaires de réseau, la CRE et la DGEC pour améliorer le cadre existant

Depuis plusieurs années, l'Instance Nationale de Suivi et d'Amélioration des S3REnR (**INSAS**) regroupant **les fédérations de producteurs, les gestionnaires de réseaux, les services de la CRE et de la DGEC** permet de partager sur les thématiques d'actualité mais aussi de **contribuer concrètement** – au travers de travaux communs (proposition et suivi d'anticipation des études et des procédures administratives, plateforme de recensement de gisement, meilleure localisation des gisements de PV diffus, etc.) – à l'amélioration du dispositif actuel.

## Un GT raccordement, piloté par la DGEC, a permis de poser l'ensemble des problématiques actuelles, et de faire des propositions ambitieuses

Du fait des nombreux développements de réseau et d'un dynamisme des renouvelables très fort, le dispositif actuel pourrait faire l'objet d'évolutions structurelles. Des propositions ont été faites par l'ensemble des parties prenantes et la DGEC a proposé de concentrer les efforts sur les mesures permettant :

- d'accélérer et de simplifier les procédures de raccordement,
- de modifier les objectifs, les modalités d'élaboration, d'adaptation ou de révision, de répartition du financement des S3REnR,
- de modifier les missions des gestionnaires de réseau, afin de faciliter le partage de données relatives aux réseaux, permettant d'optimiser les raccordements,
- de préciser les conditions dans lesquelles les gestionnaires de réseau ont la possibilité ou l'obligation d'anticiper certaines études, travaux ou procédures afin d'accélérer le raccordement de nouvelles capacités,
- d'adapter les modalités de consultation du public pour les ouvrages des réseaux publics de transport ou de distribution, afin de mieux articuler les différentes procédures existantes.

# Intégration dans le réseau – Focus éolien en mer

## RTE opérateur industriel de la transition énergétique en mer

RTE en tant que gestionnaire du réseau de transport est chargé d'acheminer pour l'ensemble des parcs éoliens en mer l'énergie produite jusqu'au réseau terrestre, assurant une gestion optimale de l'intégration de cette énergie à terre grâce à la qualité du maillage de son réseau.

Depuis l'adaptation du cadre législatif français réalisée en 2017 et 2018 pour capitaliser sur le retour d'expérience des premiers projets et accélérer le processus de développement de l'éolien en mer, **RTE participe, aux côtés de l'Etat, aux débats publics en amont des appels d'offres et à la réalisation des états initiaux en matière environnementale, finance le raccordement et développe la plateforme en mer.**

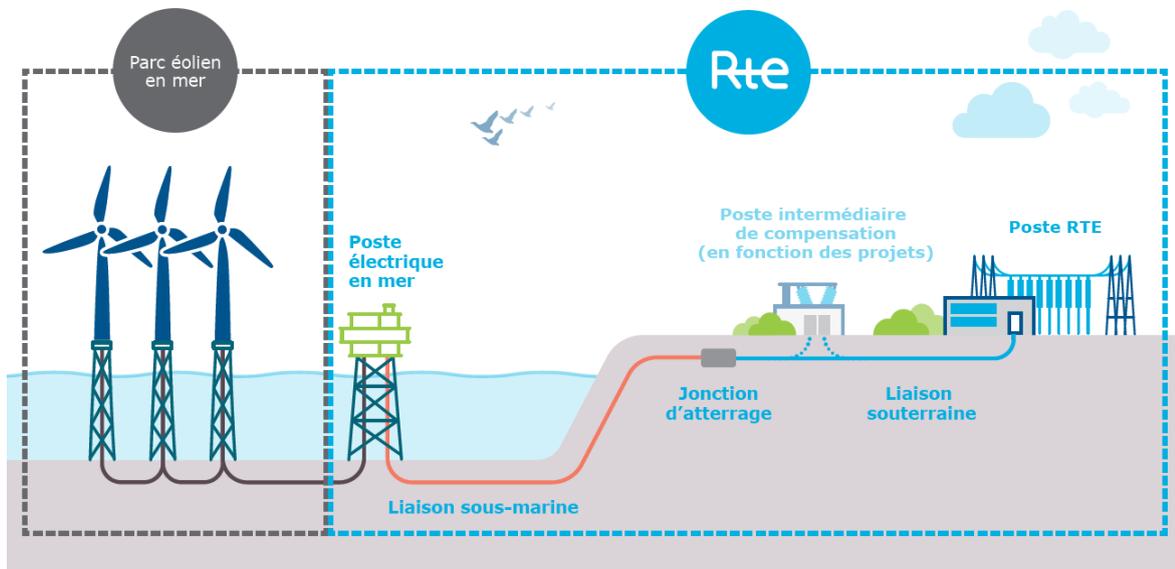
La programmation pluriannuelle de l'énergie a fixé en avril 2020 l'objectif d'atteindre entre 5.2 et 6.2 GW de capacité d'éolien en mer installé (posé et flottant) à l'horizon 2028 et 10 GW en 2035. **L'Etat a annoncé en 2022 le rehaussement de ces objectifs, à 18 GW de capacité installée en 2035 et 40 GW en 2050. Ces objectifs devraient être traduits dans la prochaine PPE, dont la publication est prévue mi-2024.**

Pour réussir cette ambition industrielle, RTE se positionne comme un **aménageur durable des espaces terrestres et maritimes**, ce qui se traduit notamment par :

- **l'anticipation des besoins de développement du réseau, en mer comme à terre**, grâce à une planification conjointe par l'Etat de la production et du réseau (volumes, localisation et calendrier prévisionnel des futurs projets)
- **la mise en œuvre de leviers d'optimisation des infrastructures de raccordement**, conditionnés à cette planification (raccordement de plusieurs parcs de production à une même plateforme en mer, adaptation de la taille des parcs à la capacité des infrastructures de réseau, standardisation, etc.)
- **une offre de services de co-usages sur ses plateformes en mer** pour créer d'autres valeurs ajoutées au service de la collectivité
- **un engagement dans la R&D environnementale en mer et technologique**
- **un dialogue constant et ouvert avec l'ensemble des parties prenantes maritimes** tout au long de la vie des projets.

# Intégration dans le réseau – Focus éolien en mer

RTE opérateur industriel de la transition énergétique en mer



Installations de RTE dans le cadre de parcs éoliens offshore

# Intégration dans le réseau – Focus éolien en mer

## Changer d'échelle dans le raccordement des parcs éoliens en mer

**Pour atteindre la neutralité carbone en 2050, le développement massif des énergies renouvelables est indispensable, et l'éolien en mer jouera un rôle très important dans ce mix électrique décarboné.** Le rapport Futurs énergétiques 2050 retient un développement entre 22 et 62 GW d'éolien en mer, selon la relance de nouveau nucléaire ou non. **L'Etat a annoncé en 2022 l'objectif de 18 GW de capacité installée en 2035 et 40 GW en 2050**, ce qui devra être traduit dans la prochaine PPE.

Cette trajectoire ambitieuse signifie multiplier par 6 la capacité mise en service entre 2025 et 2035 (de 3 à 18 GW) et attribuer entre 2025 et 2028 autant de capacité que tout ce que l'Etat a réalisé jusqu'à présent. Enfin, pour tenir ces délais de mise en service en 2035, il faudra collectivement parvenir (Etat, RTE, développeurs) à **réduire le délai global des projets d'environ 2 ans.**

Ces différents enjeux nécessitent :

- une **bonne articulation des exercices de planification de l'énergie (PPE) et de l'espace maritime (DSF)**, précisant à la fois les volumes projetés des projets, leur localisation et leur calendrier prévisionnel de réalisation, ce qui permettrait une anticipation optimisée du développement de nos réseaux en mer mais aussi à terre ;
- la **standardisation des ouvrages de raccordement**, permettant la massification des achats, source à la fois de réduction des délais de réalisation mais aussi de visibilité pour l'ensemble de la chaîne de valeur des EMR ;
- Le **renforcement de la concertation et du portage des projets**, afin de correctement les ancrer sur toute leur durée de vie dans les territoires, ce qui passe par un éclairage optimisé des enjeux environnementaux associés à ces projets, par l'accompagnement de la transition des filières maritimes (dont la pêche) mais aussi par une réflexion sur les besoins de développement des infrastructures (ports, activités industrielles) ;
- la **simplification administrative des projets**, y compris dans l'articulation des projets de parcs et de leurs raccordements.

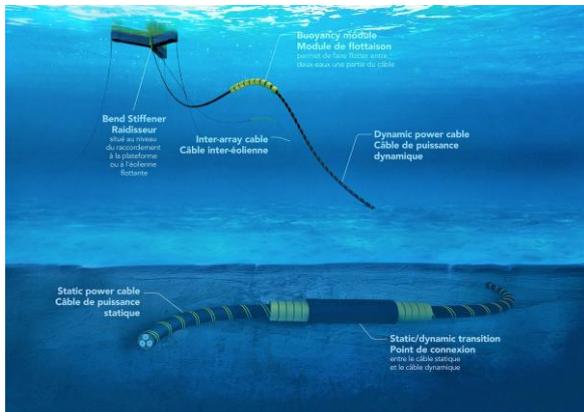
# Intégration dans le réseau – L'innovation

## Accompagner le développement prometteur de l'éolien flottant

Afin d'atteindre les objectifs ambitieux français en matière d'éolien en mer, la technologie de l'éolien posé, avec des fondations d'éoliennes fixées au fond marin, mature industriellement mais adaptée aujourd'hui à des profondeurs limitées, ne devrait pas suffire.

Dans l'étude Futurs énergétiques 2050, RTE intègre ainsi le besoin de **disposer, quel que soit le scénario de neutralité carbone retenu, d'une proportion d'éolien flottant**, avec des éoliennes reposant sur des flotteurs reliés au fond marin par des lignes d'ancrage, comprise **entre 20 et 70 % de la capacité totale d'éolien en mer en France**. Cette technologie, encore expérimentale, permettrait de s'affranchir des contraintes de profondeur et ainsi de produire de l'électricité plus loin des côtes. Il s'agit de la technologie en mer à plus fort potentiel dans le monde aujourd'hui.

A cet égard, et afin d'accompagner la filière industrielle dans le développement de cette technologie d'avenir, **RTE est d'ores et déjà engagé dans des travaux de R&D pour lever les derniers verrous technologiques existants** et ainsi développer des solutions toujours plus optimales de raccordement.



RTE mène dans cette optique **2 axes principaux de R&D** :

→ Les **postes en mer flottants** :

- Intérêt sur des zones de fonds marins profonds (> 50-60 m) ;
- Une opportunité pour :
  - réduire l'impact environnemental du raccordement ;
  - améliorer l'acceptabilité des autres usagers de la mer et des riverains.
- Des défis à relever avant tout développement industriel : systèmes d'ancrage, équipements, câbles dynamiques ;

→ Les **câbles dynamiques très haute tension (225 kV)**, en capacité d'accompagner les mouvements, latéraux et verticaux, de l'éolienne flottante.

# Conditions techniques pour un système électrique à forte part d'énergies renouvelables

Rapport RTE-AIE : une étude visant à identifier les prérequis pour une exploitation en sûreté d'un système à forte pénétration d'EnR

Commandée en 2019 par le ministère de la Transition Ecologique, cette étude réalisée conjointement avec l'AIE vise à étudier la **faisabilité technique de scénarios de mix énergétiques à hautes et très hautes part d'EnR variables**. Le rapport décrit quatre conditions strictes et cumulatives que les politiques publiques doivent prendre en compte si elles décident de s'orienter vers un mix électrique à forte proportion d'énergies renouvelables à l'horizon 2050:

- **La compensation de la variabilité des EnR** qui nécessitera des volumes importants de moyens pilotables décarbonés tels que le stockage, les moyens de pointe, les flexibilités de consommation etc.
- **Le maintien de la fréquence** qui impliquera le développement de nouvelles solutions techniques à intégrer dès la fabrication des infrastructures de production d'énergies renouvelables, dès lors que de très hautes parts de production instantanées seront atteintes.
- **La capacité à prévoir les réserves et les marges** pour piloter le réseau en temps réel.
- **La reconfiguration du réseau de transport** qui devra s'adapter à l'évolution des flux d'énergie et à la nouvelle localisation des unités de production.

Cette étude met en évidence un besoin de tests et de déploiement à grande échelle de solutions technologiques. Les défis industriels associés seront proportionnés à la part d'énergie renouvelable considérée à cet horizon mais supposeront dans tous les scénarios **une feuille de route volontariste engageant les pouvoirs publics et les acteurs industriels**.

Cette publication marque une étape importante qui s'insère dans un programme de travail plus vaste visant à élaborer et à comparer des scénarios de transformation à long terme du système électrique pour atteindre la neutralité carbone en 2050.



Conditions et prérequis en matière de faisabilité technique pour un système électrique avec une forte proportion d'énergies renouvelables à l'horizon 2050

Synthèse

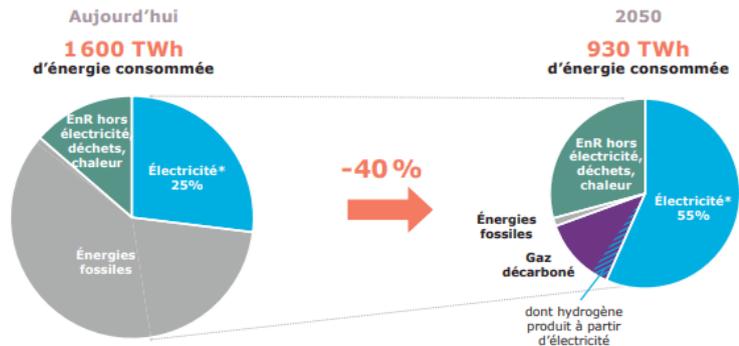


Rapport RTE-AIE disponible sur [rte-france.com](http://rte-france.com)

# Futurs énergétiques 2050

RTE a élaboré les scénarios 2050 du bilan prévisionnel, dans le cadre d'un dispositif d'étude et de concertation d'une ampleur inédite

Consommation d'énergie finale en France et dans la SNBC



\* Consommation finale d'électricité (hors pertes, hors consommation issue du secteur de l'énergie et hors consommation pour la production d'hydrogène)  
Consommation intérieure d'électricité dans la trajectoire de référence de RTE = 645 TWh

Cette étude décrit les caractéristiques, les enjeux ainsi que les jalons clés de différents scénarios d'évolution du système électriques compatibles avec **l'atteinte de la neutralité carbone en 2050**. Celle-ci impliquera la bascule systématique des énergies fossiles vers les énergies décarbonées notamment dans le secteur des transports, du bâtiment et de l'industrie.

En cohérence avec les scénarios européens et mondiaux, **la part de l'électricité dans le mix énergétique est appelée à augmenter de manière substantielle**. Pour la France, les principaux défis vont consister à accroître la production d'électricité décarbonée tout en remplaçant progressivement un parc de production qui arrivera en fin de vie au cours des prochaines décennies.

L'étude compare six **scénarios de mix de production** : avec ou sans nouveau nucléaire, pouvant conduire à des scénarios 100 % EnR à l'horizon 2050 ou 2060. Ils sont analysés dans la perspective de trois scénarios de consommation contrastés construits autour d'une configuration de référence, d'un scénario sobriété ou explorant les conséquences d'une réindustrialisation profonde.

L'ensemble de ces évolutions ont été analysées sous l'angle technique, économique, environnemental et sociétal.

# Futurs énergétiques 2050

Des scénarios d'évolution du mix électrique qui reposent nécessairement sur une part plus importante des énergies renouvelables variables

M0

100% EnR en  
2050

M1

EnR répartition  
diffuse

M23

EnR grands parcs

N1

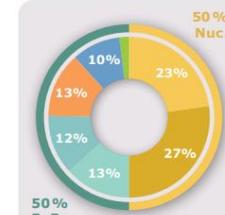
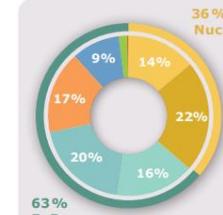
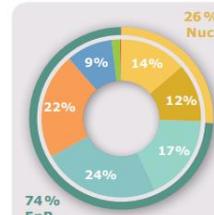
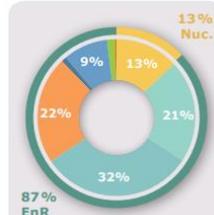
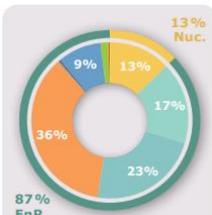
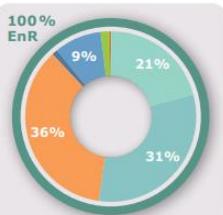
EnR + nouveau  
nucléaire 1

N2

EnR + nouveau  
nucléaire 2

N03

EnR + nouveau  
nucléaire 3



Les scénarios « M »

Sans nouveau nucléaire, atteinte du 100% renouvelable en 2050 ou 2060

Les scénarios « N »

Avec nouveau nucléaire

L'étude conclut, sans aucune ambiguïté, **au caractère indispensable d'un développement soutenu des énergies renouvelables** électriques en France pour **respecter ses engagements climatiques**. En particulier, **le développement de l'éolien constitue aujourd'hui une technologie mature aux coûts de production faibles**, susceptible de produire des volumes d'électricité importants : une capacité minimale d'une quarantaine de gigawatts d'éolien terrestre, ainsi qu'une capacité en mer entre 22 et 62 GW, apparaissent nécessaires.



# La maîtrise de la variabilité

## De nouveaux leviers pour la gestion des contraintes des réseaux (transport et distribution) pour favoriser l'insertion des énergies renouvelables

Une flexibilité est **une modulation de puissance volontaire** d'un site ou de plusieurs sites, de production ou de consommation, à la hausse ou à la baisse, durant une période donnée, en réaction à un signal extérieur pour fournir un service.

RTE et Enedis travaillent depuis plusieurs années à la mise en œuvre de flexibilités pour répondre à **l'arrivée massive des énergies renouvelables sur les réseaux d'électricité**, avec plusieurs cas d'usage :

### 1 Les offres de raccordement alternatives avec limitation de puissance injectée,

Pour raccorder plus vite et à moindre coût un producteur ou consommateur qui le souhaite. (Cf. Slide suivant)

### 2 L'optimisation des investissements dans les S3REnR

Pour raccorder plus vite et davantage d'EnR pour la même quantité de travaux réalisés. L'énergie EnR supplémentaire serait très nettement supérieure à l'énergie écrêtée.  
Les projets NAZA (RTE) et Reflex (Enedis) s'inscrivent dans ce cadre.

### 3 L'optimisation de la conception et l'exploitation des réseaux

Pour éviter ou reporter des investissements sur les réseaux, ou comme alternative à un moyen de réalimentation en anticipation ou suite à un incident, ou pour éviter des coupures pour travaux.<sup>1</sup> Les services de flexibilités sont contractualisés dans ce cas d'usage par appel au marché.

Ces flexibilités sont un levier individuel qui réduisent les délais et/ou les coûts du client qui en fait la demande.

Ces flexibilités sont un levier collectif qui réduisent les délais et/ou les coûts collectifs

<sup>1</sup> Site Enedis, mot clé : Co-construire les flexibilités

# La maîtrise de la variabilité

## 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 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** : 90 M€ sur les 160 M€ du Turpe 6 entre 2021 et 2024
- **Enedis** : 130 M€ sur 227 M€ de budget R&D entre 2021 et 2024

### Partenariats – les nouveautés :

- Renouvellement de la convention avec **France Energies Marines**
- Montage d'un partenariat avec le **CEA** sur des nouveaux moyens de contrôle du système électrique
- 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)
- Poursuite du partenariat avec **Grenoble INP** et l'**institut interdisciplinaire d'IA de Grenoble**, notamment sur l'intégration des EnR, le fonctionnement et la conduite des smartgrids
- Partenariat avec **Datastorm** pour mieux ajuster les prévisions de productions EnR et leur impact sur les flux à différentes mailles.

### CAP R&D – feuille de route R&D de RTE

**RTE a validé en 2021 sa feuille de route R&D 2021/2024 qui vise à préparer l'évolution du système électrique d'ici à la neutralité carbone en 2050<sup>1</sup>**

**De nombreux volets de cette feuille de route concernent l'intégration des énergies renouvelables :** le dimensionnement optimal du réseau s'appuyant sur des automates performants, la stabilité de fonctionnement d'un système largement modifié par l'électronique de puissance inhérente aux EnR, les enjeux de prévisions court-terme, de marges de sécurité ou encore de raccordement off-shore. L'ensemble des solutions répondant à ces enjeux sont examinées sous les angles techniques, économiques et environnementaux.

Modalité : les travaux sur la feuille de route R&D de RTE sont partagés annuellement avec la CRE, et pourront l'être régulièrement aussi dans le cadre de la CPSR

Echéance : tous les ans

**ENEDIS** : la consultation des parties prenantes du réseau de distribution menée par Enedis a permis d'enrichir et d'ajuster son programme de R&D en amont de la période du TURPE6

Source : <sup>1</sup>Feuille de route RTE RD 2021-2024

# La maîtrise de la variabilité

Optimiser la performance

## RINGO – Expérimentation sur les services offerts par une solution de stockage

Le projet **RINGO** vise à expérimenter de nouvelles flexibilités pour le système électrique qui seront nécessaires afin d'accélérer la transition énergétique.

Il propose d'expérimenter l'identification de « trop pleins » d'électricité d'origine renouvelable et de les stocker dans des batteries stationnaires pour gérer les flux d'électricité sur le réseau de transport de façon automatique.

Le projet RINGO s'articule autour de 3 sites pilotes, la réalisation de ces trois sites étant confiée à 3 groupements de constructeurs différents expérimentant chacun des technologies différentes :

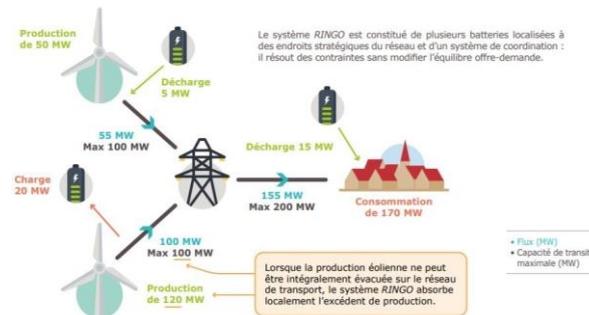
- Vingeanne en Côte d'Or (12 MW et 37 MWh) est réalisé par NIDEC ASI. Il a été inauguré en juillet 2021.
- Ventavon dans les Hautes-Alpes (10 MW et 30,2 MWh) est réalisé par Blue Solutions (groupe Bolloré), SCLE SFE et Engie Solutions
- Bellac en Haute-Vienne (10 MW et 30,8 MWh) est réalisé par Saft et Schneider Electric

L'objectif du projet est de démontrer la faisabilité de l'utilisation de batteries de grande taille pour gérer automatiquement les congestions dues aux pics de production des énergies renouvelables et d'acquérir une expertise de pilotage sur ces batteries. Ainsi, lors du déploiement à grande échelle par des investisseurs indépendants, RTE sera en mesure d'accueillir, de piloter, et donc de tirer le meilleur parti de ces dispositifs de flexibilité.

### Éléments clés

- **Dates :** Phase Etudes: 2017-2019  
Phase Travaux : 2020-2022  
Phase Expérimentation: 2022-2024

- **Budget :** 80 M€
- **Lieu :** 3 sites en France
- **Partenaires du projet :**



# L'hydrogène : une solution pour la variabilité

L'éolien permet de produire de l'hydrogène renouvelable, qui lui-même permet de faire face à la variabilité de l'éolien

L'énergie **hydrogène**, produite à partir d'électricité renouvelable par un processus **d'électrolyse de l'eau**, présente de nombreux avantages pour l'avenir.

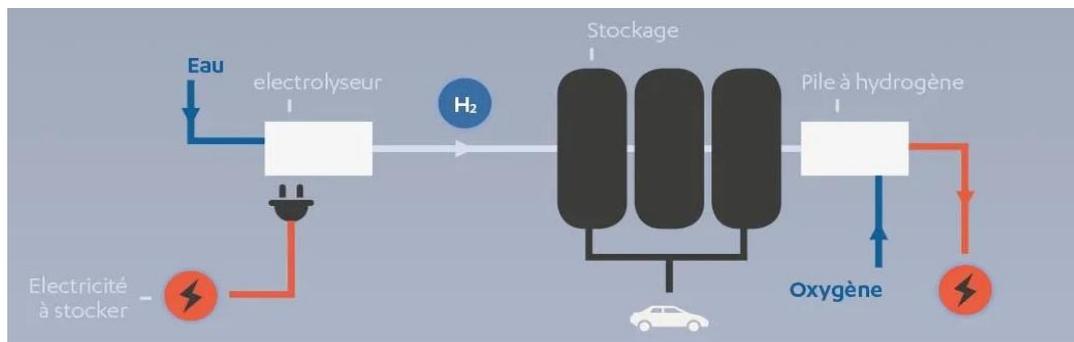
Les réseaux de transmission électrique à terre étant de plus en plus contraints, l'adaptation de nouvelles sources d'électricité renouvelables ou à bas carbone génèrent des coûts de mise à niveau fort coûteux pour la société. Loin en mer, le développement de fermes éoliennes à large capacité imposent des coûts de station haute tension qui approchent le milliard d'euros.

L'énergie éolienne étant variable, l'électrolyse en mer de l'hydrogène permet de **stocker l'électricité** produite dans

une longue canalisation à haute pression. La massification de la production de l'hydrogène renouvelable permet d'alimenter de multiples usages:

La décarbonation de l'industrie difficilement convertible aux énergies à faibles émissions, la mobilité lourde, le stockage et le réseau de transmission de gaz pour atteindre tout type d'usagers en Europe.

L'hydrogène **dégage uniquement de l'eau** lors de son utilisation et permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre dans de nombreux domaines.

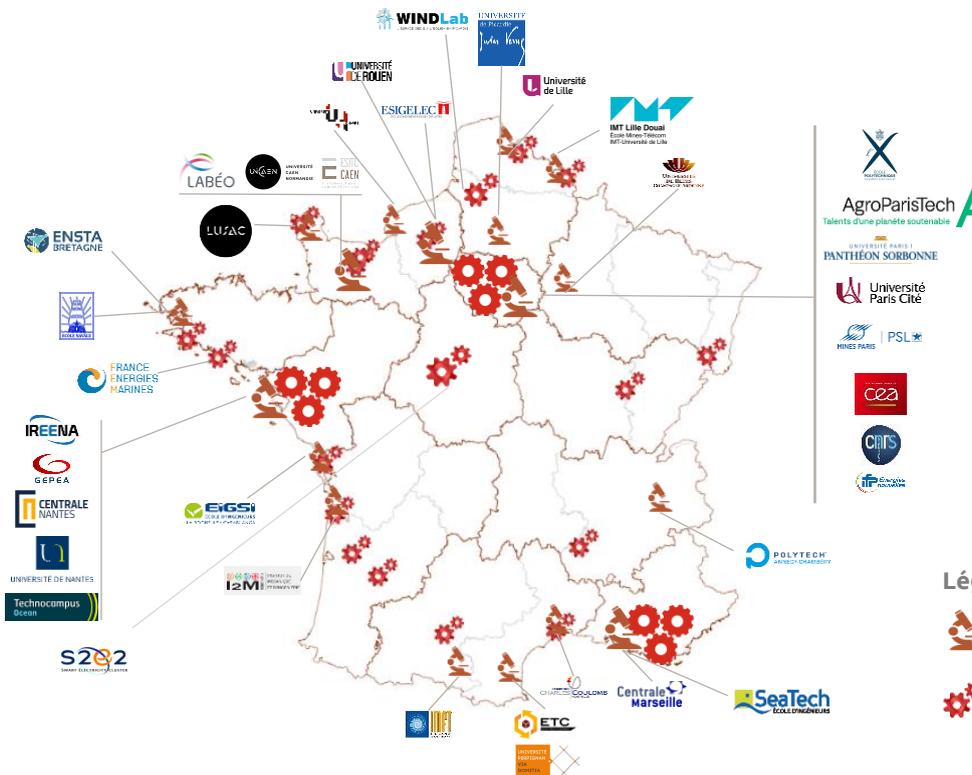


# La recherche et le développement (R&D)

## Cartographie des acteurs de la R&D



Cliquez sur les logos pour en savoir plus



### Légende :



Université ou Grande Ecole



Acteur privé de la R&D

# Eolien et paysage

## L'insertion des éoliennes au sein des paysages est étudiée en amont de la construction des parcs

En France, près de 44% de l'énergie consommée est importée (pétrole et gaz). Les moyens de production de ces ressources sont donc éloignés du quotidien des Français. Or, la crise énergétique que nous traversons a mis en exergue notre **dépendance** dans ce domaine. De ce fait, réussir notre **transition écologique** en ayant une certaine **autonomie** implique d'avoir la maîtrise de nos capacités de productions et donc de produire l'électricité au plus près des territoires.

**Les éoliennes deviennent alors des éléments nécessaires** et doivent s'insérer au mieux, au sein des paysages, et représentent désormais des objets aussi communs que les lignes à haute tension ou les châteaux d'eau.

L'étude d'impact réalisée pour chaque projet éolien s'assure de l'**insertion paysagère** du nouveau parc. De plus, les projets peuvent être accompagnés par des paysagistes et des associations de conservation du patrimoine et des espaces naturels<sup>1</sup>.

L'insertion de l'éolien au sein des paysages passe aussi par la construction de **récits de paysages** cohérents avec le territoire et avec les problématiques écologiques. Pour cela, il est possible de créer une dynamique à l'échelle locale et **d'impliquer les habitants** (par referendum local ou à travers des groupes de travail).

### Quelques chiffres Français<sup>2</sup>



≈35 000  
châteaux d'eau



100 203 km  
de lignes aériennes  
à haute tension



≈1 500  
parcs éoliens



950 000 km  
de réseau routier  
(hors autoroutes)



≈12 000  
supermarchés et  
hypermarchés



Source : <sup>1</sup> Transition énergétique vers des paysages désirables ENSP, <sup>2</sup> FEE,

# Respect de la biodiversité

## Les projets éoliens sont encadrés par une réglementation exigeante en ce qui concerne la biodiversité

Les éoliennes sont soumises à la réglementation des **Installations Classées pour l'Environnement (ICPE)**. C'est pourquoi des **mesures très strictes** sur l'impact environnemental des parcs éoliens, s'appliquent tout au long de leur cycle de vie.

Lors du développement d'un projet éolien, une étude d'impact environnementale pré-implantation est menée durant au moins 1 an afin de prendre en compte le cycle de vie complet des espèces. En fonction des résultats, différentes mesures suivant la **méthodologie « Éviter, Réduire, Compenser » (ERC)** sont appliquées. Les mesures ERC sont le plus souvent complétées par des **mesures d'accompagnement** réalisées de manière spontanée et volontaire par les acteurs de la filière.

### Éviter

les impacts potentiels du projet (choix de l'emplacement, de l'orientation des éoliennes...)

La construction d'un parc éolien ne peut avoir lieu que si le projet garantit une **absence de perte nette de biodiversité**.

Enfin, des **suisvis environnementaux** sont réalisés tout au long de l'exploitation afin de s'assurer de la conformité et de l'efficacité des mesures ERC, et si besoin, les adapter.

### Réduire

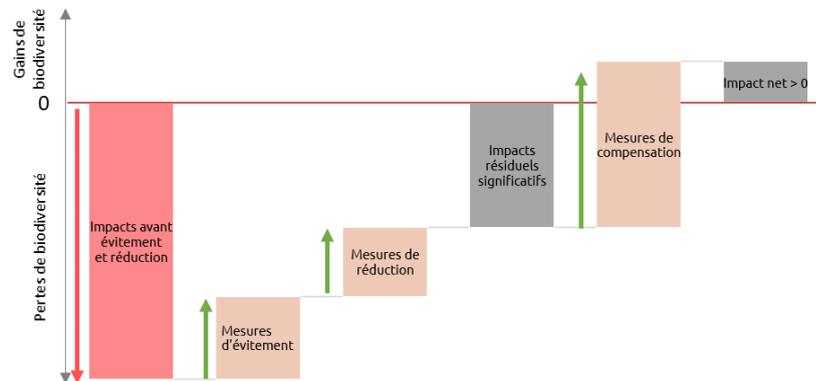
l'étendue des impacts qui n'ont pas pu être évités

### Compenser

les impacts résiduels n'ayant pas pu être évités ni compensés

### Accompagner

les mesures ERC par des mesures complémentaires



Source : Approche standardisée du dimensionnement de la compensation écologique, Ministère de la transition écologique

# Respect de la biodiversité

## Déconstruire les idées reçues sur l'éolien et la biodiversité

### ❌ LES ÉOLIENNES TUENT BEAUCOUP D'OISEAUX

Selon la Ligue pour la protection des oiseaux, une éolienne peut être responsable de la mort de 0 à 18 oiseaux par an<sup>1</sup>. La mortalité liée à l'éolien est cependant bien moindre que celle liée aux vitres, aux chats domestiques ou encore aux lignes à haute tension.

#### Causes d'accidents mortels chez les oiseaux<sup>2</sup> Nombre pour 10 000 décès



### ❌ LES ÉOLIENNES DÉCIMENT LES CHAUVES-SOURIS

En France, toutes les espèces de **chauves-souris** sont **protégées**. Les constructeurs éoliens ont donc une vigilance particulière sur ce sujet et des **mesures de protection** des espèces peuvent être mises en place pour mieux connaître les populations ou réduire leur mortalité.

### ❌ LES ÉOLIENNES OFFSHORE DÉTRUISENT LA BIODIVERSITÉ MARINE

Au contraire ! Si la phase de chantier peut entraîner un dérangement temporaire, les structures des socles des éoliennes posées attirent les espèces dont l'habitat est habituellement composé de rochers. Ces espèces, en venant se fixer sur ce socle vont attirer leurs prédateurs. Cette combinaison de processus est appelé « **effet récif** ».

De plus, les pêcheurs étant exclus des parcs offshore, les parcs éoliens en mer deviennent des **poumons de biodiversité sous-marine**<sup>3</sup>.

Sources : <sup>1</sup> Eoliennes et biodiversité, Ligue protectrice des oiseaux, <sup>2</sup> Association Canadienne de l'énergie renouvelable  
<sup>3</sup> Eoliennes en mer, quel impact sur l'écosystème ?, Ocean climat, 20/04/2020

# Respect de la biodiversité

## Un exemple de mesure d'accompagnement en faveur de la biodiversité : le suivi des nichées de busards cendrés



Les parcs éoliens de l'Enclave, de l'Arbre chaud et de la Crémère (Hauts-de-France) sont situés dans un secteur abritant un noyau de population de busards.

Les opérateurs en charge de ces parcs ont mis en place une **mesure d'accompagnement** ayant pour but de **protéger les nichées de busards**. En effet, ces oiseaux ont pour habitude de nicher sur des terres agricoles, ce qui présente un risque pour leur survie lors des moissons.

Le suivi est effectué par une association de protection de la biodiversité : le Groupe Ornithologique et Naturaliste du Nord (GON). Les ornithologues repèrent les nids de busards, évaluent si les jeunes busards pourront s'envoler du nid avant les moissons et, si ce n'est pas le cas, mettent en œuvre des mesures de protection. Un grillage est placé autour du nid, selon un carré de 5m sur 5m, le protégeant du moissonnage. Les nichées sont ensuite surveillées jusqu'à leur envol.

Ces actions sont grandement facilitées par le financement des opérateurs éoliens, qui **identifient et indemnisent les agriculteurs** possédant les terres occupées par des nids de busards.

Source : Entretien mené avec Florent Bastianelli, chargé de mission au GON et responsable du suivi des nichées de busards

# Economie circulaire

L'exploitant gère l'ensemble du processus de fin de vie du parc éolien et se charge de la remise en état des sols

Les opérations de gestion de fin de vie des installations éoliennes sont strictement **encadrées par la loi<sup>1</sup>** et comprennent **l'ensemble du processus de démontage et de recyclage** des déchets des composants. En fin de vie, **l'exploitant doit prendre à sa charge** :



Le **démontage des éoliennes** et du poste électrique



Le retrait (excavation) de **l'ensemble des fondations**, jusqu'à la semelle\*



Le **retrait des câbles** jusqu'à 10 mètres autour des machines

Lors du démantèlement du parc, les sols sont remis en état avec des terres de **caractéristiques comparables** aux terres en place à proximité de l'installation.

En vu des travaux de démantèlement, l'exploitant provisionne des **garanties financières dès le début du projet** : **50 000€ pour toutes les éoliennes** qui ont une puissance allant jusqu'à 2MW et **25 000€ pour chaque MW supplémentaire**. Ainsi par exemple, pour un parc de 4 éoliennes de 3MW de puissance unitaire, l'exploitant sécurise 300 mille euros pour les frais de démantèlement.

**Aujourd'hui, aucun parc en France n'a jamais été abandonné après son utilisation !**

# Economie circulaire

Après leur démantèlement, les matériaux des éoliennes sont presque intégralement recyclés ou réemployés

**Des obligations de recyclabilité sont également prévues la loi.** Ces obligations évoluent régulièrement, ainsi, pour les dossiers de demandes d'autorisations déposés à partir de 2023 et progressivement jusqu'à 2025, **les taux de réutilisation et de recyclabilité seront portés jusqu'à 95% de la masse totale** de l'éolienne (fondations incluses) et jusqu'à **55% de la masse du rotor**. Aujourd'hui, ce sont **90% de l'éolienne** et **35% du rotor** qui doivent être recyclés<sup>1</sup>.

Après vérification technique, les éoliennes en bon état sont réutilisées pour d'autres marchés européens.

RÉUTILISATION

RÉEMPLOI

Le béton, l'acier, les fibres carbone sont broyés ou fondus puis réintroduits dans des chaînes industrielles.

Sert de combustible à la place du bois.

REVALORISATION

RECYCLAGE

Les pales remplacent le sable dans la fabrication du ciment<sup>2</sup>. En France, aucune pale d'éolienne ne peut être envoyée en décharge ou enterrée.

Source :  
<sup>1</sup> Code de l'environnement de Veolia redonne une seconde vie aux pales des éoliennes de GE Renewable Energy pour fabriquer du ciment

# Economie circulaire

Plusieurs constructeurs d'éoliennes visent un objectif « zéro déchet » et la neutralité carbone sur l'ensemble de leur chaîne de valeur

**Les constructeurs éoliens s'engagent à devenir neutre en carbone.** Cela passe par l'établissement d'une stratégie basée sur :

1. L'augmentation de l'efficacité énergétique dans les usines
2. L'approvisionnement en électricité d'origine renouvelable des bureaux et des usines
3. Le renouvellement de la flotte des véhicules professionnels du thermique à l'électrique et utiliser des transports peu émetteurs en CO2 (maritime, ferroviaire)
4. L'augmentation de la recyclabilité des éoliennes

Aujourd'hui, bien que près de **95% de la masse des éolienne soit recyclable**, une des pièces posant problème est **la pale** de l'éolienne. En effet, les pales sont constituées de matériaux composites (fibres de verre, carbone, résine) difficiles à recycler.

Plusieurs projets de création de pales 100% recyclables sont en cours. Ainsi, l'entreprise Siemens Gamesa a annoncée la commercialisation de la pale « **RecyclableBlade** », 100% recyclable grâce à l'intégration d'une résine spécifique<sup>1</sup>.

Cela rend confiant dans la capacité de la filière éolienne à relever le défi dans lequel des constructeurs se sont engagés : concevoir des **éoliennes zéro déchet d'ici 2040**.

Les étapes du cycle de vie d'une éolienne



Source : <sup>1</sup> Le recyclage des éoliennes en France: mythe ou réalité ?, Les échos

# Economie circulaire

## Plusieurs projets de développement de pales 100% recyclables voient le jour : focus sur le projet Zebra et sur la RecyclableBlade de Siemens Gamesa

Aujourd'hui les éoliennes ont une durée de vie d'environ 30 ans et sont recyclables entre 85% et 90%. La filière souhaite atteindre une recyclabilité de 100%. C'est dans ce contexte que plusieurs projets de création de pales 100% recyclables voient le jour.

### Le projet ZEBRA (Zero waste Blade ReseArch)

Ce projet, lancé par l'IRT Jules Verne, mobilise à la fois des acteurs industriels et des centres de recherche.

Il vise à démontrer la faisabilité technico-économique et environnementale de pales d'éoliennes en thermoplastique, dans une approche d'éco-conception afin de faciliter le recyclage. Ce projet est lancé pour une durée de 42 mois et avec un budget de 18,5 Millions d'euros.

### La RecyclableBlade de Siemens Gamesa

En septembre 2021 Siemens Gamesa a lancé et commercialisé la première pale d'éolienne au monde 100% recyclable. Des accords ont été conclus avec RWE, EDF et WPD afin d'installer des RecyclableBlades dans des parcs offshores.

Les pales d'éoliennes de Siemens Gamesa sont fabriquées à partir d'une combinaison de matériaux coulés ensemble avec de la résine. La structure chimique de ce nouveau type de résine permet de séparer efficacement la résine des autres composants à la fin de la vie de la pale.



Projet ZEBRA, ©credit Manche Drones Production

# Economie circulaire

Le renouvellement des parcs éoliens pourrait permettre de gagner une puissance estimée à plus de 5 GW à l'horizon 2030<sup>1</sup>

## Les 3 possibilités de renouvellement des parcs éoliens



### La maintenance lourde : le retrofit

Consiste à **remplacer certains composants** de l'éolienne (pales, générateur, etc.) afin de la moderniser. Cela permet d'augmenter la durée de vie du parc sans changer sa **configuration ou ses dimensions**.



### Le réaménagement : le revamping

Consiste à **remplacer certains composants** de l'éolienne. Ce remplacement produit des **modifications des caractéristiques principales de l'installation** (dimensions des éoliennes, puissance...)



### Le renouvellement : le repowering

Consiste à **remplacer de façon totale ou partielle l'installation**, dans une optique d'amélioration des performances. Cela entraîne des **modifications des caractéristiques principales de l'installation** (dimensions des éoliennes, puissance, extension du parc, emplacements...)

Renouveler un parc éolien peut permettre de réaliser plusieurs objectifs

1

**Augmenter la production d'électricité** en valeur absolue et en captant avec plus d'efficacité la force du vent

2

**Prolonger la durée de vie d'un parc** par le remplacement de composants ou **établir un nouveau parc** plus performant

3

**Réduire les coûts d'exploitation liés à la maintenance** grâce à un matériel moderne et plus fiable.

Source : <sup>1</sup> Ademe

# Economie circulaire

## Focus : parc de Beauséjour-La Vallière – renouvellement de sept à neuf éoliennes

Un renouvellement du **parc éolien de Beauséjour-La Vallière**, mis en service en 2009, est prévu par l'exploitant du parc. Cela pourrait être le **premier projet de repowering** instruit en Loire-Atlantique.

Aujourd'hui, il n'est pas encore décidé si le renouvellement du parc consistera à **reconstruire entièrement un nouveau parc** ou si les éoliennes du parc actuel seront **conservées** malgré des changements de pièces.

	Parc actuel	Parc à venir
Éoliennes	9	Entre 7 et 9 éoliennes remplacées
Puissance installée du parc	18 MW	23,4 MW (+ 5,4 MW)
Consommation électrique de	7 000 habitants	23 000 habitants (+ 16 000 habitants)



**90%**  
des matériaux  
seront recyclés

**45%**  
D'augmentation  
de la production  
d'électricité

**30%**  
de puissance  
supplémentaire  
d'électricité

Sources : À Pannecé, dans le pays d'Ancenis, un nouveau parc éolien pour remplacer l'actuel, Ouest France

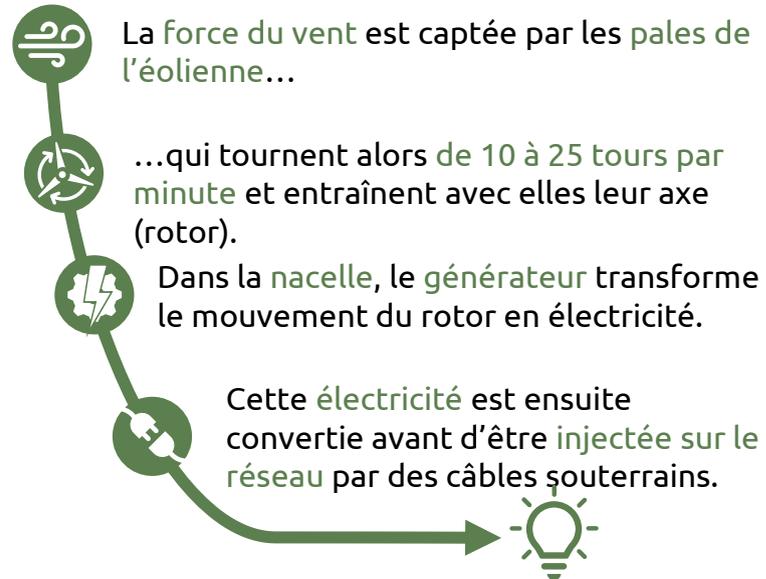
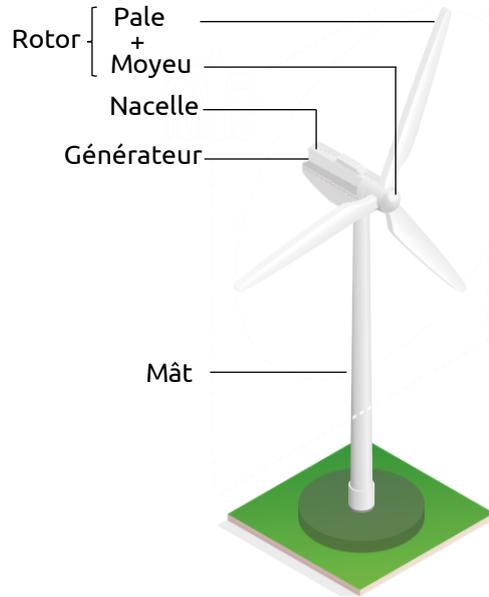
# Annexes

# Annexes

## A. Fonctionnement d'une éolienne et choix de l'implantation d'un parc

# Fonctionnement d'une éolienne

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



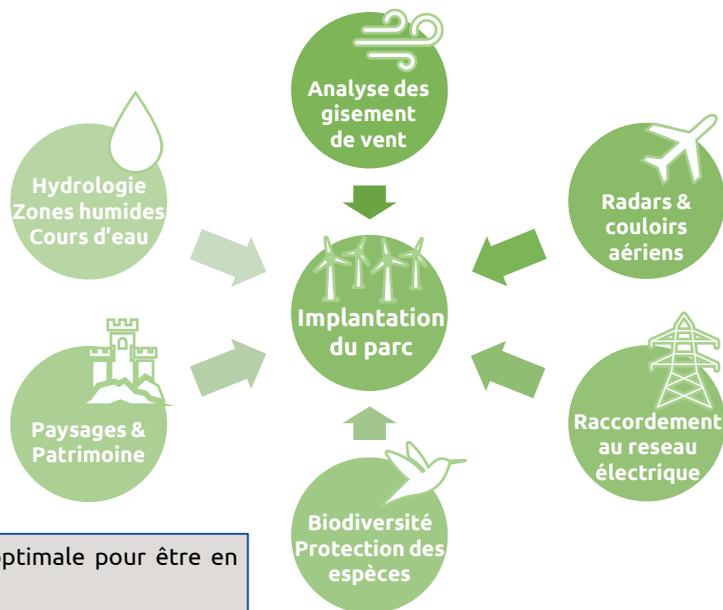
# Critères de choix pour l'implantation d'un parc

L'analyse du vent est un critère essentiel pour le choix du lieu d'implantation d'un parc éolien

## Le vent, une source à maîtriser

L'efficacité d'une éolienne dépend de la vitesse et de la fréquence des vents. Un site avec des vents de 30 km/h de moyenne sera environ huit fois plus productif qu'un autre site avec des vents de 15 km/h de moyenne. En France, un projet est considéré comme intéressant économiquement si la vitesse moyenne annuelle du site est aux alentours de 21 à 25 km/h.

**D'autres critères rentrent aussi en compte comme la nature du sol pour supporter les fondations et la connexion au réseau électrique.**



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.

Source : Le parc et l'éolien, Parc naturel régional Loire-Anjou-Touraine

# Annexes

## B. Cartes de l'implantation du tissu éolien en régions

# Auvergne-Rhône-Alpes



Revenir à la cartographie nationale

2 421 emplois (+11% par rapport à 2020)

Etudes et développement  
481

Fabrication de composants  
603

Ingénierie et construction  
778

Exploitation et maintenance  
559

680 MW installés au 31 déc. 2021

8,5 M € de retombées fiscales\*

Top constructeurs & exploitants (MW)



TRELLEBORG

OMEXOM

ENGIE Ineo

Schneider Electric  
NTN

2W

ARTELIA  
Schneider Electric

CHOMARAT



Puissance en MW



\*Basé sur le calcul suivant : 1MW correspond à environ 12 500€ de retombées fiscales.



# Bourgogne-Franche-Comté



Revenir à la cartographie nationale

952 emplois (+10% par rapport à 2020)

Etudes et développement  
204

Fabrication de composants  
376

Ingénierie et construction  
354

Exploitation et maintenance  
18

911 MW installés au 31 déc. 2021

11,4 M € de retombées fiscales\*

Top constructeurs & exploitants (MW)

Vestas

SENVION  
wind energy solutions



qenergy



Prysmian Group



openR



TAUW



DeltaBox  
HIGHLIGHTING INNOVATION



Puissance en MW



algeco

\*Basé sur le calcul suivant : 1MW correspond à environ 12 500€ de retombées fiscales.

# Bretagne



Revenir à la cartographie nationale

**1207 emplois (+15% par rapport à 2020)**

Etudes et développement  
494

Fabrication de composants  
173

Ingénierie et construction  
340

Exploitation et maintenance  
200

**1142 MW**  
installés au  
31 déc. 2021

**14,3 M €**  
de retombées  
fiscales\*

**Top constructeurs & exploitants (MW)**



Puissance en

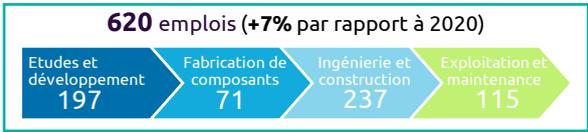


\*Basé sur le calcul suivant : 1MW correspond à environ 12 500€ de retombées fiscales.



# Centre-Val de Loire

 [Revenir à la cartographie nationale](#)

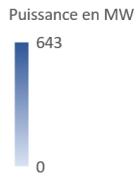
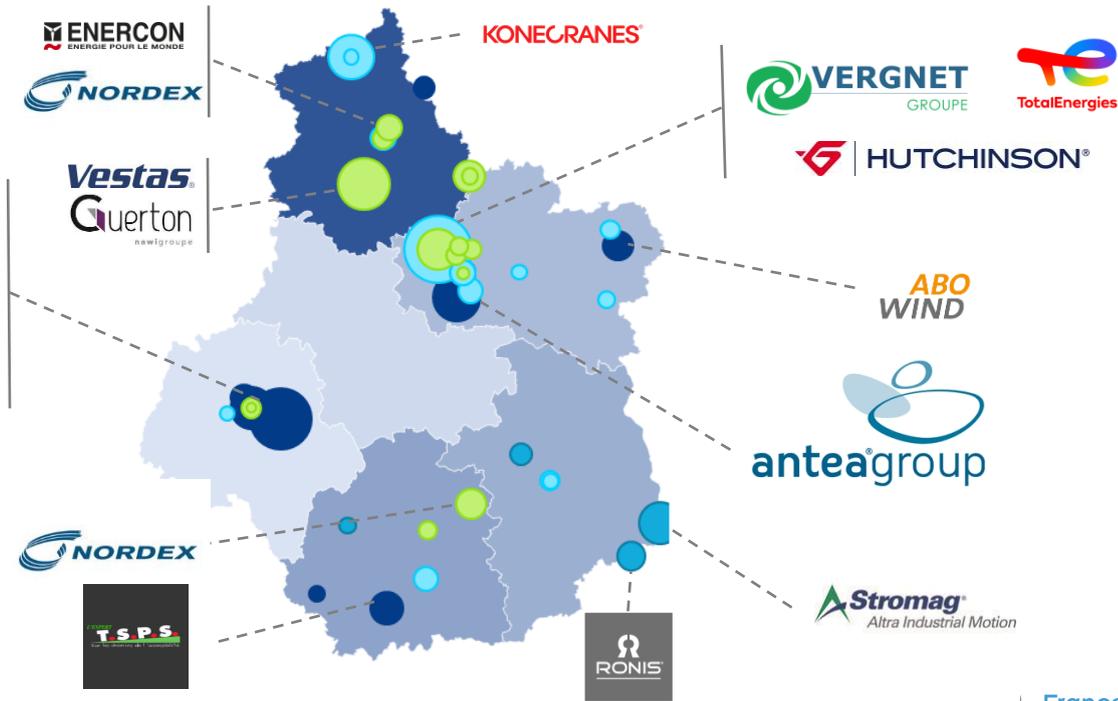


**1406 MW**  
installés au  
31 déc. 2021

**17,6 M €**  
de retombées  
fiscales\*

**Top constructeurs & exploitants (MW)**





\*Basé sur le calcul suivant : 1MW correspond à environ 12 500€ de retombées fiscales.

# Grand Est



Revenir à la cartographie nationale

**1799** emplois (+10% par rapport à 2020)

Etudes et développement  
442

Fabrication de composants  
376

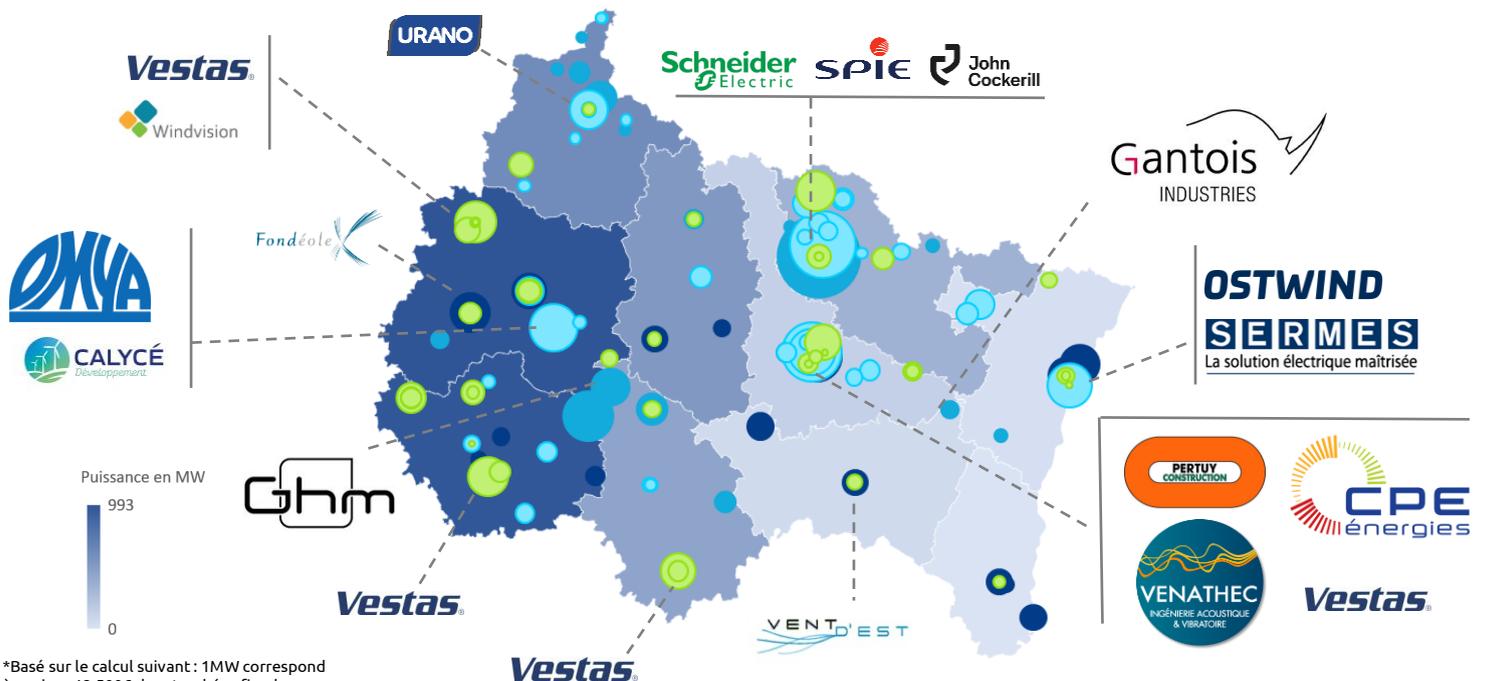
Ingénierie et construction  
660

Exploitation et maintenance  
321

**4245 MW**  
installés au  
31 déc. 2021

**53 M €**  
de retombées  
fiscales\*

**Top constructeurs & exploitants (MW)**



# Hauts de France

 Revenir à la cartographie nationale

**2380 emplois (+11% par rapport à 2020)**

Etudes et développement 581	Fabrication de composants 421	Ingénierie et construction 766	Exploitation et maintenance 612
--------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------

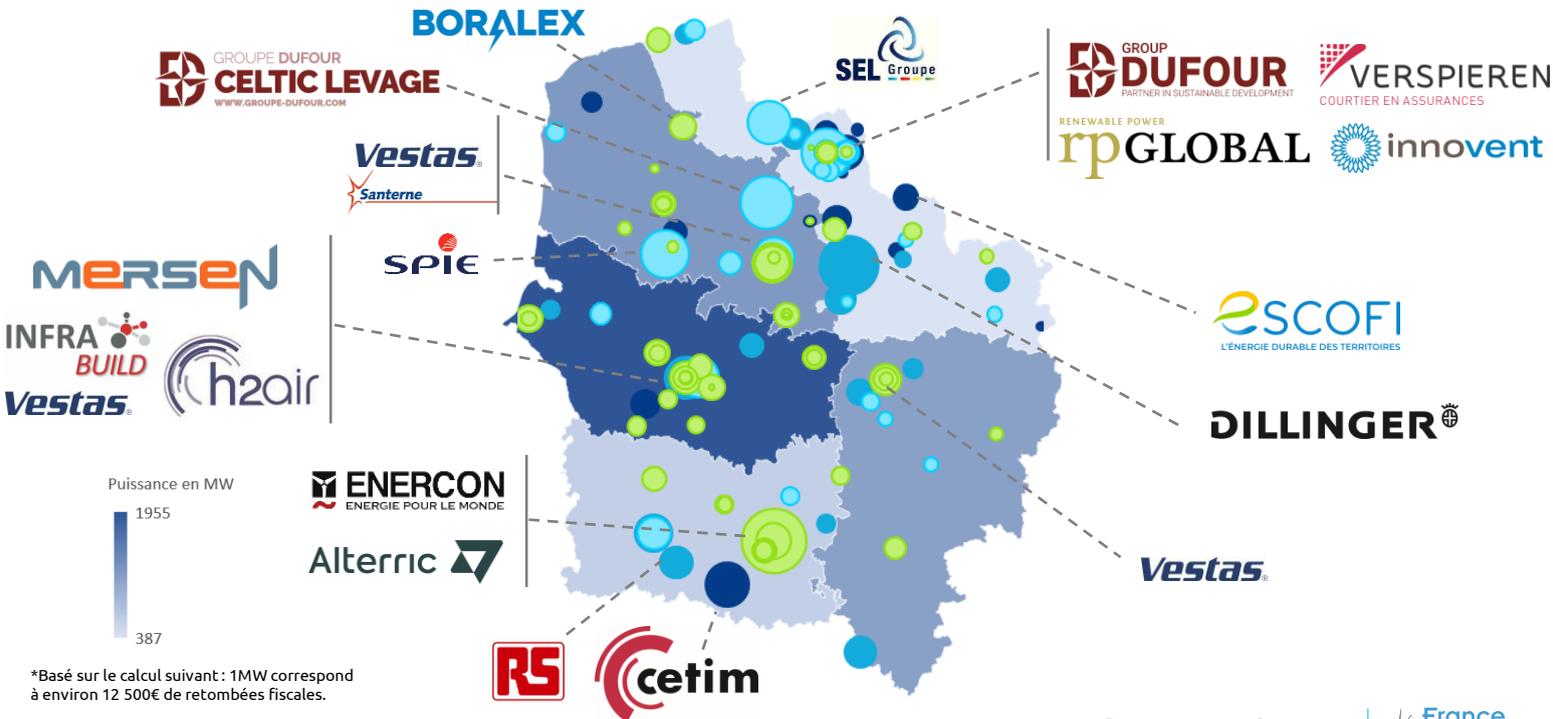
**5231 MW** installés au 31 déc. 2021

**65,4 M €** de retombées fiscales\*

**Top constructeurs & exploitants (MW)**

**Vestas** | **ENERCON** (ENERGIE POUR LE MONDE) | **energie TEAM** | **BORALEX**

**NORDEX** (We've got the power.) | **EDF** (renouvelables)



\*Basé sur le calcul suivant : 1MW correspond à environ 12 500€ de retombées fiscales.

# Île-de-France



Revenir à la cartographie nationale

**6460** emplois (+6% par rapport à 2020)

Etudes et développement  
3190

Fabrication de composants  
804

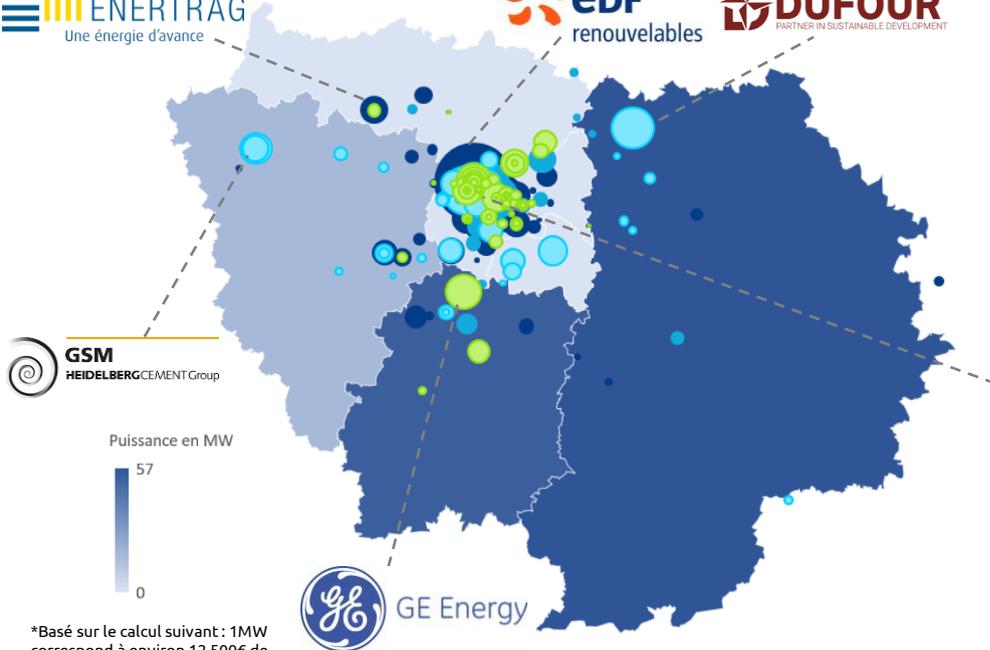
Ingénierie et construction  
1492

Exploitation et maintenance  
974

**109 MW**  
installés au  
31 déc. 2021

**1,4 M €**  
de retombées  
fiscales\*

**Top constructeurs & exploitants (MW)**



\*Basé sur le calcul suivant : 1MW correspond à environ 12.500€ de retombées fiscales.

# Normandie



Revenir à la cartographie nationale

**2290** emplois (+115% par rapport à 2020)

Etudes et développement  
227

Fabrication de composants  
1694

Ingénierie et construction  
283

Exploitation et maintenance  
86

**944 MW**  
installés au  
31 déc. 2021

**11,8 M €**  
de retombées  
fiscales\*

**Top constructeurs & exploitants (MW)**



Puissance en MW



\*Basé sur le calcul suivant : 1MW correspond à environ 12.500€ de retombées fiscales.



# Nouvelle-Aquitaine



Revenir à la cartographie nationale

1295 emplois (+14% par rapport à 2020)

Etudes et développement  
460

Fabrication de composants  
154

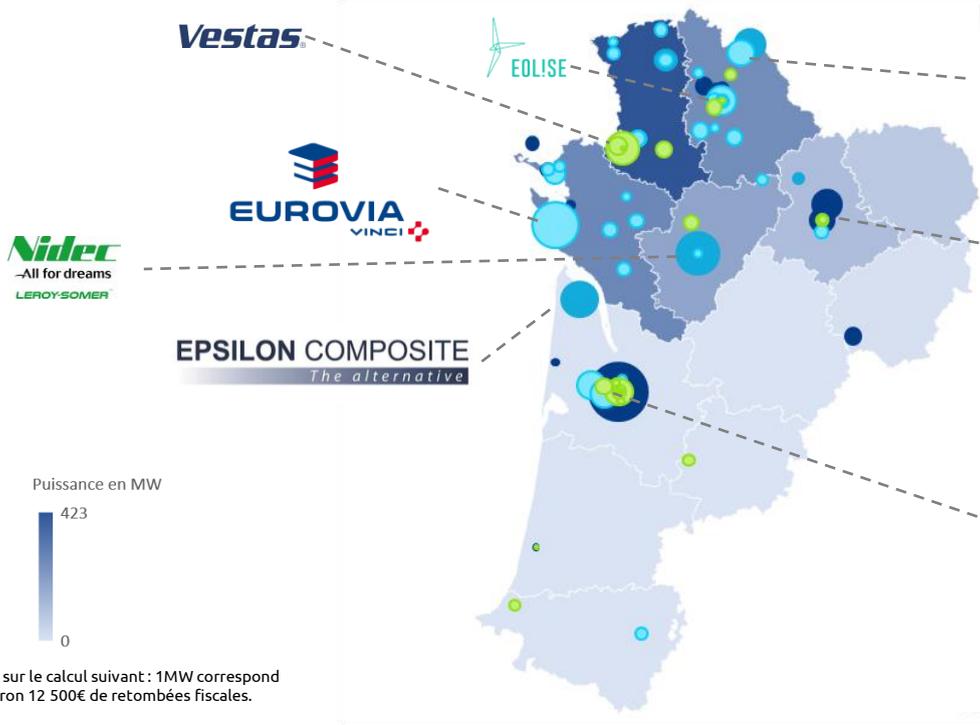
Ingénierie et construction  
551

Exploitation et maintenance  
130

1413 MW installés au 31 déc. 2021

17,7 M € de retombées fiscales\*

Top constructeurs & exploitants (MW)

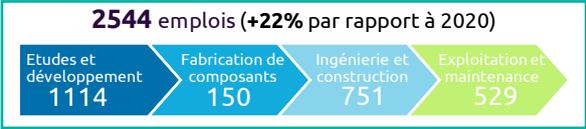


\*Basé sur le calcul suivant : 1MW correspond à environ 12 500€ de retombées fiscales.



# Occitanie

 [Revenir à la cartographie nationale](#)

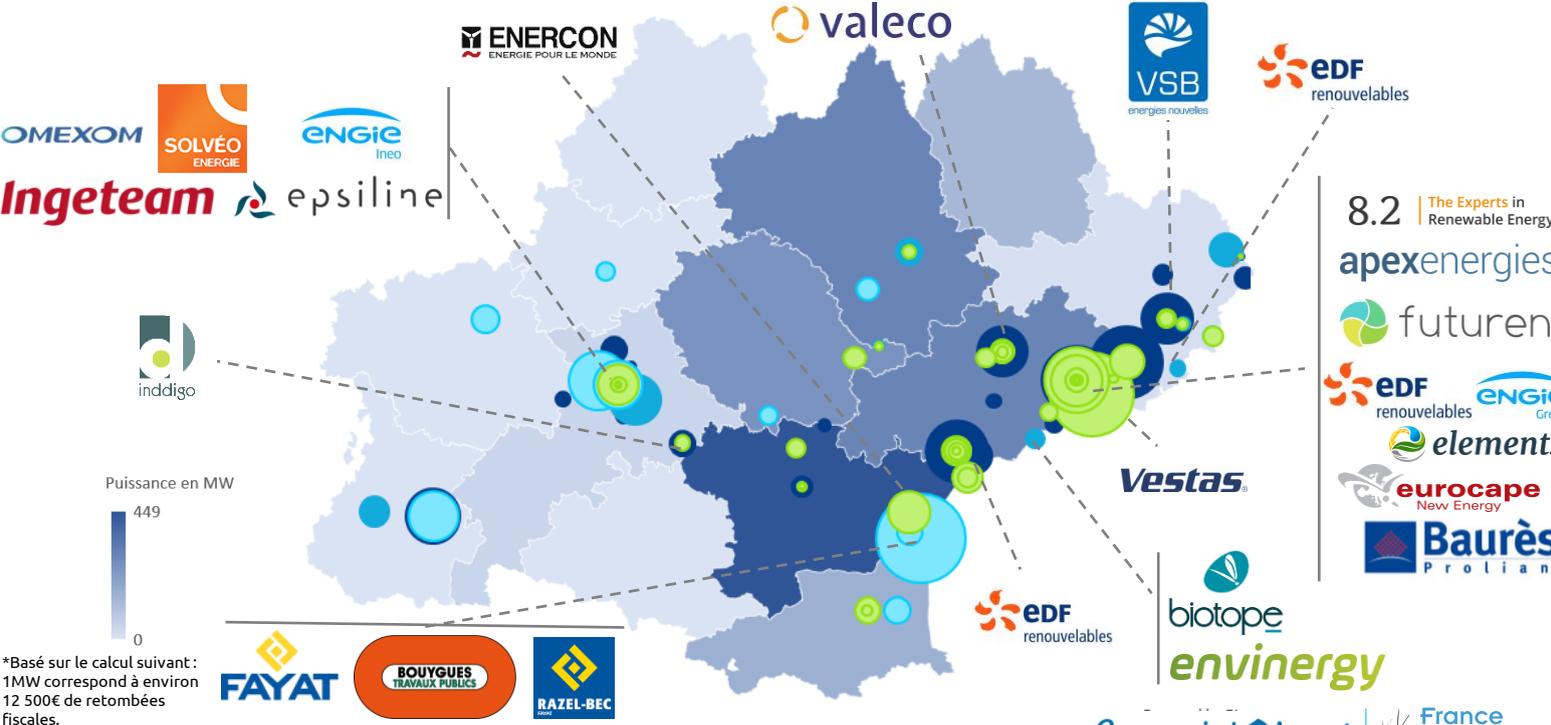


**1603 MW** installés au 31 déc. 2021

**20 M €** de retombées fiscales\*

**Top constructeurs & exploitants (MW)**

 ENERCON ENERGIE POUR LE MONDE	 Vestas	 edf renouvelables	 valeco PRODUCTION D'ENERGIE RENOUVELABLES
 SIEMENS	 Gamesa	 qenergy	



\*Basé sur le calcul suivant : 1MW correspond à environ 12 500€ de retombées fiscales.

# Pays de la Loire

**2 587** emplois (+15% par rapport à 2020)

Etudes et développement  
**576**

Fabrication de composants  
**657**

Ingénierie et construction  
**547**

Exploitation et maintenance  
**807**

**1151 MW**  
installés au  
31 déc. 2021

**14,4 M €**  
de retombées  
fiscales\*



Revenir à la cartographie nationale

**Top constructeurs & exploitants (MW)**

**ENERCON**  
ENERGIE POUR LE MONDE

**Vestas**

energie  
**TEAM**

wpd  
think energy

**NORDEX**  
We've got the power.

**VS**



**GE**  
CHANTIERS  
DE L'ATLANTIQUE

**GRETA CFA**  
La référence formation

**MASER ENGINEERING**

**sonepar**  
connect

**DEFONTAINE**  
GROUP

Puissance en MW



\*Basé sur le calcul suivant : 1MW correspond à environ 12 500€ de retombées fiscales.

Capgemini invent

France  
Energie  
Eolienne

# Provence-Alpes-Côte d'Azur



Revenir à la cartographie nationale

**884 emplois (+13% par rapport à 2020)**

Etudes et développement  
366

Fabrication de composants  
153

Ingénierie et construction  
290

Exploitation et maintenance  
75

**121 MW**  
installés au  
31 déc. 2021

**1,5 M €**  
de retombées  
fiscales\*

**Top constructeurs & exploitants (MW)**

**Vestas**

**NORDEX**  
We've got the power

**WPO**



**SIEMENS Gamesa**  
RENEWABLE ENERGY

**qenergy**



**AIRBUS**  
GROUP

**BW ideal**

Puissance en MW



\*Basé sur le calcul suivant : 1MW correspond à environ 12 500€ de retombées fiscales.

Capgemini invent

France  
Energie  
Eolienne

# Annexes

## C. Cartes d'identité des acteurs éoliens par catégorie

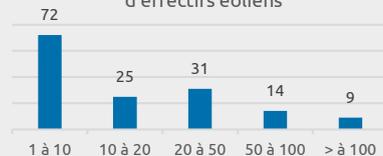
# Carte d'identité des acteurs éoliens par catégorie

## Développeur et/ou exploitant

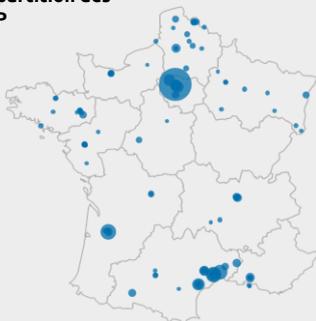
### Emplois éoliens

- Effectif éolien total : 5416
- Nombres de groupes : 151

Nombre de groupes par tranche d'effectifs éoliens

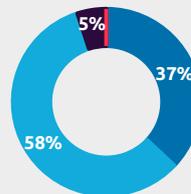


### Répartition des ETP



### Profil type

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



- 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. Fabricants de composants
3. Ingénierie et construction
4. Exploitation et Maintenance

### Top 10 des emplois éoliens

1.  EDF renouvelables	2.  ENGIE Green	3.  VALOREM	4.  BORALEX	5.  wpa think energy
6.  valeco	7.  qenergy	8.  énergie environnement	9.  TotalEnergies	10.  edp Renewables

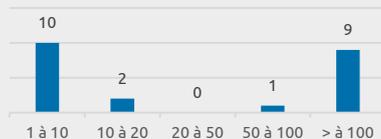
# Carte d'identité des acteurs éoliens par catégorie

## Constructeur de Machines et activités de maintenance

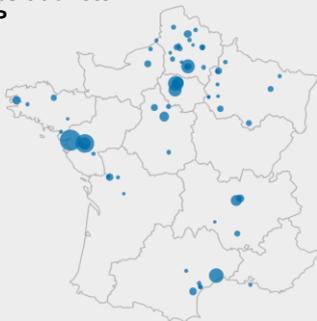
### Emplois éoliens

- Effectif éolien total : 3606
- Nombres de groupes : 22

Nombre de groupes par tranche d'effectifs éoliens

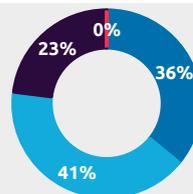


### Répartition des ETP



### 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)
- Grande Entreprise (ou filiale)

### Activités dans l'éolien

Répartition des effectifs éoliens :



1. Etudes et Développement
2. Fabricants 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

## Fabricant de Composants

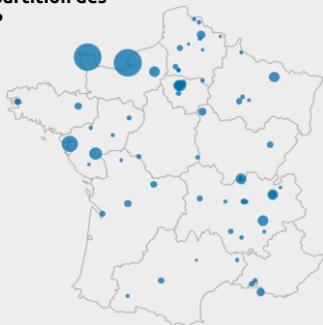
### Emplois éoliens

- Effectif éolien total : 5 094
- Nombres de groupes : 170

Nombre de groupes par tranche d'effectifs éoliens

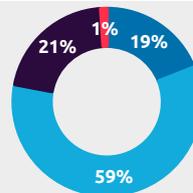


### Répartition des ETP



### 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. Fabricants de composants
3. Ingénierie et construction
4. Exploitation et Maintenance

### Top 10 des emplois éoliens

1.  BOUYGUES	2.  LM WIND POWER a GE Renewable Energy business	3.  Schneider Electric	4.  CHANTIERS DE L'ATLANTIQUE	5.  ROLLIX®
6.  ALSTOM   GRID	7.  HUTCHINSON®	8.  MERSEN	9.  SDMO®	10.  Nexans BRINGS ENERGY TO LIFE

# Carte d'identité des acteurs éoliens par catégorie

## Génie civil ou électrique / Logistique

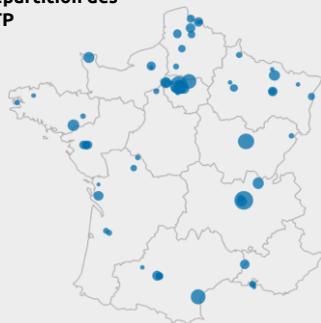
### Emplois éoliens

- Effectif éolien total : 5 683
- Nombres de groupes : 158

Nombre de groupes par tranche d'effectifs éoliens

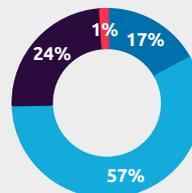


### Répartition des ETP



### 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. Fabricants de composants
3. Ingénierie et construction
4. Exploitation et Maintenance

### Top 10 des emplois éoliens

1.  ENEDIS L'ÉLECTRICITÉ EN RESSAU	2.  ENGIE Ineo	3.  Rte	4.  OMEXOM POWER & GRID	5.  COLAS WE OPEN THE WAY
6.  SPIE	7.  BOUYGUES	8.  GROUPE DUFOUR PARTENAIRE EN DÉVELOPPEMENT DURABLE	9.  EUROVIA VINET	10.  Holcim

# Carte d'identité des acteurs éoliens par catégorie

## Maintenance (hors constructeurs)

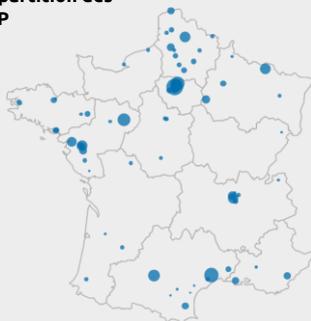
### Emplois éoliens

- Effectif éolien total : 978
- Nombres de groupes : 50

Nombre de groupes par tranche d'effectifs éoliens

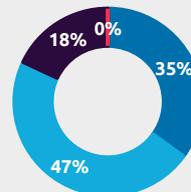


### Répartition des ETP



### Profil type

- Type d'entreprise majoritaire : PME
- Date de création moyenne : 1992



- 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. Fabricants 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.

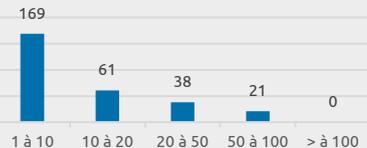
# Carte d'identité des acteurs éoliens par catégorie

## Bureaux d'études, Expertise & autres prestataires

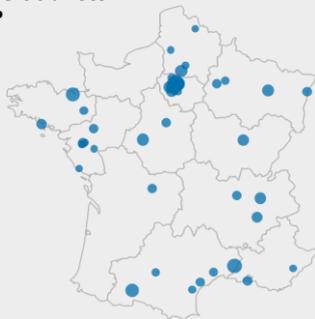
### Emplois éoliens

- Effectif éolien total : 4 285
- Nombres de groupes : 289

Nombre de groupes par tranche d'effectifs éoliens

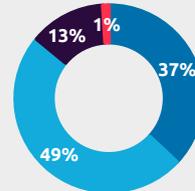


### Répartition des ETP



### Profil type

- Type d'entreprise majoritaire : **PME**
- Date de création moyenne : 1995



- 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. Fabricants de composants
3. Ingénierie et construction
4. Exploitation et Maintenance

### Top 10 des emplois éoliens

1.  MATIS	2.  DEKRA On the safe side.	3.  NGE	4.  AKKA PASSION FOR TECHNOLOGIES	5.  MARE SÉRIEMENT
6.  Groupe Qualiconsult	7.  TRACTEBEL ENGIE	8.  ALHYANGE ACCORANGE INGÉNIEUR AÉRODYNAMIQUE & VIBRATIONS	9.  WIND PACTORY	10.  SOFRESID ENGINEERING

# Annexes

## D. Focus formations

# Les formations de l'éolien



Vestas®

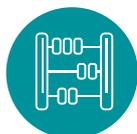
## Zoom sur le campus Vestas

Vestas Campus a ouvert ses portes en 2021 afin de former ses étudiants aux métiers de la **maintenance éolienne**. L'intérêt spécifique de cette formation en alternance est qu'elle s'adresse particulièrement à des **jeunes sortis du système scolaire ou en reconversion**, et issus des territoires. Vestas met l'accent sur les compétences humaines, travail en équipe, capacité d'apprentissage, autonomie et prise d'initiative.



Adecco

  
pôle emploi



### Pré-requis

- **Formation :** Bac Technique (maintenance, mécanique automobile, électrotechnique...) ou CAP/BEP avec quelques années d'expérience professionnelle
- Permis B
- Notions d'anglais



### Compétences développées

- Mécanique
- Electricité
- Hydraulique
- 70% sur le terrain
- 30% au Campus
- Certification GWO



### Promotions

1<sup>ère</sup> promotion 2021-2022 :  
7 embauches en CDI sur les  
9 étudiants

Puis deux promotions /an



### Localisation

- **Formation théorique :** Reims (51)
- **Formation pratique :** sur les différents parcs éoliens de Troyes (10), Langres (52), Reims (51), Nancy (54) Saint Quentin (02), Amiens (80) et Cambrai (59) – au choix



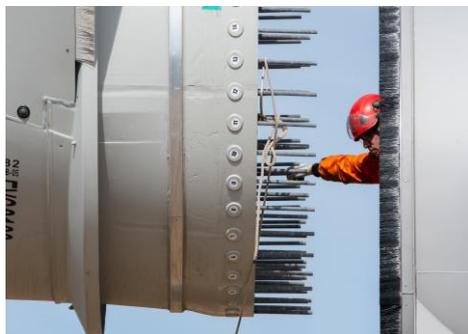
### CDI et contrat de professionnalisation

- Contrat de professionnalisation intérimaire porté par ADECCO de 12 mois.
- POEC de 3 semaines avec le support de Pôle Emploi
- A l'issue de la formation, CDI VESTAS si prérequis atteints.

# Les formations de l'éolien



## 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 millions d'euros d'investissement**.

D'une superficie de 6500 m<sup>2</sup>, il dispose de **5 formateurs, de 2 plateformes de montage et de 2 grues**. Il propose deux principaux axes de formation, en conditions réelles de terrain : installation des mâts, et montage et démontage et câblage des machines, nacelles, pales. Les formations sont dispensées pour les éoliennes de 3 à 4 MW. **350 techniciens d'ENERCON du monde entier sont formés chaque année dans ce centre.**

**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 de 1400 m<sup>2</sup> dédié aux techniciens de maintenance, au Meux, dans l'Oise également. 600 personnes par an sont ainsi formées sur les habilitations électriques et mécaniques et autres formations auprès de 6 formateurs.

Ces ouvertures de centres de formation pour la filière éolienne en France, initiées par ENERCON, s'inscrivent dans la dynamique annoncée dans le cadre du Plan d'Investissement dans les compétences (2018-2022), avec le lancement de 10 000 formations aux métiers verts.



# Annexes

## E. L'animation de la filière

# Animation de la filière

## Zoom sur Tenerrdis

Tenerrdis est le pôle de compétitivité de la région Auvergne Rhône-Alpes, 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 (dont 244 adhérents) 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 2020 :

- 244 adhérents, 15 nouveaux adhérents, 59% de PME, Start-Ups, TPE
- 58 adhérents concernés par la filière éolienne
- 948 projets soutenus ou labellisés
- 379 projets & démonstrateurs financés
- 3071 abonnés sur Twitter, 2720 abonnés sur LinkedIn



Sources : Tenerrdis

# L'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

# L'animation de la filière

## Zoom sur Le Cluster Maritime Français

Le Cluster Maritime Français (CMF) rassemble tous les acteurs de l'écosystème maritime, de l'industrie aux services et activités maritimes de toute nature dans un objectif de développement durable des activités maritimes. Il est aujourd'hui composé de plus de 430 entités : entreprises de toutes tailles, pôles de compétitivité, fédérations et associations, laboratoires et centres de recherche, écoles et organismes de formation, collectivités et acteurs économiques locaux, ainsi que de la Marine nationale. FEE est membre du CMF.

Le CMF est au service de ses membres, en tant que facilitateur pour le développement de leur business et l'émergence de nouveaux projets innovants. Il accompagne ses membres dans le développement durable et responsable de leurs activités et de leurs projets, en France et à l'international.

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 5<sup>ème</sup> édition sur [www.merenergies.fr](http://www.merenergies.fr)

La France possède aujourd'hui le 2<sup>ème</sup> 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, Nouvelle Calédonie et Saint-Pierre et Miquelon.

# L'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 2021 se tient du 16 au 18 novembre 2021.**

### FOWT 2020 s'est tenu les 7 et 8 septembre 2020 à Marseille.

#### 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 2020 : Giles Dickson (WindEurope), Laurent Michel (Ministère de la Transition Ecologique / 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](http://www.fowt-conferences.com).

#### Eléments clés de l'événement (bilan édition 2020) :

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 (digitalisée) • + de 800 participants • 28 nationalités représentées • 500 rendez-vous BtoB / Meet the Buyers

# L'animation de la filière



## Zoom sur le Cluster Neopolia Eolien Offshore & EMR

Le Cluster Neopolia Eolien offshore & EMR fédère plus **de 105 entreprises industrielles** qui unissent leurs savoir-faire pour répondre de façon collaborative aux besoins du marché des **énergies marines renouvelables (EMR)**. Le Cluster fait partie du réseau **Neopolia composé de 5 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 en créant des rencontres business, des business trip ciblés, la commercialisation d'offres industrielles globales et collaboratives.

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**
- **EPCI\* Fondations posées ou flottantes**

Neopolia Eolien Offshore & EMR sera partenaire du 11<sup>ème</sup> colloque national éolien de FEE qui aura lieu les 13 et 14 octobre prochains.

\* EPCI = Engineering, Procurement, Construction, Installation

# L'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 et Occitanie, 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
  - **59 projets financés et 82 projets labellisés pour les EMR**
  - **Avec un budget total de 188,62 M€**

Et 3 axes transverses :

- Transition écologique,
- Transformation numérique
- Robotique

Fort de 438 membres (Laboratoires, grands groupes, ETI et PME), le Pôle Mer Méditerranée anime depuis 2013 un travail de recensement des acteurs de la filière éolien flottant. Ce travail a permis d'identifier 582 acteurs potentiels dont 60 confirmés dans les régions Sud-Provence-Alpes-Côte d'Azur et Occitanie. 266 sont déjà membres du Pôle Mer Méditerranée.

Le Pôle Mer Méditerranée est par ailleurs **co-organisateur des rencontres internationales de l'offshore flottant (FOWT)**, avec la CCI Marseille-Provence et France Energie Eolienne.

Sources : Pole mer méditerranée

# L'animation de la filière

## Zoom sur : Pépinière Entreprises Energies Renouvelables (Somme)

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

- 2060 membres sur l'éolien posé, flottant, le marémoteur et l'hydrolien
- Actif sur l'ensemble de la façade maritime continentale française
- Co-organisation d'événements



### 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



### 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 et Journée technique exploitation-maintenance à la Pépinière EnR
- Rencontres Windustry France
- Conventions internationales EMR SEANERGY au Havre, Cherbourg, à Dunkerque
- Journée d'affaires éolien offshore avec 15 donneurs d'ordres internationaux et 50 entreprises régionales à la CCI à Dunkerque
- Journée entreprises CUD/Dunkerque Promotion de sensibilisation aux EMR au Pavillon des Maquettes à Dunkerque (4 avril 2019)

# L'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.

Le site d'essai en mer SEM-REV et les bassins d'essai du laboratoire sont une des composantes de l'infrastructure de recherche THOEREM, qui réunit les moyens d'essai de l'Ifremer, Centrale Nantes et L'université Gustave Eiffel sur la thématique EMR.



THoREM listed on the 2018 national research infrastructure roadmap

Le site accueillant notamment **FLOATGEN, la première éolienne offshore de France** (en production depuis septembre 2018), est localisé dans une zone réservée d'1 km<sup>2</sup> au large du Croisic en Région Pays de la Loire. FLOATGEN est raccordée au réseau moyenne tension d'Enedis. Une base de recherche terrestre héberge également chercheurs et ingénieurs.

Les **activités menées sur le site autour des tests de technologies** sont notamment :

- l'accueil et la conduite de **projets de recherche nationaux et Européens**, notamment pour l'amélioration des performances et de la fiabilité
- l'acquisition de **données d'environnement** (Météo-Océano, Physique et biologiques, etc.)
- **l'exploitation et la maintenance** de l'infrastructure
- **l'étude de l'impact environnemental** des EMR concernées (sur la faune, les transports sédimentaires...).
- la **sécurité et la surveillance** de l'espace maritime.



# Méthodologie



## Recensement des emplois

- Envoi de questionnaires aux groupes et sociétés référencées (avril à juin)
- Recensement des emplois à la maille de l'établissement



## Recensement des puissances installées

- Recensement des puissances installées du 1er juillet 2021 au 30 juin 2022 auprès des constructeurs de turbines actifs en France. Les « Top exploitants & constructeurs » des annexes sont issus de cette collecte.
- Recensement des opérations de démantèlement / repowering

Mise à jour de la puissance installée cumulée



## Cartographies

Choix des entreprises apparaissant sur chaque carte régionale :

- **Top 10 (IDF) ou Top 15** (autres régions) des employeurs de la région.
- Sièges sociaux des **entreprises de plus de 5 ETP ayant répondu au recensement** et n'apparaissant dans aucun Top régional.



## Estimation du nombre d'emplois

### Répartition des emplois recensés entre les 4 maillons de la chaîne de valeur

1. Etudes & Développement
2. Fabricants de composants
3. Ingénierie & construction
4. Exploitation & Maintenance



### Pour chaque maillon, estimation du nombre d'emploi totaux en fonction du nombre d'emploi recensés et de leur croissance par rapport à l'année précédente

-  Entreprises non recensées en 2021 : données estimées
-  Entreprises recensées en 2021 et pas en 2020 : données réelles
-  Entreprises recensées en 2020 et en 2021 : données réelles permettant d'établir un taux de croissance pour les données estimées

# Les crédits photographiques

Les crédits ci-dessous correspondent aux photos fournies par les constructeurs pour l'Observatoire\*

Page	14	Vestas
Page	33	Matthieu Monnier
Page	38	LM Wind Power
Page	39	La Dépêche du midi
Page	40	Binmeij.jp
Page	41	Eolmed
Page	43	Siemens Gamesa
Page	46	Enercon
Page	51	LM Wind Power
Page	53	Nordex
Page	56	Enercon
Page	63	Vestas

Page	76	Nordex
Page	79	Enercon
Page	81	Vestas
Page	100	Siemens Gamesa
Page	103	Philippe Anscutte
Page	109	Suez

\* Les autres photos sont les photos correspondants aux sources citées dans la page ou sont des photos libres de droits

# Les membres de France Energie Eolienne

2W RH  
3D ENERGIES  
3E  
8.2 FRANCE  
ABCYSS FORMATION  
ABEI ENERGY FRANCE  
ABIES  
ABO WIND  
ACAJOJO ADVISORY  
ACOFI GESTION  
AD3R  
ADE  
ADI-NA (AGENCE DE DEVELOPPEMENT ET D'INNOVATION NOUVELLE-AQUITAINE)  
AEOLIA AUDIT ET CONSEIL  
AERONES  
AGREGIO  
ALEXIS ASSURANCES  
ALPIC  
ALPIQ ENERGIE FRANCE  
ALTERRIC SARL  
AMTEOLE GMBH  
AMUNDI TRANSITION ENERGETIQUE  
ANEMOS FRANCE SAS  
ANEMOS FRANCE SAS  
ANTAL  
ARNECA BANQUE EBI  
ARKOLIA ENERGIES SAS  
ARTELIA  
ASHURST LLP  
ATLANTIQUE MARITIME SERVICES  
AUBRYCONSEIL  
AUDIDICE ENVIRONNEMENT  
AXPO SOLUTIONS AG  
BAYWA R.E FRANCE  
BCS ASSURANCES  
BDO IDF  
BENTAM  
BEWEXPERT  
BILLAS Avenir ENERGIE  
BIODIV-WIND SAS  
BIOSECO SA  
BIOTOPE  
BIRD & BIRD AARPI  
BKW ENERGIE AG  
BLUEFLOAT ENERGY INTERNATIONAL  
BNIEL SARL  
BMH AVOCATS  
BORALEX SAS  
BPCE ENERGECO  
BPI FRANCE FINANCEMENT  
BRITANNY AVIATION  
BUREAU VERITAS SERVICES FRANCE  
BW IDEOL  
BWTS FRANCE  
CABINET RAVETTO ASSOCIES  
CAISSE DES DEPOTS ET CONSIGNATIONS  
CALYCE DEVELOPPEMENT

CELEC Renewable Energies  
CEPS  
CEZ FRANCE SAS  
CGN EUROPE ENERGY  
CMI TECHSI PASTOR  
COLAS FRANCE  
COLLECTE LOCALISATION SATELLITES  
CONNECTED WIND SERVICES  
CONQUEST INVESTISSEMENTS  
COPENHAGEN OFFSHORE PARTNERS A/S  
COVERWIND SOLUTIONS FRANCE  
CREDIT AGRICOLE CIB  
CREDIT AGRICOLE LEASING ET FACTORING  
CREDIT INDUSTRIEL ET COMMERCIAL  
CUBICO FRANCE  
CXC SL  
DAVID ENERGIES SNC  
DEKRA INDUSTRIAL SAS  
DEMINETEC  
DERASP  
DEUTSCHE WINDTECHNIK S.A.R.L  
DIGISEC SA  
DLA PIPER FRANCE LLP  
DLGA  
DNV FRANCE SARL  
DS AVOCATS  
EG SA  
ECO DELTA  
ECOLE CENTRALE NANTES  
EDILIZI ACROBATICA FRANCE  
EDPR FRANCE HOLDING  
EES ENERGIE EOLIENNE SOLIDAIRE SAS  
EIFFAGE ENERGIE MAINE BRETAGNE  
ELATOS  
ELAWAN ENERGY FRANCE SAS  
ELEC-ENS SASU  
ELEMENTS SAS  
ELIJO FRANCE  
ELYS  
ENERGY WIND TECHNOLOGIES B.V.  
ENBW FRANCE  
ENCS WIND  
ENECO  
ENERCON GMBH  
ENERCOOP SCIC - SA  
ENERGIE EOLIENNE FRANCE  
ENERGIE PARTAGE  
ENERGIES CITOYENNES EN PAYS DE VILAINE  
ENERGIETEAM  
ENERGREEN PRODUCTION  
ENERTRAC  
ENERYO  
ENESI SARL  
ENGIE GREEN FRANCE  
ENVINERGY TRANSACTIONS  
ENVISION ENERGY  
EOP (EX SITE A WATTS DEVELOPPEMENT)

EOL-C  
EOLE CONSTRUCTING  
EOLEC  
EOLFI  
EOLISE SAS  
EOLISSUN  
EOLITECH  
EOS WIND FRANCE  
EPSILINE  
EQOS ENERGIE LUXEMBOURG SARL  
EQUINOR WIND POWER AS  
ERG DEVELOPPEMENT FRANCE  
ESA ENERGIES SAS  
ESCOFI ENERGIES NOUVELLES  
ESG ENERGY SERVICE GROUP  
ETCHART GCM  
EUROCAPE NEW ENERGY FRANCE  
EUROVIA MANAGEMENT  
EUROWATT DEVELOPPEMENT  
EUROWATT SERVICES  
EVEROZE  
EWZ  
EXPLAIN - LMP  
EXUS FRANCE SAS  
FALCK ENERGIES RENOUVELABLES  
FEFCRM  
FIDAL  
FILHET-ALLARD ET COMPAGNIE  
PIPELEC  
FONDEOLE  
FORTUM FRANCE SAS  
FRYTE (TERRA-ENERGIES)  
GAIA ENERGY SYSTEMS  
GAZEL ENERGY SOLUTIONS  
GZES WIND SAS  
GE ENERGY SERVICES FRANCE  
GEG ENR  
GIDE LOYRETTE NOUËL AARPI  
GIE QUALITE ENTREPRISES  
GOTHAER  
GOWLING WLG FRANCE  
GP-JOULE FRANCE SARL  
GREENCOAT RENEWABLES  
GREENEAGLE SOLUTIONS S.L  
GREENSO-LVER  
GRETA-CFA DU MAINE  
GRID SOLUTIONS SAS  
HZAIR  
HELIOPALES  
HENSOLDT FRANCE SAS  
HK LEGAL  
HYDRONEXT  
IBERDROLA RENOUVELABLES FRANCE  
IDENTIFLIGHT  
IEL DEVELOPPEMENT  
IIFOSE  
IIFP ENERGIES NOUVELLES

IMAGIN'ERE  
INERSYS - SYSCOM  
INNEREXX FRANCE SAS  
INSIGHT ANALYTICS SOLUTIONS LIMITED  
INTERVENT SAS  
JAMES FISHER RENOUVELABLES  
JIGRID  
JOHN COCKERILL  
JUR ENERGIE ENVIRONNEMENT  
JP ASSOCIATES  
KALLIOPÉ  
KDE ENERGY FRANCE  
KELLER FONDATION SPECIALES  
KJM CONSEIL SAS  
LABORELEC SCRL  
LERIA  
LHYFE  
LINKLATORS  
LOGOGEN SAS  
LOUIS DREYFUS ARMATEURS  
LPA - CGR AVOCATS  
LYCEE DHUODA  
LYCEE SAINT FRANCOIS D'ASSISE  
MASER ENGINEERING  
MD WIND  
MENARD  
METEORAG  
METROL  
MGA  
MIROVA  
MISTRAS  
MW ENERGIES  
NASS & WIND SAS  
NATURAL POWER  
NATURGY RENOUVELABLES FRANCE SAS  
NFA ENVIRONNEMENT  
NEOEM  
NETECS SAS  
NET WIND  
NORDEX FRANCE  
NORIA  
NORMANDIE ENERGIES  
NORTON ROSE FULLBRIGHT LLP  
NOTUS ENERGIE FRANCE SERVICES  
NOUVERGIES  
NTR SYSTEMS  
NTR WIND MANAGEMENT DAC  
OCEAN WINDS  
OMEXOM RENEWABLE ENERGIES OFFSHORE  
OMIB  
OMNES CAPITAL  
OPALE ENERGIES NATURELLES  
OREMOTOR  
ORSTED WIND POWER A/S  
OSTWIND INTERNATIONAL  
OVP SOLUTIONS SAS

OYLUM GROUP  
P&T TECHNOLOGIE SAS  
PLANETA FRANCE SAS  
PLASTEOL  
POMA LEITWIND  
POWEEND SAS  
PRINCIPLE POWER FRANCE  
PRUD'HOMME & BAUM  
PWC SOCIÉTÉ D'AVOCATS  
Q ENERGY FRANCE (EX RES SAS)  
QAIR  
QUENEA'CH  
RAZEL-BC  
RBA  
REGION OCCITANIE  
RES SERVICES  
GREEN INVEST  
RP GLOBAL FRANCE  
RWE RENOUVELABLES FRANCE SAS  
SAB ENERGIES RENOUVELABLES SAS  
SAEML 3D ENERGIES  
SAFETY P'ACK  
SAFIER INGENIERIE  
SAINT-LAURENT ENERGIE  
SAMFI ENERGIE  
SBM INC.  
SCHNEIDER ELECTRIC FRANCE  
SCP LACOURTE RAQUIN TATAR  
SEM SIP ENR  
SEMI COTE D'OR ENERGIES  
SENS OF LIFE  
SERNALE  
SERCOWIND  
SERGIES  
SHELL  
SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY  
FRANCE SAS  
SINGULAR  
SIRMET  
SK & PARTNER  
SKF FRANCE  
SKYWISOR  
SKYWORX  
SNC VS ENERGIE  
SOCIÉTÉ D'EOLIEENNE CARIBBEENNE  
SOCIÉTÉ GENERALE  
SOCIOTEC EQUIPEMENT  
SOFIVA ENERGIE  
SOLEIL DU MIDI  
SOLVEO ENERGIE  
SPARKSIS - INVESTER TECHNOLOGIES  
SPOOR AS  
STATKRAFT  
STEAG NEW ENERGIES FRANCE SAS  
SUBSEA 7 (UK SERVICE COMPANY) LIMITED  
SUEZ R.V DEE  
SUPAIR VISION

SYNERIA SAS  
TCO WIND LORRAINE SAS  
TECHNOSTROBE INC.  
TERKIERA  
TENERGIE SOLUTIONS  
TENERRIDS  
TENSAR INTERNATIONAL  
TERRA  
TERRA VIAJES SA  
TOTAL ENERGIES  
TOTAL ENERGIES FLEXIBLE POWER SOLUTIONS (EX TOTAL FLEX)  
TOTAL ENERGIES RENEWABLES  
TRANSPORTS CAPELLE  
TRIODOS FINANCE BV  
TTR ENERGY  
UL SOLUTION  
V-RIDIUM RENOUVELABLES FRANCE SAS  
VAISALA FRANCE SAS  
VALECO  
VALLOUREC TUBES  
VALOREM ENERGIE  
VATTENFALL EOLIEN SAS  
VELOCTA ENERGIES  
VENDEE ENERGIE  
VENSOLAIR  
VENT D'TEST  
VENTEYS  
VENTIS  
VENTS DU NORD  
VERDI  
VERSPIEREN  
VESTAS FRANCE  
VOLKSWIND FRANCE SAS  
VOLTA AVOCATS  
VOLLITALIA  
VRYHOFF ANCHORS B.V.  
VSB ENERGIES NOUVELLES  
VULCAIN  
WATSON  
WEB ENERGIE DU VENT  
WHITE AND CASE LLP  
WILLIS TOWERS WATSON FRANCE (EX GRAS SAVOYE)  
WINDFAN CONSULTING  
WINDSTROM FRANCE  
WINDVISION FRANCE SAS  
WKN FRANCE  
WPD OFFSHORE  
WPD ONSHORE FRANCE  
WPD WINDMANAGER FRANCE SAS  
WPO  
ZEPHYR

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

# L'équipe de l'Observatoire 2022



- **Matthieu MONNIER**
  - Adjoint au Délégué générale
- **Rachel RUAMPS**
  - Chargée de mission Economie et Industrie
- **Jules GUILBAUD**
  - Chef de projet industrie éolienne
- **Benoit GILBERT**
  - Président de la commission industrie



- **Vincent Guénard**
  - Animateur Pôle Eolien et Energies Marines, chargé de l'éolien en Mer



- **Alexandra BONANNI**
  - Cheffe de l'Energy Strategy Lab
- **Marie VERMERSCH**
  - Consultante – Energy & Utilities
- **Louis SOUMOY**
  - Consultant Junior – Energy & Utilities

- **Pré-presse et Impression**  
ENCRE NOUS  
[www.encre-nous.com](http://www.encre-nous.com)

Observatoire de l'éolien  
**2022**