

OBSERVATOIRE DE L'ÉOLIEN 2023

Analyse du marché, des emplois et des enjeux de
l'éolien en France
Septembre 2023





Cliquez ici pour :
Retour sommaire

Édito



L'année 2022 et le début de l'année 2023 ont été marqués par une crise énergétique sans précédent, ayant nécessité des mesures d'urgence comme les boucliers tarifaires, mais qui a aussi rappelé l'importance de porter une politique énergétique structurelle reposant sur : la sobriété, l'efficacité énergétique, le développement des énergies renouvelables et le maintien d'un socle pilotable décarboné.

L'activation d'un plan ambitieux de sobriété et les mesures d'urgence pour soutenir le développement des EnR électriques et notamment de l'éolien ont permis de passer l'hiver 2022 – 2023 sans coupure.

Néanmoins, le constat est désormais partagé : au-delà de la gestion conjoncturelle d'une situation d'urgence, il faut désormais subvenir à une croissance annuelle de la consommation d'électricité d'environ 15 TWh par an entre aujourd'hui et 2035, du fait de l'électrification des usages dans les secteurs des transports, de la mobilité, de l'industrie et des bâtiments résidentiels et tertiaires.

Sur cette période, les EnR électriques et notamment l'éolien sur terre, l'éolien en mer et le photovoltaïque sont les seules techniques de production disponibles pour soutenir cette croissance de la consommation d'électricité indispensable à la réduction des émissions de GES de 55 % en 2030 par rapport à 1990 ainsi que pour réaliser la neutralité carbone à l'horizon 2050.

D'un point de vue quantitatif, l'atteinte de tels objectifs implique de passer d'environ 120 TWh de production d'électricité renouvelable en 2022 à 230 voire 250 TWh à l'horizon 2030, soit une multiplication par deux en moins de sept ans de la quantité d'électricité renouvelable produite annuellement en France.

Édito



Pour réussir cette réduction de la consommation d'énergies fossiles à travers l'électrification des usages, qui au regard des proportions, revient à une seconde électrification de la France, quatre conditions sont indispensables :

- **Consolider un cadre législatif et réglementaire** permettant une réduction des délais de mise en œuvre des projets pour revenir aux standards européens (3 à 4 ans pour un parc éolien sur terre ou un parc solaire au sol et 6 à 7 ans pour un parc éolien en mer), c'est tout l'enjeu de la mise en œuvre de la loi d'accélération des EnR adoptée en mars 2023 ;
- **Assurer de la visibilité et de l'ambition sur les objectifs de développement aux horizons 2030 et 2035**, c'est tout l'enjeu de la Loi de Programmation Energie et Climat (LPEC) à venir ;
- **Garantir un cadre économique stable pour le développement des projets** s'adaptant aux aléas économiques tels que les chocs de matières premières ou de taux d'intérêt afin de maintenir un environnement incitatif pour les industriels, c'est tout l'enjeu de la loi industrie verte, des projets de loi de finance à venir et de la partie budgétaire de la LPEC ;
- **Promouvoir** entre les filières EnR, les services de l'Etat et les collectivités territoriales, **une approche facilitatrice** visant à améliorer la qualité des projets et à trouver des consensus sur des sujets tels que EnR et biodiversité, EnR et paysage, EnR et occupation d'espace, EnR et retombées locales, dans un esprit de dialogue et d'ouverture.

4

Sur ces quatre conditions, les chantiers sont ouverts. La qualité du travail collectif entre Etat, élus et filières ainsi que les points d'atterrissage qui seront trouvés sur ces différents sujets entre la rentrée 2023 et l'été 2024 détermineront la capacité de la France à atteindre les objectifs européens, notamment à l'horizon 2030.

De là où je regarde les choses, deux forces s'opposent : l'envie ou la facilité de ne rien changer et l'esprit de responsabilité qui doit gouverner à l'avenir de notre pays. Les enjeux qui sont devant nous, et en particulier autour de la Loi de programmation énergie climat, doivent enfin démontrer que l'immobilité ne fait pas France. Nous allons continuer à travailler, à convaincre, à proposer, pour que la raison l'emporte sur le renoncement.



Anne-Catherine de Tourtier – Présidente de France Energie Eolienne

Résumé à l'intention des décideurs

Chiffres clés de l'éolien en 2022

Le marché de l'éolien en France

 **2^{ème}** énergie renouvelable en production d'électricité en France¹

 **21,1 GW** d'éolien terrestre et en mer installés au 31/12/2022¹ (+11 % par rapport à 2021)

 **38,1 TWh** d'électricité produite en 2022¹

 **9 %** de la production électrique française en 2022¹

 **1^{er}** parc éolien en mer français mis en service à Saint-Nazaire en 2022

Les emplois du secteur éolien

 **1^{er} employeur** du secteur des énergies renouvelables électriques en France²

 **28 266** emplois directs et indirects dans l'éolien à fin 2022³ (+11 % par rapport à 2021)

6

Coûts et revenus

 **76,33 €/MWh⁴**, prix moyen de l'électricité éolienne terrestre aux appels d'offre 2022 et 2023

 **6,3 milliards d'euros** de profit pour l'Etat en 2022 et 2023 générés grâce aux énergies renouvelables⁵

Sources :

¹ Bilan électrique 2022, RTE

² Latribune.fr

³ Données FEE, traitement Capgemini Invent

⁴ CRE, prix moyen des 3 derniers appels d'offre éolien terrestre

⁵ Délibération CRE, juillet 2023. CSPE Filière éolienne terrestre

Chiffres clés de l'éolien en 2022



2,1 GW²

de capacité éolienne
installée et raccordée en
2022 (terrestre 1,6 GW
et en mer 0,48 GW)



38,1 TWh²

d'électricité produite à
partir d'énergie éolienne



642 éoliennes¹

installées en 2022



2,6 M foyers

pouvaient être fournis
en électricité de source
éolienne

7

Les chiffres clés



Près de **9 500 éoliennes** en France fin 2022 réparties sur près de **2 262 parcs³** (Dont 2 en mer).



La capacité éolienne installée en 2022 est en **hausse par rapport à 2021** durant laquelle 1,2 GW avait été installé. **1,3 GW éolien supplémentaire** aurait dû être installé en 2022 en vue de respecter les objectifs PPE. La France est ainsi le seul pays européen en retard sur ses objectifs annuels de développement d'ENR&R.



L'année 2022 a été marquée par l'ouverture du premier parc éolien en mer au large de Saint-Nazaire pour une capacité de 480 MW.



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

Sources :
¹ Données FEE

² Bilan électrique 2022, Etude FEE
³ Transition énergétique.eco et wind Power

Les apports de la filière éolienne en France en 2022



Des apports économiques qui bénéficient à tous

6,3 milliards d'€ de recettes éoliennes pour l'État en 2022 et 2023¹

165 millions d'€ de recettes fiscales locales en France en 2022²

En moyenne, les retombées fiscales IFER d'un parc éolien **financent 21 % du budget de fonctionnement** de sa commune d'accueil³



Une filière qui contribue à la réindustrialisation nationale

7 milliards d'€ de chiffres d'affaires en 2021 (+23 % par rapport à 2020)

777 millions d'€ d'exportations en équipements et en ingénierie⁴

4 des 12 unités européennes de production d'équipements d'éoliennes en mer sont situées en France⁵



Une adhésion massive des citoyens

73 % des Français⁶ ont une bonne image de l'énergie éolienne

11,4 millions d'€ collectés en crowdfunding pour financer l'éolien en 2021⁷

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 France⁸

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

¹ Hors recettes fiscales . Lettre d'information de la CRE, Juillet 2023

² Estimation basée sur une moyenne de 7 820€ MW installé moyenne IFER

³ Application IFER à 50% (7820 €) pour un parc de 24 MW, AMRF

⁴ Baromètre 2022 des Energies renouvelables électriques

⁵ Sans compter l'usine de production de fondations des Chantiers de l'Atlantique à Saint-Nazaire.

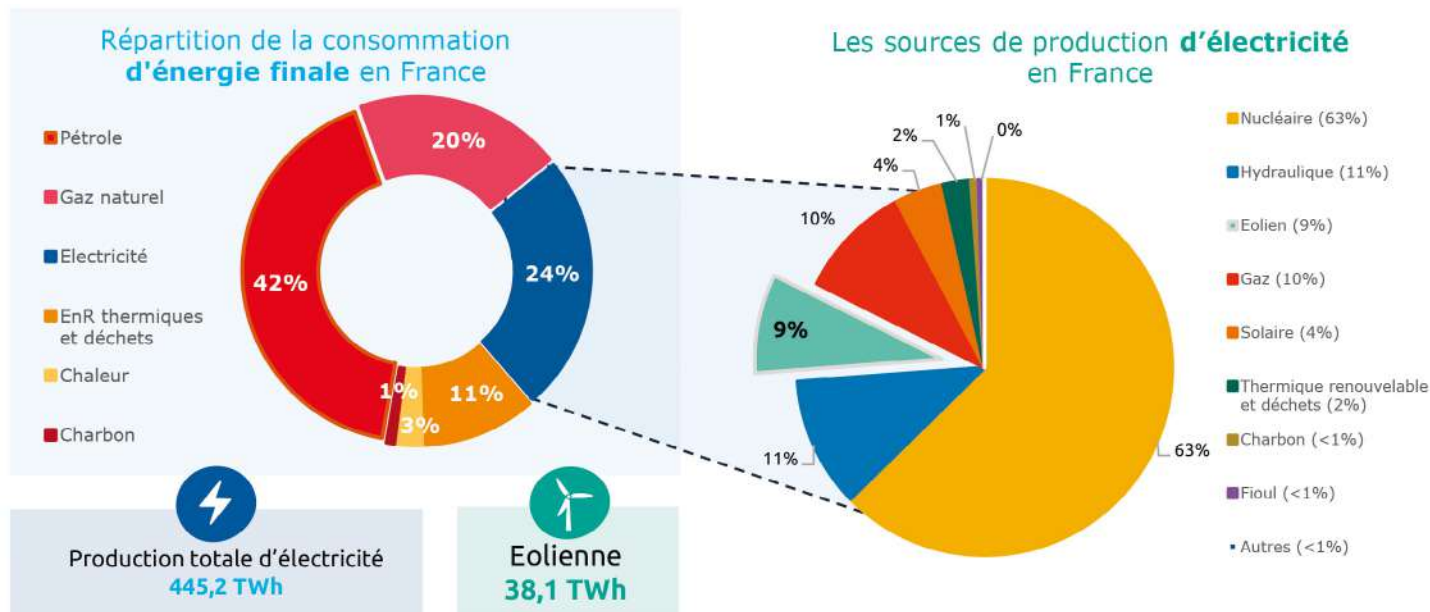
⁶ Etude Harris Interactive pour le Ministère de la Transition écologique, Août 2021

⁷ Crowdfunding : 185 M€ pour la transition énergétique, GreenUnivers, 12/05/2022

⁸ Note : précisions sur les bilans CO2, RTE

La place de l'éolien dans le mix énergétique français en 2022

L'électricité correspond à **24 %** de la consommation d'énergie en France.
En 2022, l'éolien a représenté, **9 %** de la production d'électricité française.



Sources : RTE Bilan électrique 2022 et Chiffres clés de l'énergie 2022, Ministère de la transition écologique

La chaîne de valeur évolue avec l'émergence de nouveaux maillons comme la vente de l'énergie et le recyclage



10

Faits marquants et chiffres-clés



28 266 ETP

dans l'éolien à
fin 2022



11 %

d'augmentation des
emplois en 2022

En 2022, **les emplois de la filière ont continué de croître à un rythme important** puisque le taux de croissance est de 11 %, avec un total de 28 266 emplois directs et indirects en France au 31 décembre 2022.

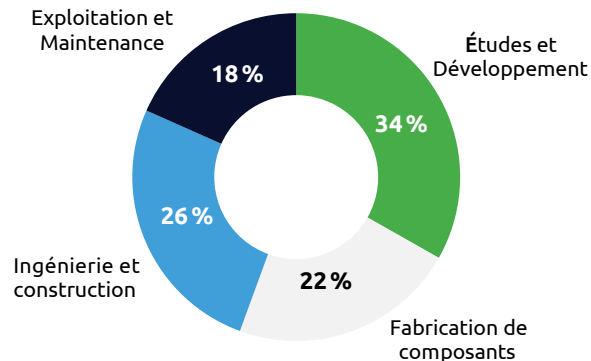
C'est en Normandie et dans les Pays de la Loire que les emplois de l'éolien se développent fortement. Cela s'explique par la présence marquée de la filière de l'éolien en mer.



34 % de femmes¹

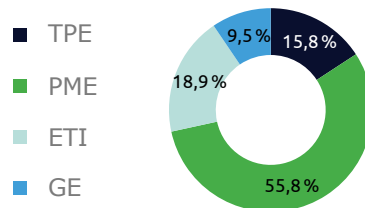
Sources : ¹ Sur la base des emplois recensés en 2022

Répartition des ETP sur la chaîne de valeur



11

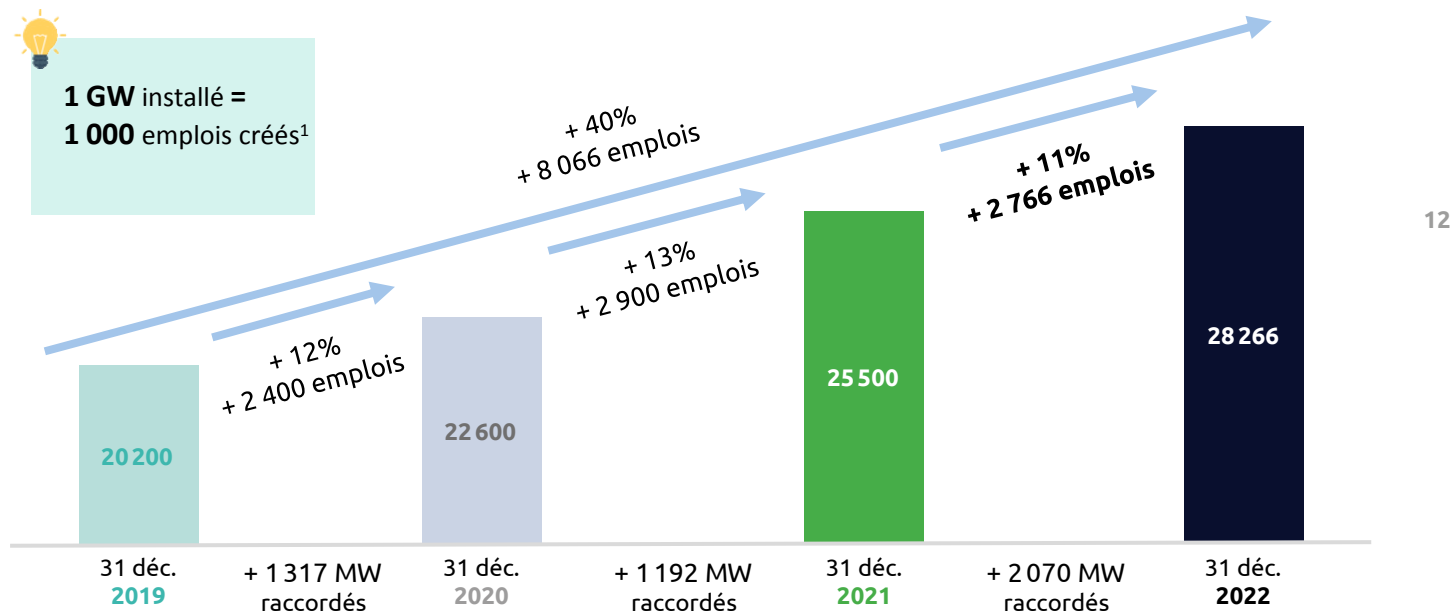
Répartition en fonction de la taille de l'entreprise¹



La croissance de l'emploi éolien en France en 2022

Le nombre d'emplois éoliens ne cesse d'augmenter

Dynamique de l'évolution des emplois éoliens entre 2019 et 2022



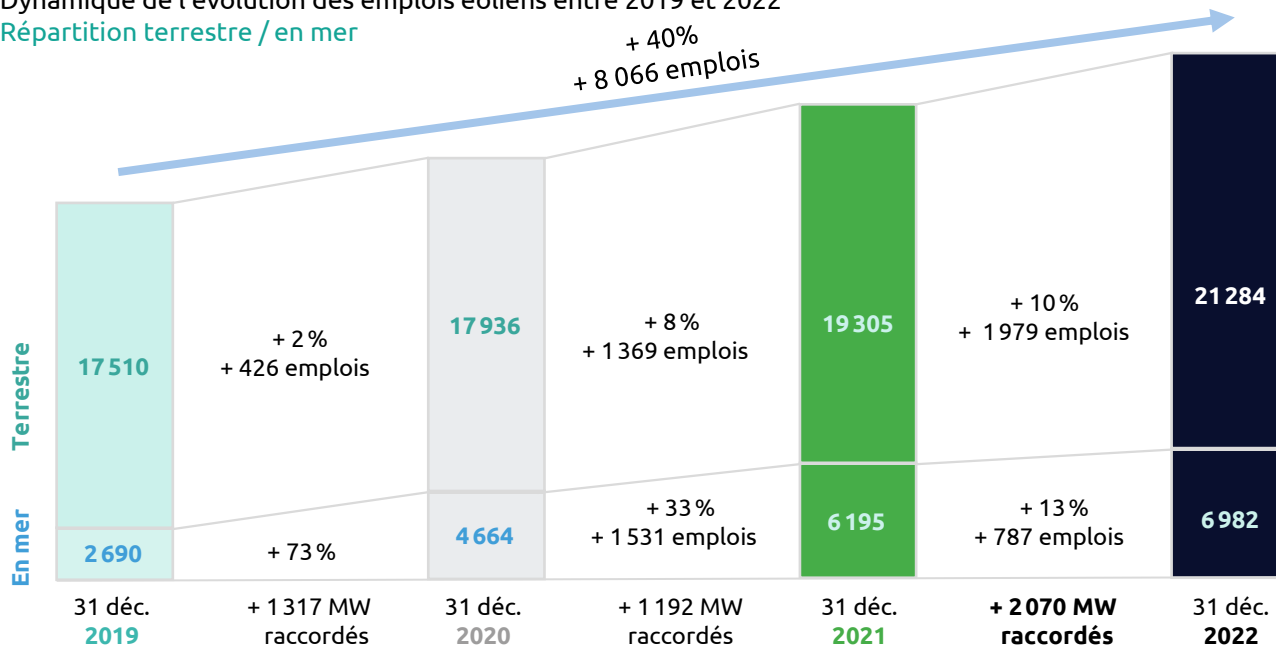
Source : Etude FEE 2023 et traitement des données Capgemini Invent. ¹Voir p. 49

La croissance de l'emploi éolien en France en 2022

Le nombre d'emplois éoliens ne cesse d'augmenter tant sur l'éolien terrestre que sur l'éolien en mer

Dynamique de l'évolution des emplois éoliens entre 2019 et 2022

Répartition terrestre / en mer



13

Source : Etude FEE 2023, Observatoire des Energies de la mer 2023 et traitement des données Capgemini Invent

La France : pièce maitresse de l'industrie éolienne en Europe

La France : **1er pays ex aequo** avec 4 des 12 unités européennes de production de pales et de nacelles d'éoliennes en mer

Entreprise*	Production	Pays	Ville
LM Wind Power (GE)	Pales		Cherbourg
GE Renewable	Nacelles		St Nazaire
Energy	Nacelles		Le Havre
Siemens Gamesa	Pales		Le Havre
Siemens Gamesa	Pales		Aalborg
Siemens Gamesa	Nacelles		Brande
Siemens Gamesa	Pales		Nakskov
Vestas	Nacelles		Lindo
Vestas	Pales		Isle of Wight
Vestas	Pales		Hull
Siemens Gamesa	Nacelles		Cuxhaven
Siemens Gamesa	Pales		Castellón

*Tri par pays

Sources : ¹ Observ'ER Baromètre 2022 des Energies renouvelables électriques en France, ce chiffre concerne l'éolien terrestre et en mer

² Observ'ER Baromètre 2021 des Energies renouvelables

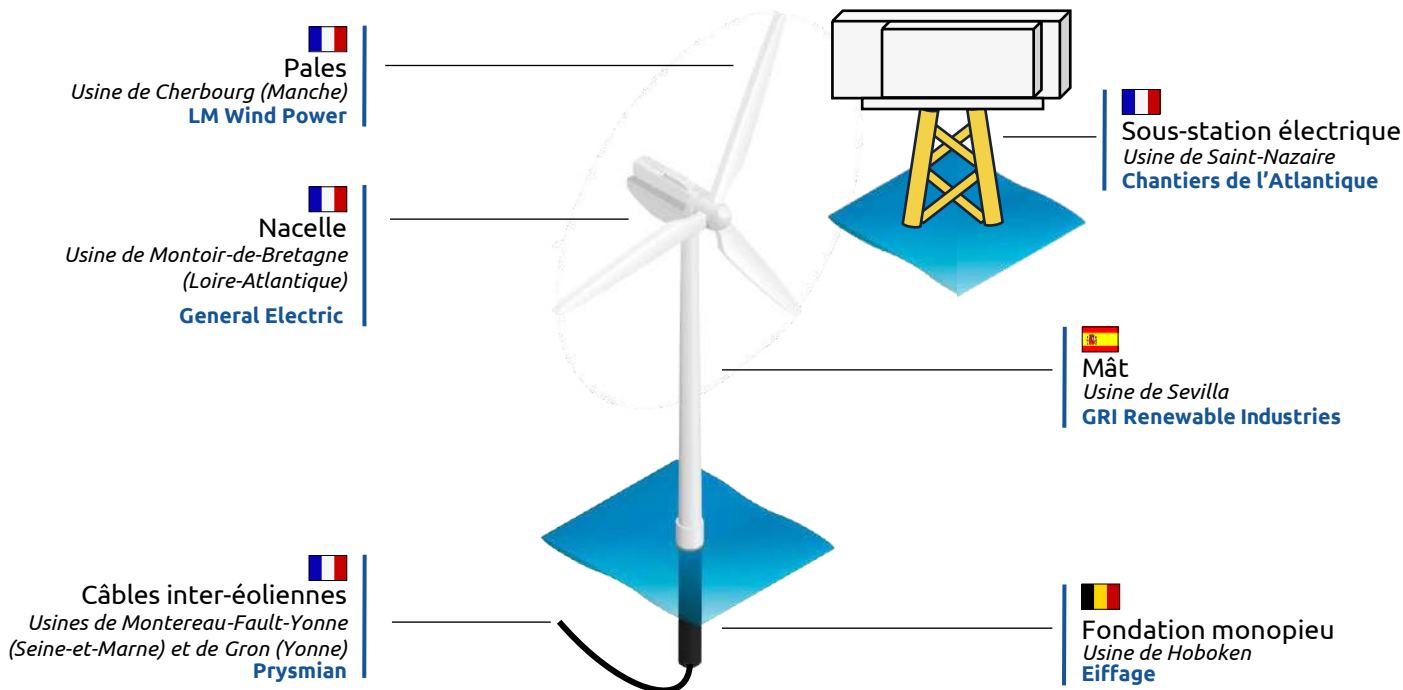


Un marché en forte croissance

Le chiffre d'affaires du secteur de l'énergie éolienne croît de manière continue : en 2021, il représentait environ **7 milliards d'euros¹** soit une augmentation de **23 %¹** en un an.

Des acquis industriels

Une industrie européenne qui se dessine – exemple de la fabrication d'une éolienne en mer*



15

*Exemple d'une Haliade 150-6 MW du parc éolien en mer de Saint-Nazaire / mention uniquement des fabricants principaux

Sources : Wind Europe, Parc éolien en mer de Saint-Nazaire.fr, Eiffage, General Electric, Ouest France, Chantiers de l'Atlantique

Sommaire

L'industrie éolienne

a. <u>Un contexte porteur</u>	p. 20
b. <u>Des acquis industriels</u>	p. 24
c. <u>Les défis de l'industrie</u>	p. 32
d. <u>De belles réussites industrielles</u>	p. 38
e. <u>Nos recommandations</u>	p. 44

Les emplois dans l'éolien en 2022

a. <u>Les faits marquants et chiffres-clés</u>	p. 46
b. <u>La dynamique de l'emploi sur le territoire</u>	p. 51
c. <u>Les formations de l'éolien</u>	p. 54
d. <u>Focus sur l'Observatoire des énergies de la mer</u>	p. 61

16

Marché et économie de l'éolien

a. <u>Un marché attractif et compétitif</u>	p. 66
b. <u>Les retombées économiques et fiscales pour les collectivités locales</u>	p. 70
c. <u>Les Corporate PPA</u>	p. 74
d. <u>L'éolien en mer</u>	p. 75

Sommaire

Bilan et perspectives

a. <u>Résultats 2022 de la filière</u>	p. 82
b. <u>L'éolien dans le contexte européen</u>	p. 93
c. <u>Futurs enjeux de l'éolien</u>	p. 99
d. <u>Les innovations</u>	p. 113
e. <u>Nos convictions</u>	p. 120

Annexes

a. <u>Fonctionnement d'une éolienne et choix de l'implantation d'un parc</u>	p. 122
b. <u>Quelques chiffres</u>	p. 124
c. <u>Cartes d'identité des acteurs éoliens par région</u>	p. 127
d. <u>Focus formations</u>	p. 140
e. <u>L'animation de la filière</u>	p. 143
f. <u>Méthodologie de l'élaboration de l'observatoire de l'éolien</u>	p. 146

SIEMENS Gamesa
RENEWABLE ENERGY

1

L'industrie éolienne



19

Un contexte porteur

L'éolien, une réponse tant pour la souveraineté industrielle que pour la réussite de la transition énergétique



Le contexte international impose à la France de se doter de capacités industrielles afin de répondre au défi de la transition énergétique et garantir sa souveraineté



SOUVERAINETÉ

La Crise Covid a mis en lumière **des dépendances** ainsi que des **fragilités sur la chaîne d'approvisionnement**. L'énergie éolienne apparaît comme une solution efficace en offrant une **source d'énergie domestique** qui renforce la sécurité énergétique du pays.



UN ENJEU DE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

La France, avec sa loi de la transition énergétique (2015) s'est fixé **40% d'ENR** dans son mix électrique en 2030 et d'atteindre la neutralité carbone en 2050. L'éolien est un levier efficace répondant au double défi de l'**électrification** et de la **décarbonation**.

20

Un contexte porteur

Le cadre légal incite les entreprises de la filière à investir et produire en France et en Europe



	Projet de loi industrie verte (en cours)	Faire de la France le leader de l'industrie verte en Europe. Cette loi apportera un soutien aux technologies vertes comme l'éolien.	Soutien financier Formation métiers Opportunités industrielles
	Loi d'accélération de la production des EnR (2023)	Réduire de 2 ans le délai d'instruction pour un projet d'éolien en mer, à l'appui d'une planification spatiale maritime précise	Gain d'efficacité Opportunités industrielles Accroissement des investissements
	Critical Raw Materials Act (2023)	Sécuriser l'approvisionnement de l'Europe en matières premières afin d'accroître sa souveraineté	Relocalisation d'une partie de la chaîne d'approvisionnement / Opportunités industrielles et création d'emplois
	Net Zero Industry Act (2023)	Fabriquer en Europe davantage de technologies propres comme des turbines d'éoliennes afin de couvrir 40 % des besoins d'ici 2030	Opportunités industrielles Accroissement des investissements
	Sommet de la mer du Nord – Ostende (2023)	Accélérer le déploiement de l'éolien en mer du Nord. Objectif de 300 GW à horizon 2050 (dont 40 GW en France)	Opportunités industrielles Accroissement des investissements

Green Deal
Industrial
Plan

21

Un contexte porteur

L'éolien pour faire de la France le leader de l'industrie verte en Europe

Objectifs de ce projet de loi industrie verte :

Constatant un **retard industriel**, la France décide avec son projet de loi industrie verte de se doter les moyens de son ambition : **faire de la France le leader de l'industrie verte en Europe**. Cinq filières bénéficieront d'un soutien particulier : les pompes à chaleur, **les éoliennes**, les panneaux photovoltaïques, l'hydrogène vert et les batteries électriques.

4 priorités



Faciliter et accélérer l'implantation de sites industriels en France



Financer l'industrie verte par la mobilisation des fonds publics et privés



Favoriser les entreprises vertueuses dans toutes les interventions de l'État



Former aux métiers de l'industrie verte

Ce projet de loi vient en complément du plan **France 2030** dont un des objectifs est de développer des technologies EnR à la pointe.

Source : Gouvernement / Public Sénat / Ecologie.gouv

40 000

Emplois directs créés
d'ici 2030

9 mois

Délai réel
d'implantation
d'usines divisé par
deux

22

23 Mds

d'euros
d'investissements
réalisés d'ici 2030

-41M

de tonnes de CO₂

Un contexte porteur

Le pacte éolien en mer signé en mars 2022 entre l'Etat et la filière permet de concrétiser les projets industriels

ÉTAT

1

Viser un volume minimal moyen d'attribution d'appels d'offres de 2 GW/an pour l'éolien en mer dès 2025.

2

Fixer l'objectif de 20 GW attribués en 2030 pour atteindre une capacité de 18 GW en service en 2035 et de 40 GW en 2050.

3

Dans le cadre de l'élaboration de la PPE, réaliser des travaux de planification pour permettre l'atteinte de ces objectifs.

LA FILIÈRE

1

Viser un quadruplement du nombre d'emplois de la filière pour occuper, d'ici 2035, au moins 20 000 emplois (directs et indirects) sur le territoire.

2

Engager plus de 40 milliards d'euros d'investissements pour la réalisation des projets, au cours des 15 prochaines années.

3

D'ici à 2035, atteindre un contenu local à hauteur de 50 %, calculé sur l'ensemble des coûts du projet, au moment de sa mise en service, pour chacun des projets éoliens en mer.

4

Mettre en œuvre des projets exemplaires en matière d'intégration à l'environnement, humain comme naturel, dans lesquels ils s'insèrent.

23

Source : Gouvernement – Pacte éolien en mer

La France : pièce maitresse de l'industrie éolienne en Europe

La France : **1er pays ex aequo** avec 4 des 12 unités européennes de production de pales et de nacelles d'éoliennes en mer

Entreprise	Production	Pays	Ville
LM Wind Power (GE)	Pales		Cherbourg
GE Renewable	Nacelles		St Nazaire
Energy	Nacelles		Le Havre
Siemens Gamesa	Pales		Le Havre
Siemens Gamesa	Pales		Aalborg
Siemens Gamesa	Nacelles		Brande
Siemens Gamesa	Pales		Nakskov
Vestas	Nacelles		Lindo
Vestas	Pales		Isle of Wight
Vestas	Pales		Hull
Siemens Gamesa	Nacelles		Cuxhaven
Siemens Gamesa	Pales		Castellón

Sources : ¹ Observ'ER Baromètre 2022 des Energies renouvelables électriques en France, ce chiffre concerne l'éolien terrestre et en mer

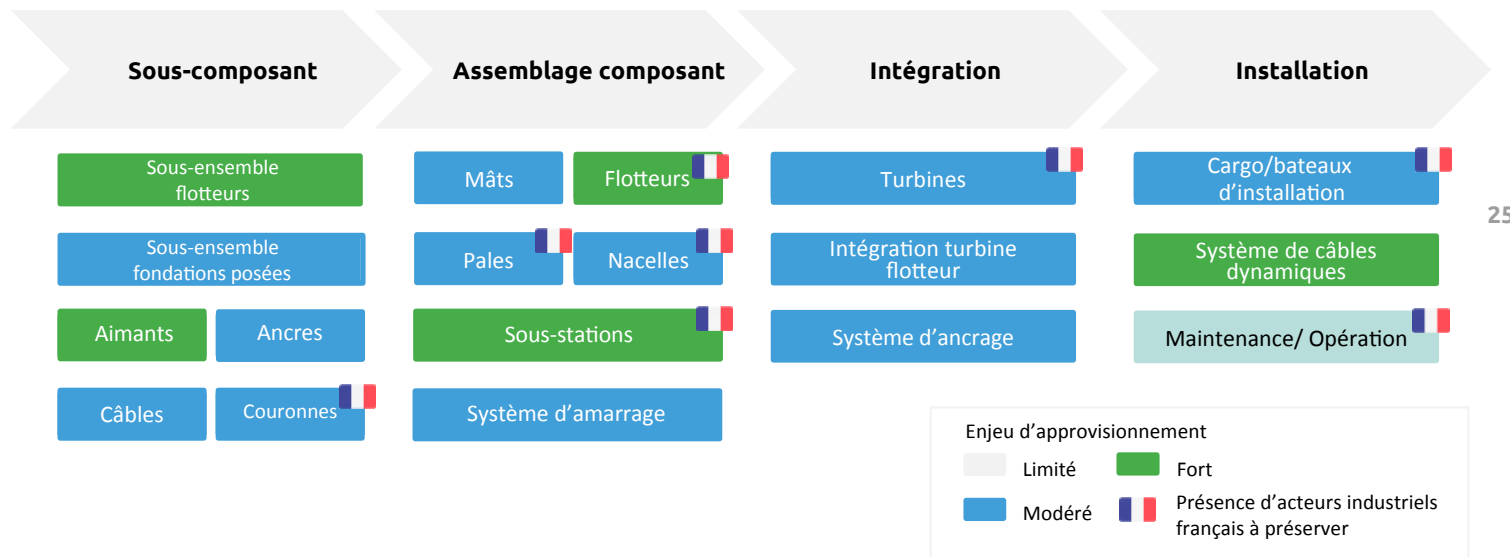
² Observ'ER Baromètre 2021 des Energies renouvelables



Un marché en forte croissance

Le chiffre d'affaires du secteur de l'énergie éolienne croît de manière continue : en 2021, il représentait environ **7 milliards d'euros¹** soit une augmentation de **23%¹** en un an.

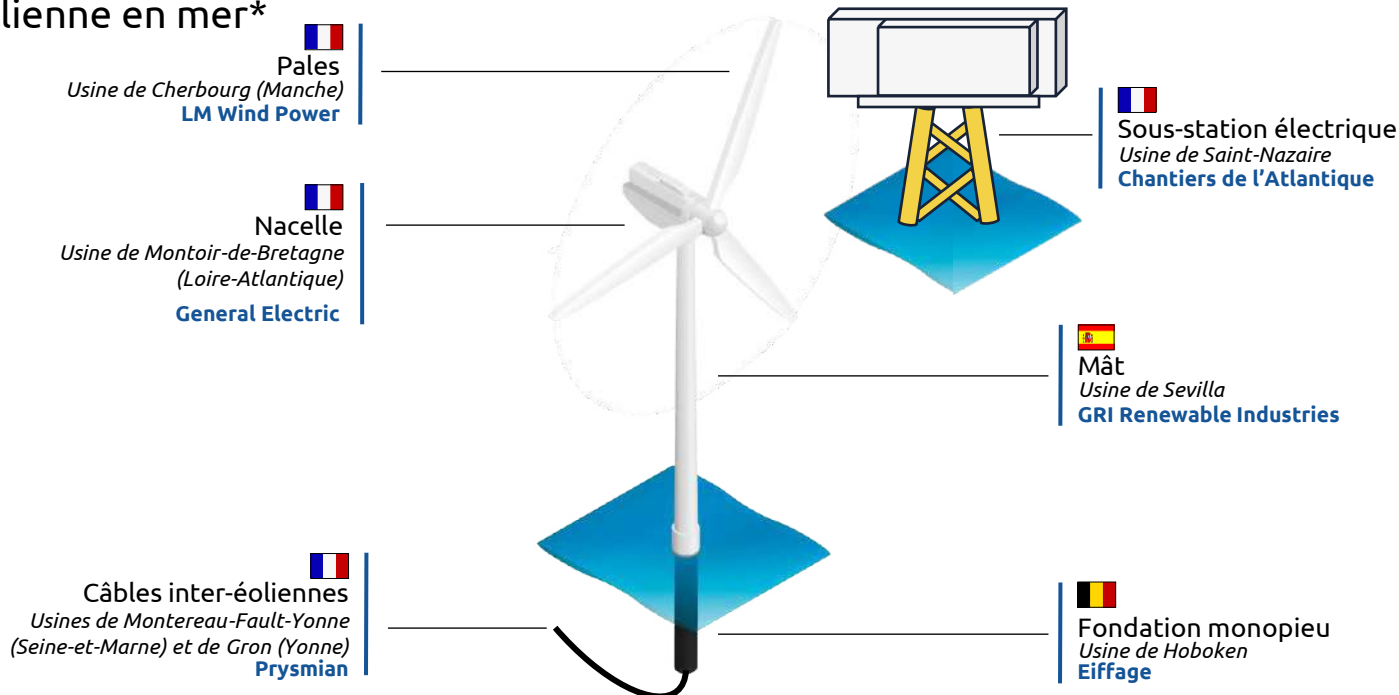
Une chaîne de valeur qui ne cesse de se structurer à l'échelle nationale pour sécuriser les approvisionnements



Sources : Etude FEE et Capgemini; inspiré d'un document/du travail de la DGE

Des acquis industriels

Une industrie européenne qui se dessine – exemple de la fabrication d'une éolienne en mer*



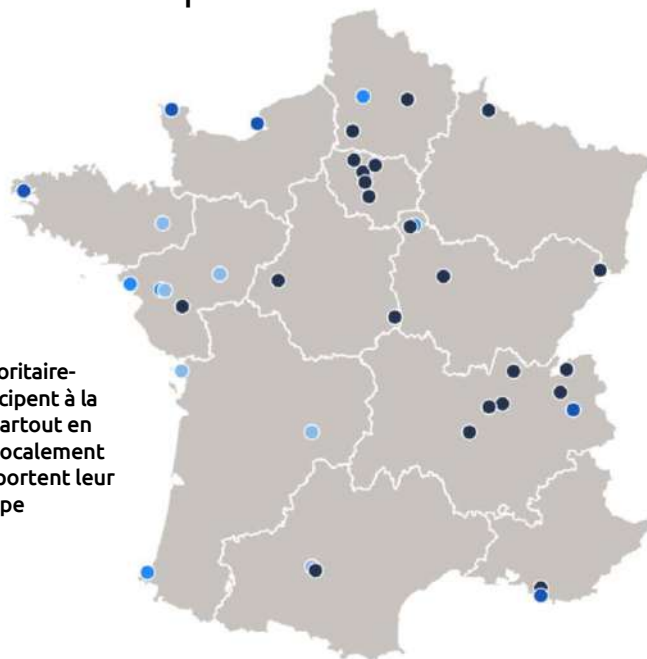
26

*Exemple d'une Haliade 150-6 MW du parc éolien en mer de Saint-Nazaire / mention uniquement des fabricants principaux

Sources : Wind Europe, Parc éolien en mer de Saint-Nazaire.fr, Eiffage, General Electric, Ouest France, Chantiers de l'Atlantique

Des acquis industriels

Avec de nombreuses usines implantées sur son territoire fournissant l'éolien terrestre et en mer, la France peut s'appuyer sur un tissu industriel solide, créateur de nombreux emplois



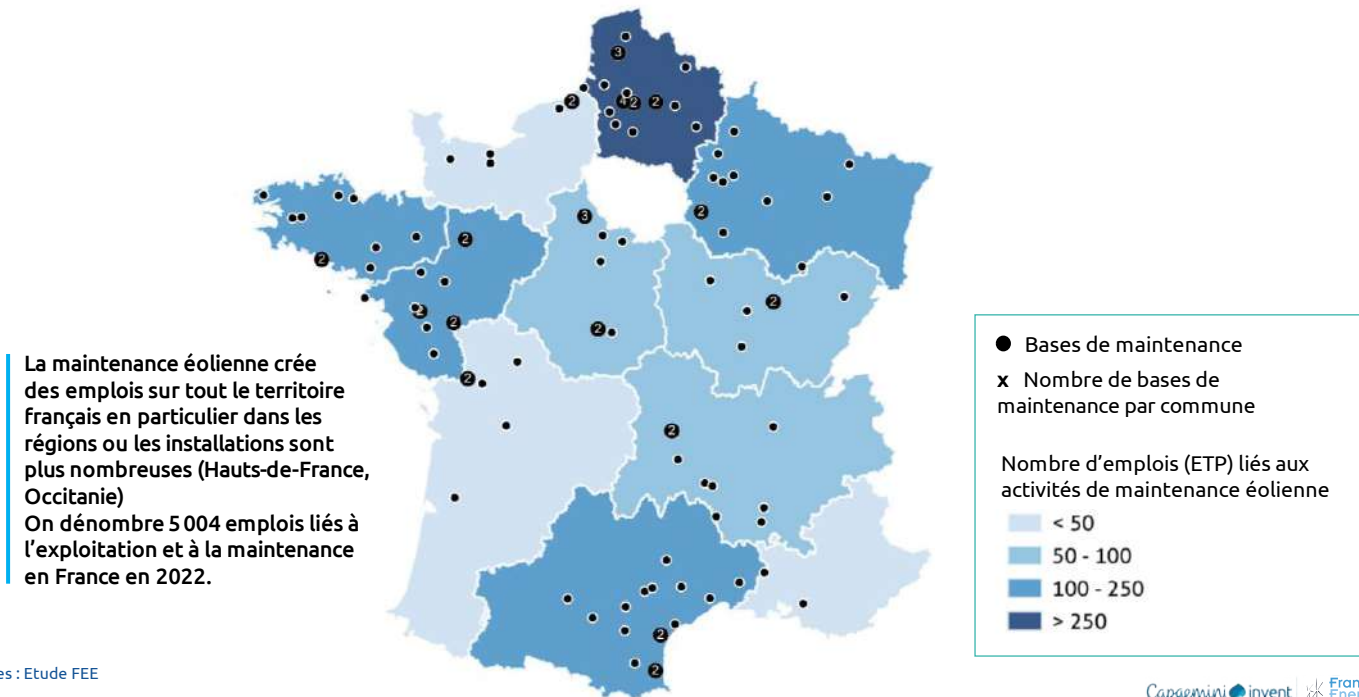
Ces entreprises, majoritairement des PME, participent à la création d'emplois partout en France, bénéficient localement aux territoires et exportent leur composants en Europe

Sites de production industriels

- Composants, câbles et matériaux
- Nacelles, pales, fondations et assemblage
- R&D, services et logistique
- Autres

Des acquis industriels

Les multiples bases de maintenance et de prévention éoliennes sont un levier essentiel de l'activité industrielle



Sources : Etude FEE

Des acquis industriels

L'industrialisation de la filière de l'éolien en mer contribue à des investissements massifs dans certains ports français

Exemples

Port de Brest	220 millions	Création d'un polder de 40 hectares dédié aux EMR
Port la Nouvelle	252 millions	Construction de flotteurs / assemblage mâts et turbines
Port de Saint- Nazaire	120 millions	Projet Eole : développement de l'éolien flottant



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



Lauréats de l'AMI Ports de France 2030

Ports de Normandie

Grand Port Fluvio-Maritime de l'Axe Seine

GPM de La Rochelle, GPM de Bordeaux, Port de Bayonne, Port de Charente Atlantique

GPM de Nantes Saint-Nazaire

Ports de Brest et Lorient

GPM de Marseille

Région Occitanie

Port-La-Nouvelle

Source : Etude FEE Capgemini, Observatoire de la mer 2023, ADEME

Un contexte porteur

Des acquis industriels

Les défis

Réussites industrielles

Nos recommandations



Devenir un acteur clé de la transition énergétique (stratégie Grand Port Maritime)



Construction des parcs de Saint-Nazaire (en activité – 480 MW) et de Yeu Noirmoutier (en construction – 496 MW)

Projet EOLE : base industrielle d'intégration de l'éolien posé et flottant (opérationnelle en 2028)



Fabrication (usine GE), conception, export

Des acquis industriels

Port de Saint-Nazaire

NANTES
SAINT-NAZAIRE
PORT

Avec l'éolien, nous commençons à structurer une filiale interportuaire nationale. Le projet EOLE, notre fer de lance industriel en est un exemple.

Olivier Tretout
Directeur Général
Nantes Saint-Nazaire Port

Fier de ses **28 500 emplois** générés autour des activités portuaires, le port de Saint-Nazaire a vu en 2022 la mise en service du **premier parc éolien offshore**. Parmi les nombreuses activités industrielles, on y trouve celles liées au câblage, à la fabrication de nacelles ou encore à l'installation d'éoliennes.

Capgemini invent | France Énergie Éolienne

L'INDUSTRIE

Des acquis industriels

Port de Port-La Nouvelle  **Port La Nouvelle**
Building opportunity



Devenir le hub des EMR en Méditerranée



2 projets pilotes de fermes éoliennes flottantes : EolMed & EFLG

250 emplois

x4 pour les projets commerciaux futurs



Logistique des ancrages, assemblage et mise à l'eau de flotteurs, intégration de la turbine, stockage maritime de flotteurs

Le Port de Port-La Nouvelle s'inscrit dans une stratégie régionale, celle de la stratégie REPOS (région énergie positive) de la région Occitanie, qui consiste à **faire de la région Occitanie la première région d'Europe à énergie positive d'ici 2050**



L'objectif est d'avoir des infrastructures capables d'héberger un projet éolien flottant en totalité, de l'assemblage des flotteurs jusqu'à l'intégration des turbines, et ainsi répondre aux enjeux de décarbonation et de souveraineté énergétique nationale.

Yann Wickers - Directeur Général de la SEMOP Port-La Nouvelle



Capgemini Invent

France Énergie Éolienne

Les défis de l'industrie

L'approvisionnement en matériaux critiques est clé pour l'industrialisation de la filière

L'industrie – toutes filières confondues – fait face à l'augmentation du prix des matières premières

« Critical raw materials Act »

L'UE devra être capable en 2030 de

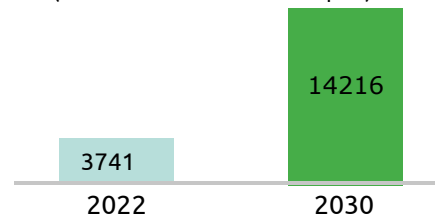
- réaliser en Europe les activités suivantes **10%** de l'extraction, **40%** de la transformation et **15%** du recyclage
- ne pas dépendre à plus de **65%** des importations en provenance d'un seul pays tiers

NB: en % de la consommation annuelle de l'UE

L'Europe adopte une stratégie pour sécuriser la chaîne d'approvisionnement en matériaux critiques

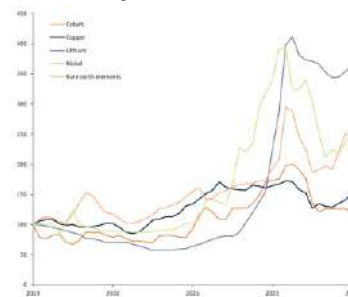
Sources : Commission Européenne, Rystad Energy Wind Supply Chain Report

Demande européenne en matériaux éolien terrestre et en mer (en milliers de tonnes métriques)



Rystad Energy – Wind Supply Chain Report

Prix des matières premières



Rystad Energy – Wind Supply Chain Report

Les défis de l'industrie

L'approvisionnement en matériaux critiques est clé pour l'industrialisation de la filière

Matériaux	Demande UE 2022 (en milliers de tonnes métriques)	Partie éolienne	Criticité
Fer et Acier	2378	Nacelle, Mât, Fondations	Faible
Ciment	748	Mât, Fondations	Faible
Plastiques	302	Pales, Nacelle	Faible
Zinc	105	Nacelle, Mât, Fondations	Faible
Fibre de verre	70	Pales, Nacelle	Faible
Aluminium 	55	Nacelle	Moyen
Cuivre 	44	Equipements électriques	Moyen
Manganèse 	27	Pales, Nacelle, Mât	Moyen
Silicium 	5	Pales	Moyen
Nickel 	3	Nacelle, Alliages	Moyen
Plomb	3	Equipements électriques	Faible
Terres rares 	1	Nacelle (aimants*)	Haute

Les matériaux les plus critiques sont ceux dont la demande est la plus faible pour la construction d'une éolienne.

Une **filière dédiée au recyclage** existe avec des entreprises comme Siemens Gamesa qui produisent des pales désormais 100 % recyclables.

Vestas a récemment mis au point un procédé chimique en vue de transformer les pales en fin de vie en matières premières et ainsi en fabriquer des nouvelles¹.

*A savoir que seulement 3 % du parc éolien terrestre français en 2018 contenait des aimants (terres rares). En revanche ils sont beaucoup plus utilisés dans l'éolien en mer²

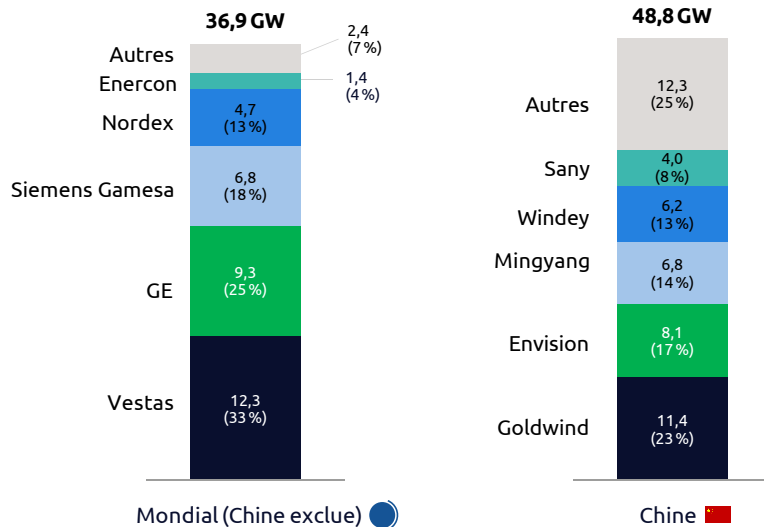
 Matériaux considérés comme critiques et stratégiques par la Commission européenne (« Criticality Assessment exercise », 2023)

Source : Rystad Energy – Wind Supply Chain Report, Rapport INEC Capgemini

¹La Dépêche – 10 février 2023 Ce nouveau procédé chimique va permettre de recycler l'intégralité d'une éolienne ²ADEME

Les défis de l'industrie

Poussés par un marché domestique fort, les turbiniers chinois dominent le marché



Capacité mondiale installée durant l'année 2022

Environ 85,7 GW de capacité éolienne terrestre et en mer supplémentaire ont été mis en service en 2022. La Chine, le plus grand marché éolien du monde, a installé 48,8 GW de capacité, représentant plus de la moitié (57 %) de la construction mondiale.



Bien qu'il y ait une volonté des turbiniers chinois de s'internationaliser, la plupart de leurs commandes concerne aujourd'hui le **marché intérieur chinois** représentant en moyenne **97 %** de la capacité totale ajoutée en 2022.

Par ailleurs, les prix des éoliennes en Chine ont fortement baissé depuis l'expiration des primes de rachat à la fin de 2020. Cela a conduit à des tendances divergentes en matière de coûts par rapport au reste du monde.

34

Source: BNEF (2022 Global Wind Turbine Market Shares)

Les défis de l'industrie

Cette montée en puissance industrielle mobilise des compétences critiques qui doivent être renforcées

Des métiers en tension¹

CADRES et INGENIEURS

- 1 Ingénieur de projet
- 2 Ingénieur d'affaires
- 3 Ingénieur mécanicien
- 4 Ingénieur génie électrique
- 5 Ingénieur hydrodynamique

TECHNICIENS et OPERATEURS

- 1 Chaudronnier/soudeur
- 2 Technicien en chaudronnerie, tuyauterie et structures métalliques
- 3 Technicien de maintenance/exploitation
- 4 Monteur/assembleur/monteur câbleur/technicien d'assemblage
- 5 Opérateur de fabrication

35

416 offres de techniciens de maintenance éolien restent non pourvues sur le territoire national³

La filière doit installer 12 GW d'éolien terrestre supplémentaire d'ici à 2028⁴



Des compétences recherchées²

Electromécanique	Chaudronnerie
Electronique de puissance	Roulage
Manutention	Charpenterie
Plasturgie	Tôlerie
Peinture	Maçonnerie
Soudure	Coffrage et maintenance industrielle

Sources : ¹Rapport COMED 2022, concerne plusieurs filières renouvelables dont l'éolien

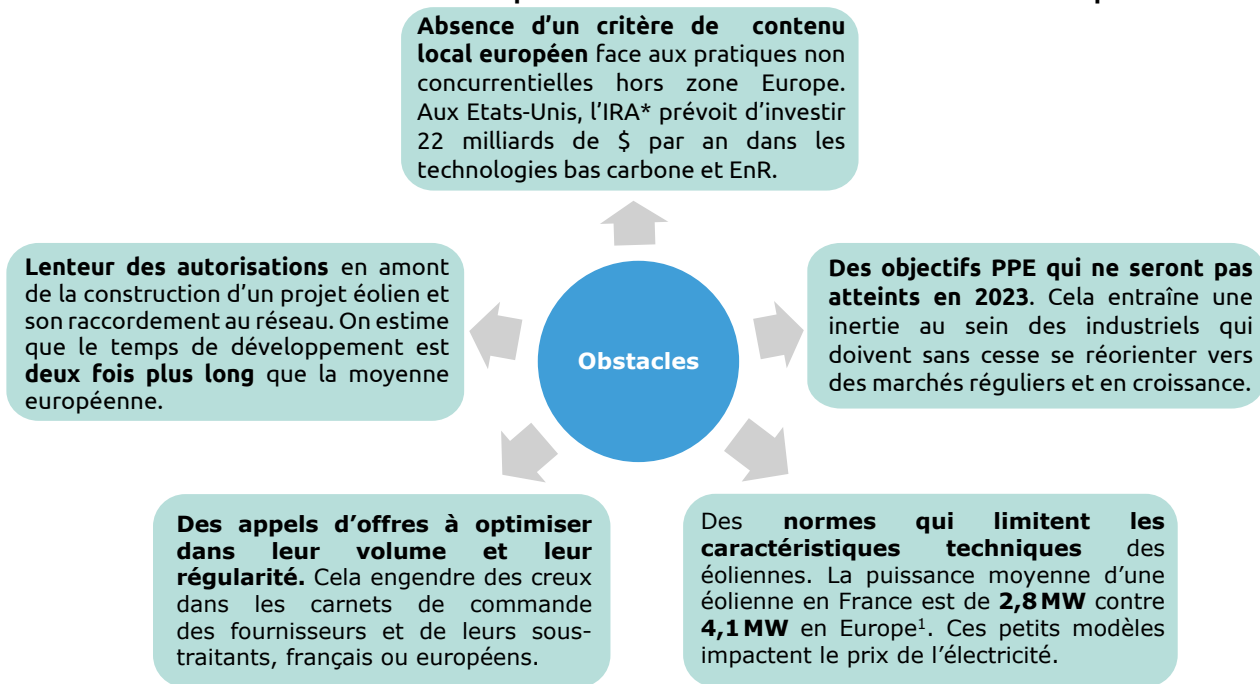
²Pôle emploi

³Indeed, à date du 21/08/2023

⁴Pour respecter les objectifs PPE

Les défis de la puissance publique pour soutenir l'industrie

Il existe des freins et obstacles pour une filière industrielle compétitive



36

*Inflation Reduction Act
Source : Etude FEE, ¹Wind Europe

Les défis de l'industrie

Pérenniser l'industrialisation de la filière – interview de Frédéric Petit, Président de Siemens Gamesa

« Sur le plan industriel, la France est en avance sur de nombreux autres pays européens. Après 2026, la France n'installera aucun parc éolien pendant 5 ans, à l'exception de celui de Dunkerque, dans un marché européen en pleine croissance. **D'ici 2030, la compétitivité de l'industrie française sera essentielle pour accéder au marché européen si l'on veut continuer à produire sur le territoire français** »

Frédéric Petit – Président de Siemens Gamesa Renewable Energy France.

L'entreprise soutient l'introduction de **critères qualitatifs** dans les enchères qui récompensent le **contenu européen**, afin d'aider à stimuler les économies régionales. « L'énergie éolienne a démontré sa compétitivité et doit être qualifiée de secteur industriel stratégique par l'Europe ». Siemens Gamesa participe à l'émergence d'une **chaîne de valeur européenne** avec ses usines en France, en Allemagne, au Royaume-Uni, en Espagne, au Portugal et au Danemark.

Une autre question clé est celle des compétences : « Nous avons investi plus de 10 millions d'euros pour former une main-d'œuvre qualifiée ». Les deux lignes de production nécessitent le recrutement de nouveaux profils tels que des opérateurs de fabrication, des techniciens de maintenance et du personnel d'encadrement.

Source : Siemens Gamesa

Siemens Gamesa

Siemens Gamesa dispose sur son site du Havre de deux unités de production pour la **fabrication de pales et de nacelles** (mise en production en 2022). Cette usine a généré plus de **1 000 emplois directs et indirects**.

L'entreprise équipera cinq des six projets de parcs éoliens en cours de développement en France.

37



Usine de Siemens Gamesa Renewable Energy au Havre

De belles réussites industrielles

DILLINGER  France



Production de tôles fortes en acier
(600 000 tonnes / an)



Eolien en mer - Fondations



530*



Dunkerque (depuis 1962)



« Nous avons récemment investi dans une nouvelle chanfreineuse (12 millions €) qui répond aux demandes les plus exigeantes des professionnels de l'éolien »

Philippe Nawracala, Directeur Général Délégué de Dillinger France

Parc éolien de Saint-Nazaire

Dillinger a fourni environ **76 400 tonnes** de tôles d'acier pour le parc éolien en mer de Saint-Nazaire. Cet acier est destiné à la fabrication **des monopieux** (tube en acier de 25 à 47 mètres) qui servent de fondations aux éoliennes en mer.

La solidité et la durabilité sont requises pour faire face aux conditions parfois extrêmes de la haute mer.

La fabrication de ces tôles se fait à partir de brames (blocs d'acier) importées à 100 % depuis la maison mère en Allemagne.

Filiale à 100 % du groupe Dillinger, leader européen de l'acier, Dillinger France est un acteur industriel clé sur le marché français et européen

*530 ETP sur l'ensemble des métiers de la filiale, incluant l'éolien en mer

Capgemini  invent 

De belles réussites industrielles



Fournisseur de pièces détachées–
Réparation / Reconditionnement–
Conseil technique



Eolien terrestre – pièces détachées



10



Montpellier (depuis 2016)

2 nacelles en cours de démantèlement par My Wind parts



« Le reconditionnement est un enjeu majeur sur lequel nous développons une expertise solide »

Sébastien Duchesne – Fondateur et Managing Director de Mywindparts

Zoom sur le reconditionnement de composants

My Wind Parts s'associe avec des entreprises expertes en démantèlement afin de récupérer les anciens composants, les reconditionner puis les vendre.

2 éoliennes ont été démantelées à ce jour par l'entreprise.

Selon l'entreprise, l'installation de parcs de seconde main pourrait changer la donne.

L'entreprise vient de déployer un site e-marchand et ambitionne d'implanter des activités dans d'autres pays

De belles réussites industrielles

BW ideal



Fondations flottantes / Développement de projets



Eolien en mer flottant



80



La Ciotat – Bouches du Rhône (2010)



« Nous sommes pionniers sur le marché de l'éolien en mer flottant car nous pensons depuis longtemps qu'il est l'avenir de l'éolien en mer »

Paul de la Guérivière, PDG de BW Ideal

Floatgen – première et seule éolienne flottante en France

Coordinateur du projet, BW Ideal a été en charge du design et de l'ingénierie de la fondation puis de la construction-installation du démonstrateur équipé d'une éolienne de 2MW au large du Croisic. Aujourd'hui opérationnelle, BW Ideal se charge de sa maintenance.

EolMed – une ferme pilote BW Ideal en Méditerranée (mise en service 2024)

BW Ideal est un partenaire du projet et le fournisseur de la fondation flottante. Ce futur parc pilote de 3 éoliennes de 10 MW est en cours de construction à Port-la-Nouvelle.

10 GW : c'est la capacité construite ou installée visée par BW Ideal en 2030

40

De belles réussites industrielles

MagREEsources



Fabrication d'aimants à partir du recyclage en boucle courte



Aimants (dans la nacelle)



16



Grenoble (depuis 2020)



« Avec pour ambition de créer un champion des aimants européen, l'entreprise a vocation à répondre au double défi de la souveraineté et du bas carbone »

Erick Petit – co-fondateur de MagREEsources

A quoi sert un aimant dans une éolienne et comment le recycler ?

Ces aimants, composés d'alliage de terres rares comme le néodyme, sont utilisés dans le **générateur** afin de faciliter la conversion de l'énergie mécanique du vent en énergie électrique.

MagREEsources utilise un **procédé à base d'hydrogène** pour transformer l'aimant en poudre puis le refabriquer [il s'agit de la boucle courte].

L'ouverture d'une usine pilote puis d'une Magfactory

Cette première usine pilote, dont l'ouverture est prévue pour fin 2023 (Grenoble) sera capable de recycler et fabriquer 50 t de nouveaux aimants.

L'entreprise grenobloise ambitionne de construire la première usine d'aimant de référence – la Magfactory – en 2027 avec 120 emplois directs à la clé et une capacité d'au moins 500 t.

Après 2027, la capacité sera augmentée graduellement pour offrir une alternative Européenne crédible au marché croissant de l'éolien.

41

De belles réussites industrielles



Recyclage d'aimants permanents en boucle longue : 100% des aimants accéptés



Aimants NdFeB (dans la nacelle)



30



Lyon



« Notre objectif est d'aider le secteur éolien à s'approcher d'un taux de recyclabilité de 100% sur les éoliennes et plus largement à participer à créer un écosystème vertueux autour des terres rares en Europe »

Eugène Daronnat – sourcing manager de Caremag

Pourquoi recycler les aimants permanents d'une éolienne ?

Partant du constat que 1% des aimants sont recyclés aujourd'hui, le projet CAREMAG vise à recycler les aimants permanents en fin de vie et des chutes de production pour générer des oxydes de terres rares pures de même qualité que la matière première venant de la mine [ce procédé de recyclage correspond à la boucle longue], afin de soutenir la transition énergétique et l'autonomie de l'Europe sur ces métaux critiques. Il permet un recyclage à l'infini.

Création d'une unité industrielle de recyclage

Avec une mise en service prévue pour fin 2025 cette unité industrielle (Lacq) sera capable de traiter **2000 tonnes d'aimants et de chutes de production par an**, créant 92 emplois. Le projet, d'un investissement **supérieur à 100 millions d'euros**, bénéficie d'un soutien de l'Etat dans le cadre du plan de relance.

Une éolienne de 3MW contient en moyenne 2 tonnes d'aimants*

*Les aimants permanents se trouvent principalement dans les turbines à entraînement direct



De belles réussites industrielles

Prysmian
Group



Fabricant de câbles haute tension et sous-marins



Eolien terrestre et en mer – câbles haute tension et sous-marins



2 560 (France)



10 usines en France

108 sites industriels dans plus de 50 pays



Source : Prysmian Group



« Nous cherchons à sécuriser notre approvisionnement. Notre câble de dernière génération P-Laser, produit dans l'usine de Gron en France, est recyclable à 100% . Afin de répondre aux nouveaux besoins croissants d'interconnexions, un investissement massif de 61 millions d'euros a été réalisé par le Groupe et un soutien public de 5 millions d'euros accordé dans le cadre de France 2030 pour augmenter la capacité de production du site, Centre d'Excellence du groupe. »

43

Jawdat Mansour, Directeur de Business Unit Haute Tension– Europe du Sud – Prysmian Group

Application pour l'éolien en mer

Le groupe a fabriqué 120 km de câbles sous-marins inter-éoliennes haute-tension destinés au parc éolien de Saint-Nazaire dans ses usines françaises de Montereau-Fault-Yonne (77) et de Gron (89).

Ces câbles subissent en amont une série exigeante de tests qui confirment leur fiabilité.

Les câbles d'éolien en mer répondent à des caractéristiques précises afin de résister à la pression sous l'eau.

Nos recommandations

...pour accroître le déploiement de l'industrie éolienne

- 1 **Simplifier** les procédures liées au raccordement et au développement d'un projet éolien
- 2 **Favoriser** au maximum l'installation d'éoliennes toilées et plus puissantes
- 3 **Garantir** les volumes d'autorisation et d'appels d'offres avec un strict respect des calendriers
- 4 **Former** plus d'étudiants ou de salariés aux métiers de l'industrie éolienne

44

Ces 4 piliers permettront de susciter des **investissements** et de **gagner en compétitivité**



Vestas

2

Les emplois dans l'éolien

45

Capgemini Invent

France
Énergie
Éolienne

LES EMPLOIS

Faits marquants et chiffres-clés



28 266 ETP

dans l'éolien à
fin 2022



11 %

d'augmentation des
emplois en 2021

En 2022, **les emplois de la filière ont continué de croître à un rythme important** puisque le taux de croissance est de 11 %, avec un total de 28 266 emplois directs et indirects en France au 31 décembre 2022.

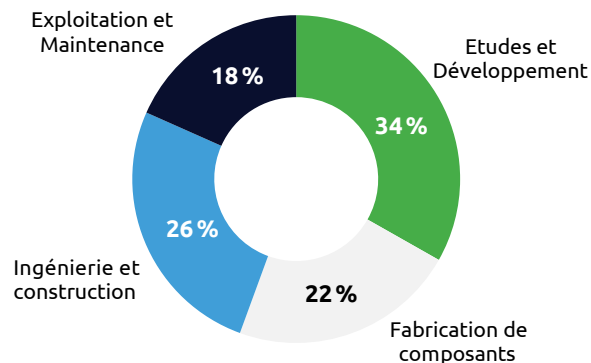
C'est en Normandie et dans les Pays de la Loire que les emplois de l'éolien se développent fortement, en lien avec la filière maritime.



34 % de femmes¹

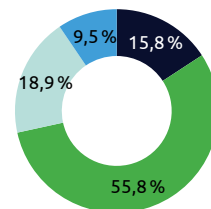
Sources : ¹ Sur la base des emplois recensés en 2022

Répartition des ETP sur la chaîne de valeur



46

Répartition en fonction de la taille de l'entreprise¹

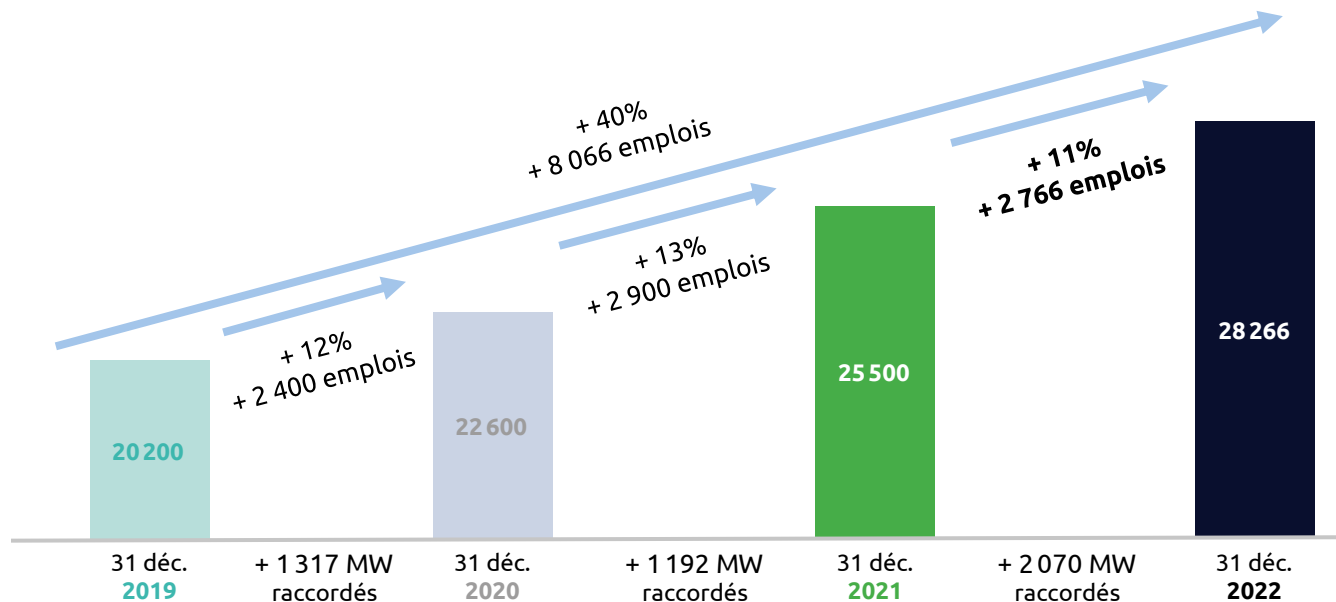


■ TPE ■ PME ■ ETI ■ GE

La croissance de l'emploi éolien en France en 2022

Le nombre d'emplois éoliens ne cesse d'augmenter

Dynamique de l'évolution des emplois éoliens entre 2019 et 2022



47

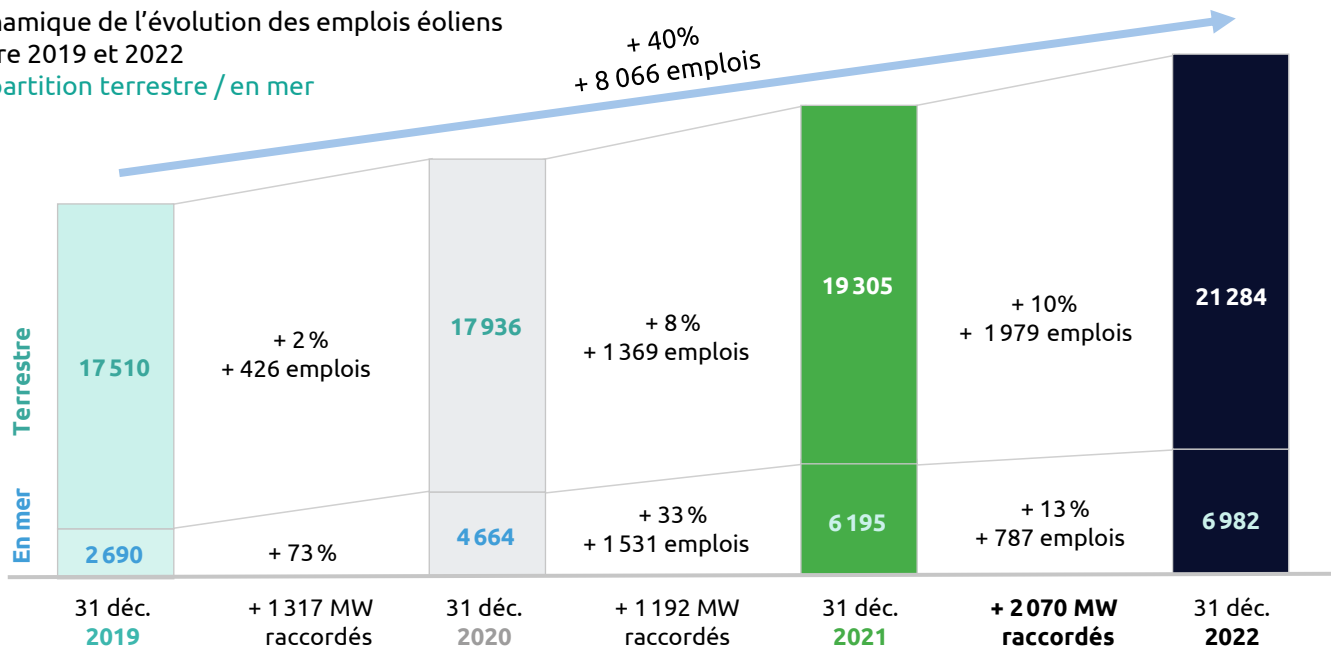
Source : Etude FEE 2023 et traitement des données Capgemini Invent

La croissance de l'emploi éolien en France en 2022

Le nombre d'emplois éoliens ne cesse d'augmenter tant sur l'éolien terrestre que sur l'éolien en mer

Dynamique de l'évolution des emplois éoliens
entre 2019 et 2022

Répartition terrestre / en mer



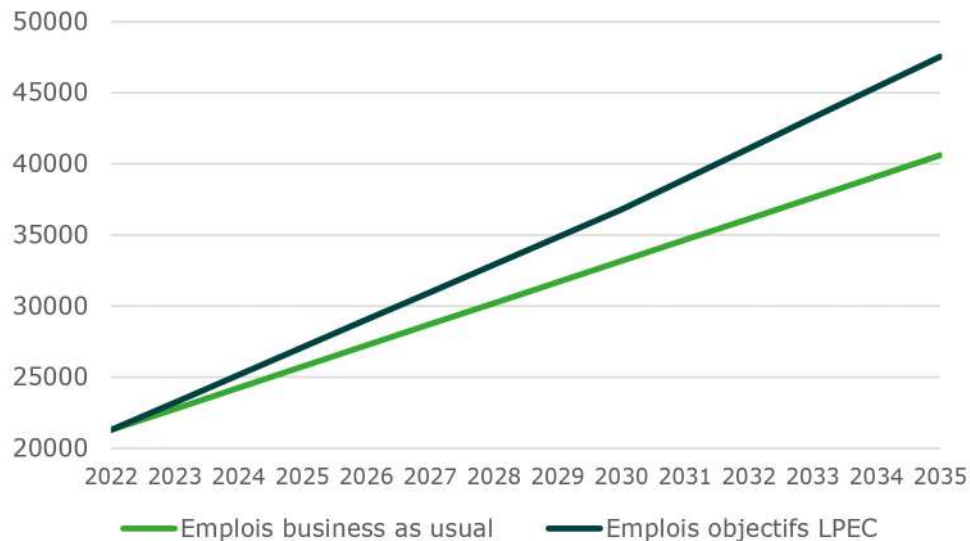
48

Sources : Etude FEE 2023, Observatoire des Energies de la mer 2023 et traitement des données Capgemini Invent

Projection des emplois éoliens en France

En limitant le déploiement de l'éolien au rythme actuel, la France se priverait d'un vivier de plusieurs milliers d'emplois

Projection de l'évolution des emplois de l'éolien terrestre en fonction de la capacité installée selon 2 scénarios



47 546
40 602
 Environ 7 000 emplois perdus du fait des retards de déploiement que subit l'éolien

49

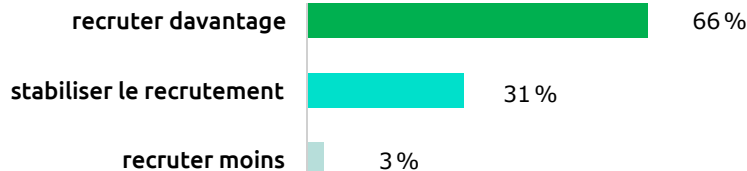
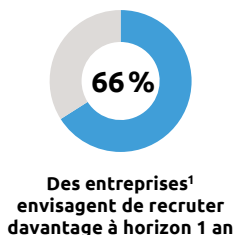


**1 GW installé =
1 000 emplois créés**

Source : Etude FEE 2023 + projection linéaire

Projection des emplois éoliens en France

Les entreprises de la filière prévoient en grande partie de recruter plus à court terme, en particulier les grandes entreprises



50

Projections de recrutement à horizon 1 an selon la taille de l'entreprise¹

	TPE moins de 10 salariés	PME entre 10 et 250 salariés	ETI entre 250 et 5000 salariés	GE plus de 5000 salariés
Recruter moins	0%	6%	0%	0%
Stabiliser le recrutement	33%	26%	50%	11%
Recruter davantage	67%	68%	50%	89%

Source : Etude FEE 2023, traitement Capgemini

¹Sur la base des entreprises ayant répondu au recensement 2023

Détails par maillon de la chaîne de valeur

Une activité répartie sur 4 segments

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



Etudes et Développement

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

% par rapport au total
des emplois en 2022

34%



Fabrication de composants

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

22%



Ingénierie et Construction

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

26%



Exploitation et Maintenance

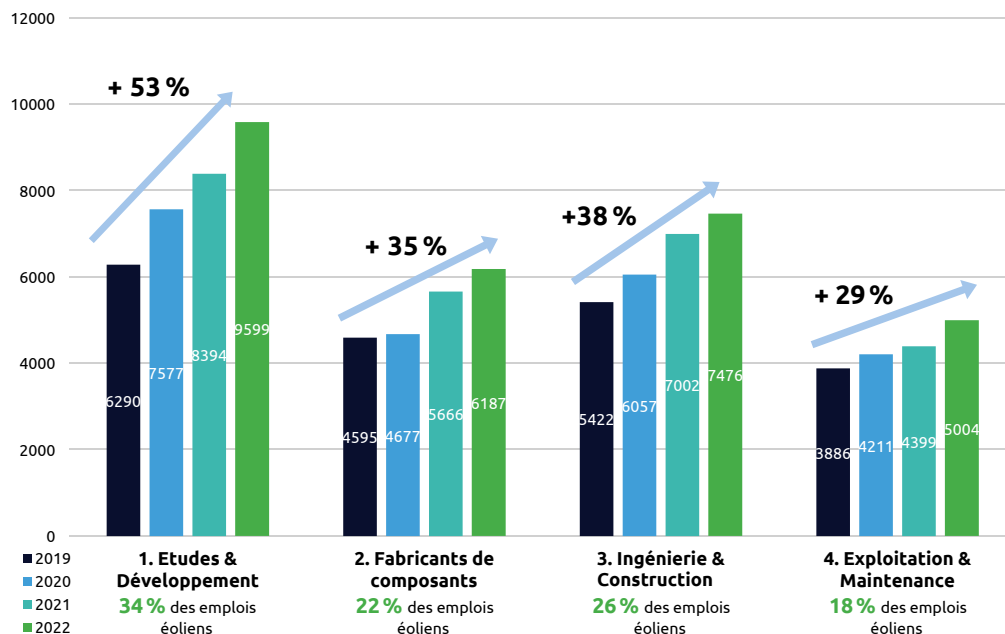
Ex. : assemblage, logistique, génie civil, génie électrique parc et réseau, montage, raccordement réseau

18%

51

Détail par maillon de la chaîne de valeur

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



Dynamique de l'emploi éolien sur la chaîne de valeur : évolution des emplois éoliens entre 2019 et 2022 (arrondis)

A prendre en compte :

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.

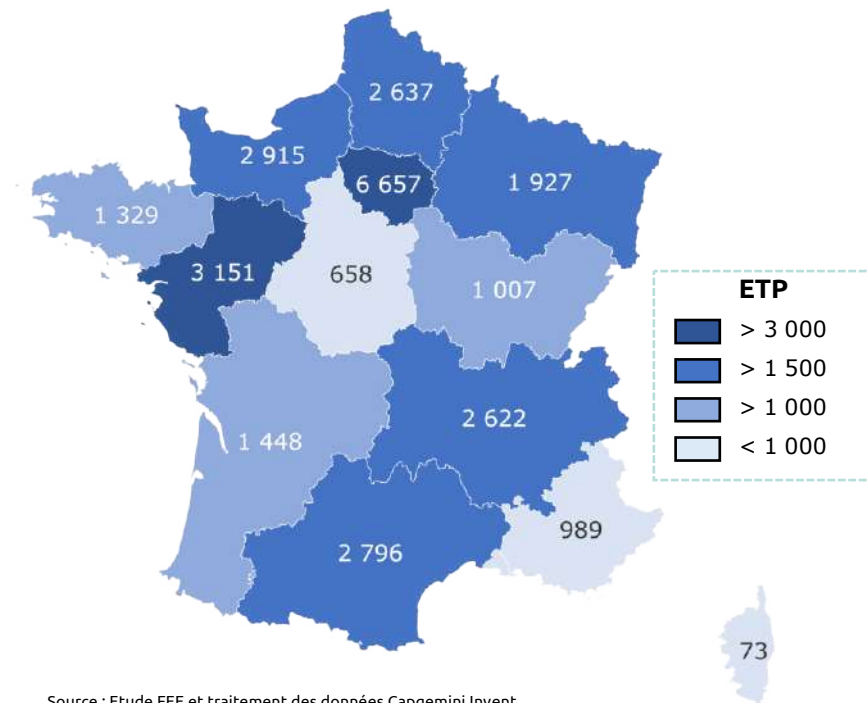
Une répartition plus fine des emplois sur la chaîne de valeur pour certains grands groupes ou la prise en compte de nouveaux acteurs (notamment en mer) peuvent ainsi changer la répartition de la croissance entre les maillons par rapport aux années précédentes.

52

Source : Etude FEE et traitement des données Capgemini Invent

La répartition des emplois éoliens par région

Un fort développement des entreprises en Pays-de-la-Loire et en Normandie



Source : Etude FEE et traitement des données Capgemini Invent

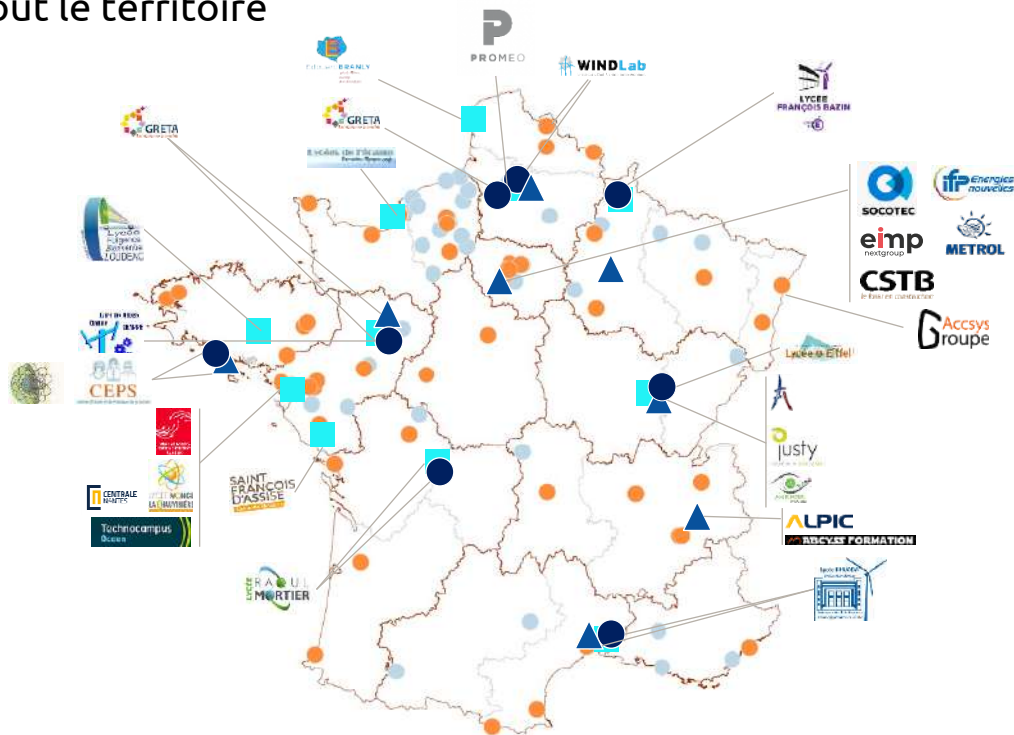
Top 10 Employeurs* (ETP, 2022)



* Classement par ordre alphabétique

Les formations de l'éolien

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



Légende :

- BZEE
- ▲ GWO
- BTS MS Option Eolien
- Formations Bac +4/+5
- Formations Bac+2/+3

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

Les formations liées à l'éolien sont présentes à tous les niveaux, du **bac professionnel** à **l'école d'ingénieurs**.

Travailler dans le domaine éolien comporte de **nombreux avantages** :

- **les emplois sont décentralisés** et répartis au sein des territoires
- Ce sont des **emplois stables**, (majoritairement en CDI) et nécessaires à la transition énergétique
- Les **opportunités de carrières** sont nombreuses que ce soit à l'international ou par passerelles entre les parcs terrestres et maritimes



55



3 400 emplois¹
créés cette année



+ de 80 % de CDI¹
dans les emplois éoliens



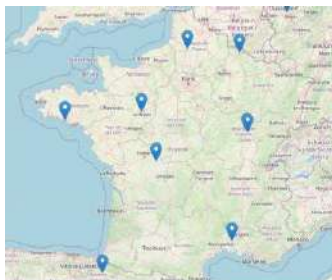
900 entreprises²
réparties en France

Sources : ¹ Données FEE, Observatoire de l'éolien 2022

² L'éolien, une énergie qui crée des emplois tous les jours, FEE

Les formations de l'éolien

Deux formations internationales certifiantes présentes en France



7 établissements agréés en France

BZEE - Certificat « Technicien de maintenance des systèmes éoliens »

- Formations complémentaires **en techniques de maintenance** des éoliennes et **des mesures de sécurité**
- Plus de 4 000 techniciens formés au côté de leurs partenaires
- Certains de ces centres de formation proposent également des modules du GWO



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

56



24 établissements agréés en France

Certificat « Basic Safety Training »

- Formation sur la sécurité
- 33 h 50 min de formation
- 54 799 Européens formés sur près de 4 modules en moyenne



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

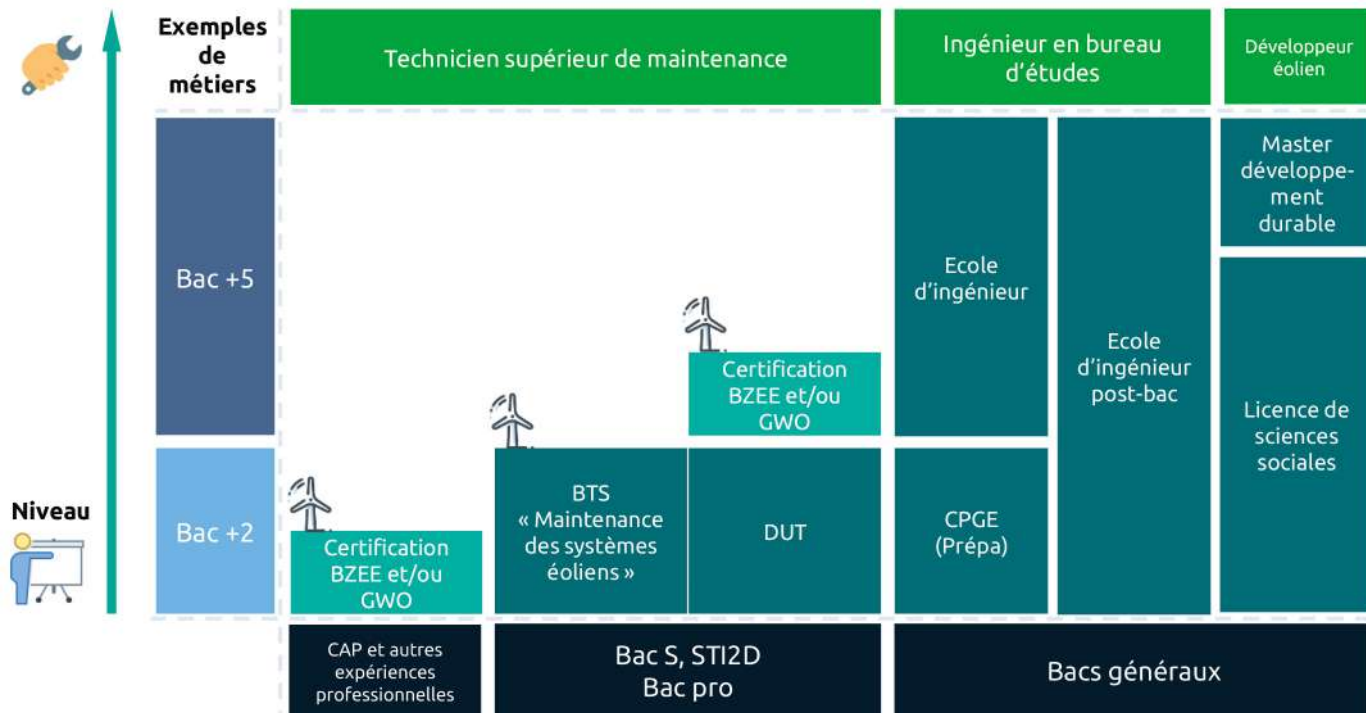
Sources : ¹ BZEE-network + données FEE
² GWO + données FEE



Les formations de l'éolien

Exemples de parcours de formations

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



57

Intégration dans le réseau – La formation

Enedis, RTE et la filière des réseaux électriques lancent conjointement les écoles des réseaux pour la transition énergétique

Les acteurs de la filière des réseaux électriques (Enedis, RTE, FNTF, SERCE, SNER, GIMELEC, SYCABEL) **ont signé en mars 2023 une convention de partenariat portant sur des « écoles des réseaux pour la transition énergétique »**. Ce programme de formation a pour objectif d'anticiper et accompagner les besoins massifs de recrutement de la filière dans un contexte de forte croissance des activités de réseaux électriques portée par la décarbonation et l'électrification des usages.

La feuille de route de la filière des réseaux électriques s'articule autour de 3 volets, pour permettre à chaque entreprise de recruter dans de bonnes conditions, tout en dégageant les métiers techniques, approche indispensable à l'élargissement des viviers :



Renforcer l'attractivité des métiers pour les jeunes à la recherche d'une orientation professionnelle, ainsi que pour les personnes en reconversion.



Veiller à l'adéquation des formations aux besoins de la filière des réseaux électriques, en prenant en compte les mutations techniques et technologiques des métiers.



Accompagner les parcours, depuis le stage de découverte, à l'alternance, en passant par des parcours de mobilité au sein de la filière. L'objectif est également de concevoir des dispositifs de formation continue afin de permettre l'acquisition, l'adaptation et le développement des compétences tout au long de la vie professionnelle pour garantir l'employabilité des salariés au sein de la filière des réseaux électriques et plus largement au sein de l'industrie.

Les partenaires de la filière se fixent l'objectif de **démarrer ce nouveau programme à partir de la rentrée 2023**, à travers :

- la co-construction avec l'Éducation nationale des formations des personnels de l'éducation en matière de réseaux électriques,
- la participation au renforcement du dispositif d'orientation au collège dès la classe de 5e,
- le soutien au système éducatif par la contribution de professeurs d'électrotechnique,
- et surtout la création de classes « réseaux électriques » dans les lycées professionnels, accompagnées de dispositifs de mentorat et d'une forte implication des entreprises au sein de ces établissements.

Intégration dans le réseau – Le Recrutement

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

Pour faire face à une croissance d'activité forte, et dans une perspective de croissance continue pour les années à venir, Enedis et RTE ont une ambition forte en matière de recrutement : **3 900 collaborateurs seront recrutés en 2023, dont 2 000 sur des postes en CDD/CDI et 1 900 en alternance.** Chez Enedis et RTE, entre 25 et 30 % des recrutements en CDI sont issus de l'alternance.

Les 3 grands défis d'Enedis et de RTE, de leurs collaborateurs actuels et des futurs :



Défi technique : Transformer le plus grand réseau d'Europe pour en faire un réseau connecté et pilotable.
Leur mission : garantir la qualité et la sécurité des réseaux de transport et de distribution d'électricité sur la durée, pour les Français. Les profils recherchés pour cette mission : électrotechniciens, du CAP au BAC +2/3



Défi technologique : Créer un service public de la transition écologique au service des clients.
Leur mission : protéger les données de leurs clients, grâce aux dernières technologies.
Les profils recherchés pour cette mission : ingénieur en cybersécurité, expert des systèmes électriques, BAC+5 et écoles d'ingénieur



Défi écologique : Enedis et RTE raccorderont des centaines de milliers de producteurs d'énergies renouvelables d'ici 2030.
Leur mission : mettre tout en œuvre pour réduire concrètement les émissions de CO2 et participer à la neutralité carbone.
Les profils recherchés pour cette mission : chargés d'affaires raccordement, chefs de projet raccordement, du BAC+2/5

Les femmes à l'honneur du recrutement :

Pour Enedis et RTE, la diversité des profils, des parcours et la mixité dans les équipes sont sources de créativité et d'enrichissements mutuels. En 2022, les femmes représentaient **24 %** des collaborateurs d'Enedis et de RTE. La féminisation est un enjeu majeur des deux entreprises 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 et RTE travaillent 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 Raoul Mortier

Formations post-bac

- > 12 étudiants en **BTS MSE éolien** /an
12 stagiaires **BZEE NetWork** /an
- > Habilitations :
 - 4 modules GWO BST pour tous
 - Électrique : B2V, BR, BC, H0V et H1V
- > Partenaires :



Pôle formation UIMM Bretagne

Formations post-bac

- > **Bachelor Maintenance Avancée spécialité Éolien** (BAC + 3)
- > **Technicien de Maintenance spécialité Éolien** (BAC et BAC +2)
- > **Technicien Supérieur en Maintenance engins sous-marins** (BAC + 2)
- > Partenaires :



Ecole Centrale Méditerranée

Mastère spécialisé

- > **Expert en Ingénierie Marine et Eolien Offshore**
- > Débouchés :
Ingénieur d'études pour la conception de parcs éoliens en mer ou de composants, directeur de projet conception parcs d'éoliennes en mer...
- > 98 % des diplômés sont embauchés à la sortie de leur formation
- > Partenaires :
Mastère délivré avec



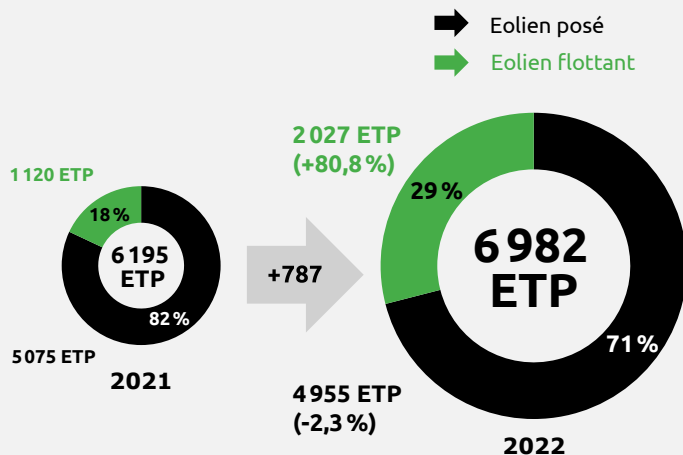


Focus sur l'observatoire des énergies de la mer

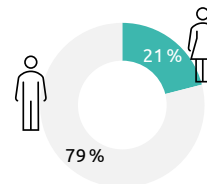
Les chiffres clés de l'éolien en mer en 2022 et des EMR (énergies marines renouvelables)



**ETP (emplois temps plein)
dans l'éolien en mer**



Répartition hommes / femmes
des ETP dans les EMR



61

≈2 Mds€ de CA

global de la filière en 2022, qui est un record (+43% VS 2021)
dont 543M€ à l'export

3,2 Mds€ investis en 2022

dont 87% par les développeurs-exploitants pour la
construction des parcs et leurs raccordements.

Source : Observatoire des énergies de la mer 2023

Focus sur l'observatoire des énergies de la mer

La très forte croissance des ETP est liée au parc de Saint-Nazaire, aux projets pilotes et à l'export

3 emplois sur 5 en Normandie et dans les Pays de la Loire

grâce aux grandes implantations industrielles

+ 424 ETP dans les Pays de la Loire

notamment grâce à la mise en œuvre du parc de Saint-Nazaire

+ 53 % d'ETP en Occitanie et PACA

notamment grâce à la construction de projets pilotes en Méditerranée

+ 300 M€ dans l'export

L'export crée 28 % du CA

Source : Observatoire des énergies de la mer 2023





Focus sur l'observatoire des énergies de la mer

Les entreprises attributaires des lots de construction pour l'éolien en mer illustrent la mise en place d'une chaîne de valeur française

Projet	SAINT-NAZAIRE		SAINT-BRIEUC		FÉCAMP		COURSEULLES-SUR-MER	
Activités	Fabrication	Installation	Fabrication	Installation	Fabrication	Installation	Fabrication	Installation
Poste terrestre	Hitachi Siemens et GE	Eiffage Energies	Hitachi et Siemens	SPIE	Hitachi et Siemens	Omexom	Siemens	Omexom
Raccordement terrestre	Prysmian	Omexom et Eiffage	Nexans	Omexom	Prysmian	SPIE, Bouygues, SPAC	Prysmian	Sadertelec
Raccordement inter-éoliennes	SILEC (groupe Prysmian)	LD Travocean	Prysmian	Prysmian	Prysmian	Prysmian / ASSO Divers	Prysmian	Prysmian / Asso Divers
Raccordement maritime	Prysmian	Prysmian	Nexans	Nexans	Prysmian	Prysmian	Prysmian	Prysmian
Fondation sous-station	Chantiers de l'Atlantique / Rosetti Marino	DEME	Iemants (Smulders)	Salpem	Chantiers de l'Atlantique / Rosetti Marino	DEME	Chantiers de l'Atlantique / Rosetti Marino	DEME
Sous-station en mer	Chantiers de l'Atlantique / GE Grid Solutions	DEME	Fabricom (EQUANS / Smulders)	Salpem / Global service maritime	Chantiers de l'Atlantique / GE Grid Solutions	DEME	Chantiers de l'Atlantique / GE Grid Solutions	DEME
Fondations des éoliennes	Eiffage	DEME	Navantia	Van Oord	Bouygues TP	Salpem / Boskalis	EEW SPC et Bladt (sous-traitance de SAIPEM)	SAIPEM
Mâts	GE Renewable Energy	SODRACO (groupe Jan de Nul) / GE Renewable Energy	Halze Breizh / SPIE	Siemens Gamesa / Fred Olsen Windcarrier	GRI & Windar	Siemens Gamesa / DEME	À définir	Siemens Gamesa
Éoliennes	GE Renewable Energy	GE Renewable Energy	Siemens Gamesa		Siemens Gamesa		Siemens Gamesa	

Réalisé
 En cours
 Non réalisé

État des lieux des parcs en construction au 31/12/2022

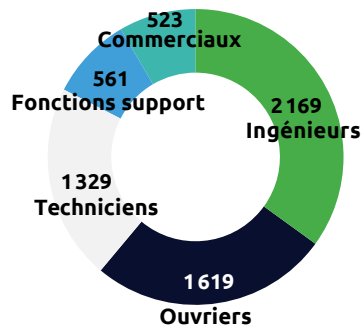
Source : Observatoire des énergies de la mer 2023

Focus sur l'observatoire des énergies de la mer



71 formations préparent aux métiers des EMR dans des fonctions très diverses

Répartition des ETP EMR
selon leur fonction*



*chez les prestataires et fournisseurs de la chaîne de valeur

1 700 nouveaux postes

prévus dans la filière en 2023

71 formations

en lien avec les EMR ont été recensées

Malgré des **chiffres prometteurs quant à la création d'emplois** EMR, la filière a encore du mal à recruter. Les **formations sont jugées insuffisantes** par la moitié (52 %) des entreprises interrogées, ce qui pousse 17 % d'entre-elles à avoir leur propre centre de formation.

TOP 5 des métiers les plus difficiles à recruter

- 1 Ingénieur (HSE, bureau d'études)
- 2 Electricien
- 3 Technicien de maintenance
- 4 Soudeur
- 5 Chaudronnier

64

Source : Observatoire des énergies de la mer 2023

3

Marché et économie de l'éolien en France en 2022

65

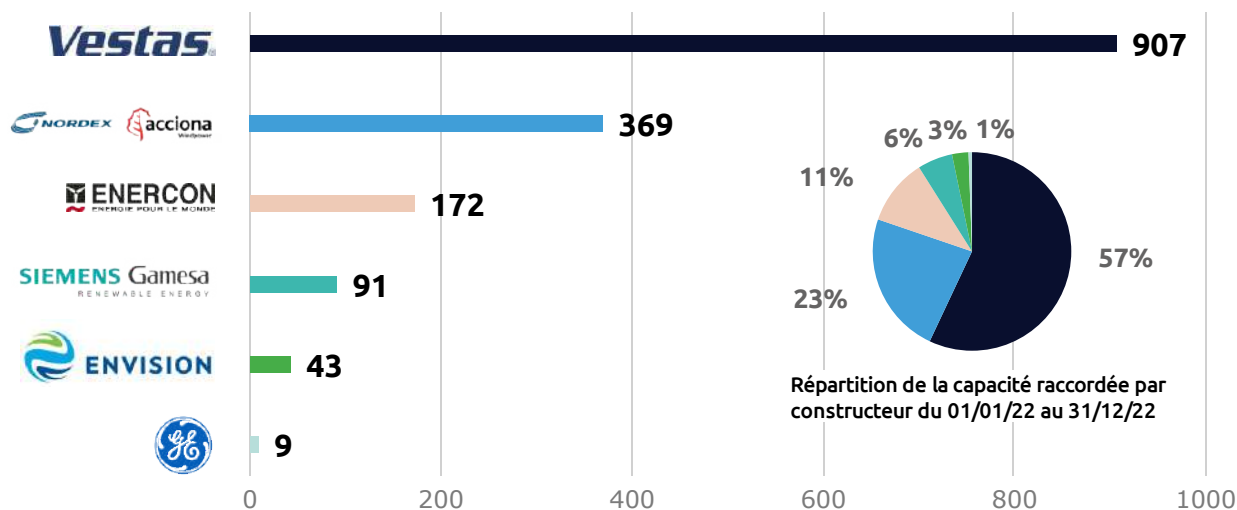
LE MARCHÉ

Capgemini  invent France
Energie
Eolienne

Bilan du marché de l'éolien terrestre

1,59 GW de capacité éolienne terrestre raccordés en France en 2022

MW raccordés par les 6 principaux constructeurs du 01/01/22 au 31/12/22



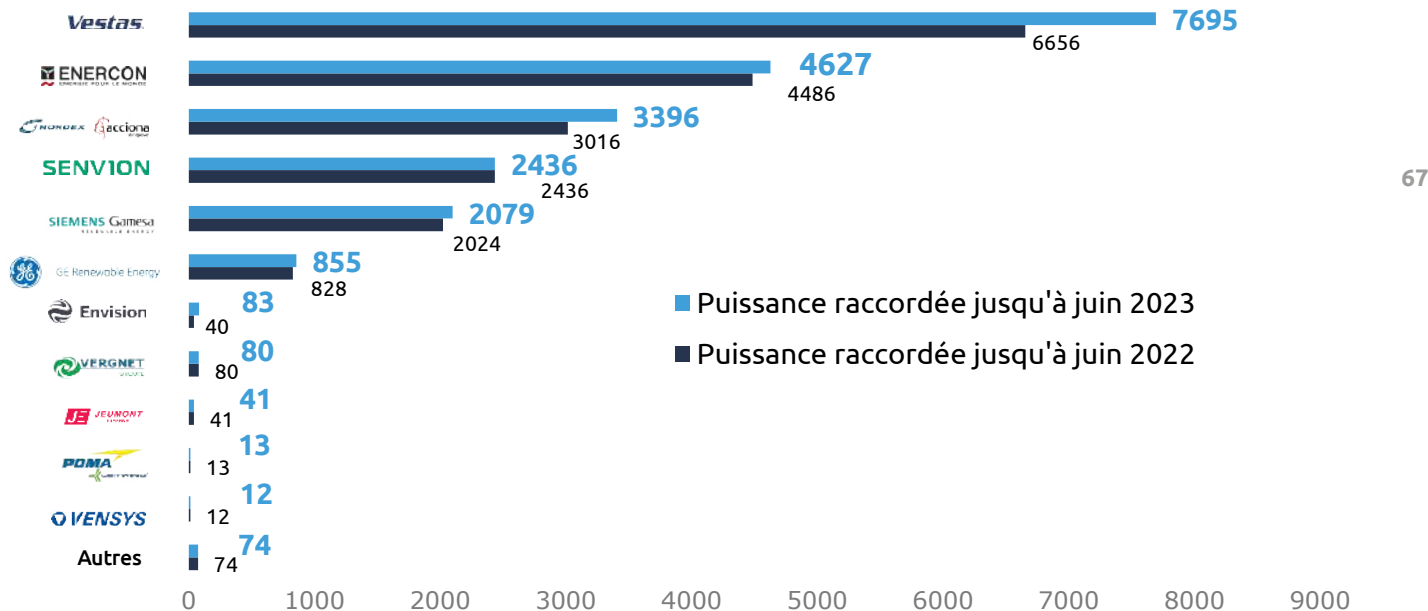
66

Source : Etude FEE, 2023

Bilan du marché de l'éolien terrestre

La puissance cumulée en service en France pour l'éolien terrestre au 30 juin 2023 est de 21,39 GW

MW en service par constructeur (arrondi au MW)

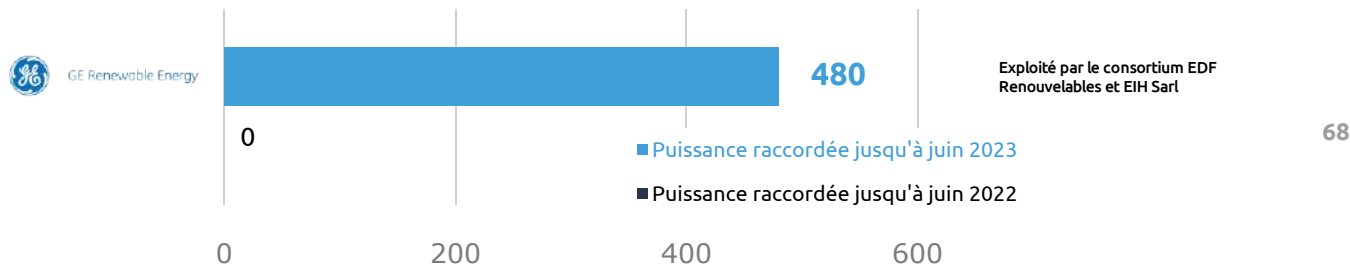


67

Bilan du marché de l'éolien en mer

La puissance cumulée en service en France pour l'éolien en mer au 30 juin 2023 est de 0,48 GW

MW en service par constructeur (arrondi au MW)¹



SIEMENS Gamesa
RENEWABLE ENERGY

La mise en service complète du parc de Saint-Brieuc (496MW) est prévue pour le second semestre 2023 et celle du parc de Fécamp (497 MW) pour le premier semestre 2024.²

Sources : ¹Etude FEE, 2023

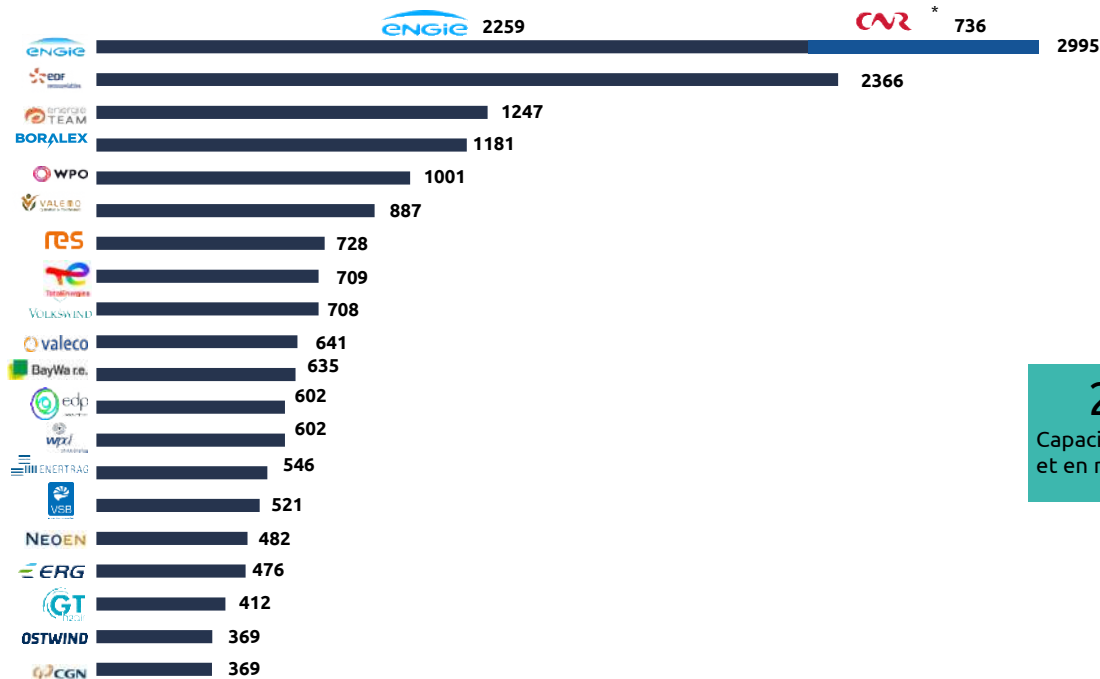
²<https://www.actu-environnement.com/ae/news/energies-renouvelables-acceleration-premier-trimestre-2023-41884.php4>

<https://www.actu-environnement.com/ae/news/eolien-mer-ailes-marines-installation-parc-saint-brieuc-41758.php4>

Bilan de la puissance raccordée

Top 20 des exploitants éoliens terrestre et en mer en France au 30 juin 2023

MW en service exploités en direct et pour compte de tiers



21 869 MW

Capacité installée éolien terrestre et en mer au 30 juin 2023

Source : Etude FEE, 2023

*Les MW CNR sont exploités à hauteur de 502 MW par Energieteam et 108 MW par Engie Green, le reste par des tiers

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...

70

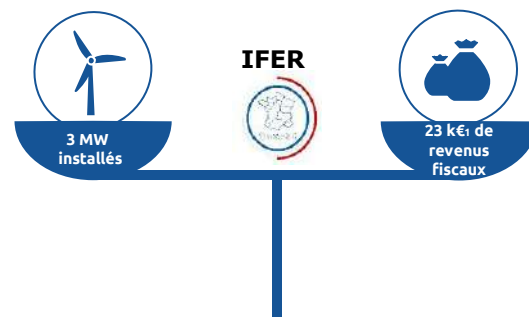


*EPCI = Etablissement Public de Coopération Intercommunale

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**. Le tarif de l'IFER éolien est fixé **pour 2022 à 7820 € par MW** de puissance électrique installée au 1er janvier de l'année d'imposition. L'Etat perçoit également un prélèvement supplémentaire de 3% du montant des sommes perçues au titre de l'IFER.



71

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	

Sources : Economie.gouv.fr ; Journal de l'éolien

¹Minimum touché, d'autres revenus peuvent s'ajouter comme la Cotisation sur la Valeur Ajoutée des Entreprises, la taxe foncière ou le Certificat Économie Énergie

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 annuelle***
 5	2,3 Millions d'€	117 300 €/an	• Communes/EPCI : 82 110€ • Département : 35 190€
 10	4,7 Millions d'€	234 600 €/an	• Communes/EPCI : 164 220€ • Département : 70 380€
 15	7 Millions d'€	351 900 €/an	• Communes/EPCI : 246 330€ • Département : 105 570 €

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

*pour une éolienne de 3MW - ** 7 820€/MW selon la norme IFER - ***Répartition selon la norme IFER

Sources : [MMA](#) ; Journal de l'éolien ; Economie.gouv.fr

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 m²/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 **transformées 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**¹.



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**².
- 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 : ¹ « Paroles d'élus », France Energie Eolienne ; ² Eoliennes et immobilier, Ademe, 05/2022

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)¹.

74

Exemples clés

SNCF / CNR (Vensolair)

Type : Greenfield*

Durée : 25 ans

Volume : 88 GWh / an

Signé en juillet 2023, il s'agit du plus gros PPA éolien en France. Il couvre l'équivalent de la consommation annuelle du RER D.

*Un PPA est dit « greenfield » lorsqu'il aboutit à la création de nouveaux actifs

Leroy Merlin/Voltaia

Type : Greenfield*

Durée : 23 ans

Volume : 60 GWh / an

Signé en 2023, ce premier CPPA éolien greenfield doit couvrir l'équivalent de 20 % de la consommation électrique de Leroy Merlin.

Sources : 1 Capgemini Invent

L'éolien en mer

Le premier parc éolien en mer français produit depuis 2022, et ce n'est que le début d'une longue série

Projets éoliens en mer en développement
sur les façades maritimes françaises



Source : Etat des lieux des projets, eoliennesenmer.fr

Avec **3 500 km de côtes**, la France métropolitaine dispose du **2^{ème} plus grand potentiel éolien d'Europe**.

La construction de nombreux projets d'éoliens en mer posés et flottants permettrait d'atteindre **plus de 5,3 GW d'ici 2028**, suivant ainsi l'ambition de la PPE pour l'éolien en mer.

75

Réseaux électriques existants

Lignes 225kV

Lignes 400kV

Etapes du projet

Debat public ou concertation

Mise en concurrence

En développement

Obtention des autorisations

En travaux

En service

Eolien posé AO1 et AO2
(mise en service à l'horizon 2025)

Eolien posé AO3
(mise en service à l'horizon 2027)

Eolien posé AO4
(mise en service à l'horizon 2030)

Eolien flottant AO5
(mise en service à l'horizon 2030)

Eolien flottant AO6
(mise en service à l'horizon 2030)

Eolien posé AO7
(mise en service à l'horizon 2030)

Eolien posé AO8
(mise en service à l'horizon 2031)

Eolien flottant (pilote)



44,9 €/MWh, prix du dernier
appel d'offre éolien en mer (AO4)

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 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 en mer, quant à elle, se donne l'objectif **de quadrupler le nombre d'emplois 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 projets¹.

Sources : Etude FEE, Observatoire des énergies de la mer 2021
¹ Pacte éolien en mer entre l'Etat et la filière, eoliennesenmer.fr

L'éolien en mer

L'éolien en mer posé et flottant :
deux technologies se développant
dans les eaux françaises

Exemples d'installations éoliennes en mer :



Source : FEE, <https://www.eoliennesenmer.fr/>

LE MARCHÉ



L'éolien en mer posé

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

- **1 parc est en activité (0,48 GW)**
- 5 parcs sont actuellement en construction (2,45 GW)
- 3 autres appels d'offres sont en cours (3,5 GW)

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

77



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.

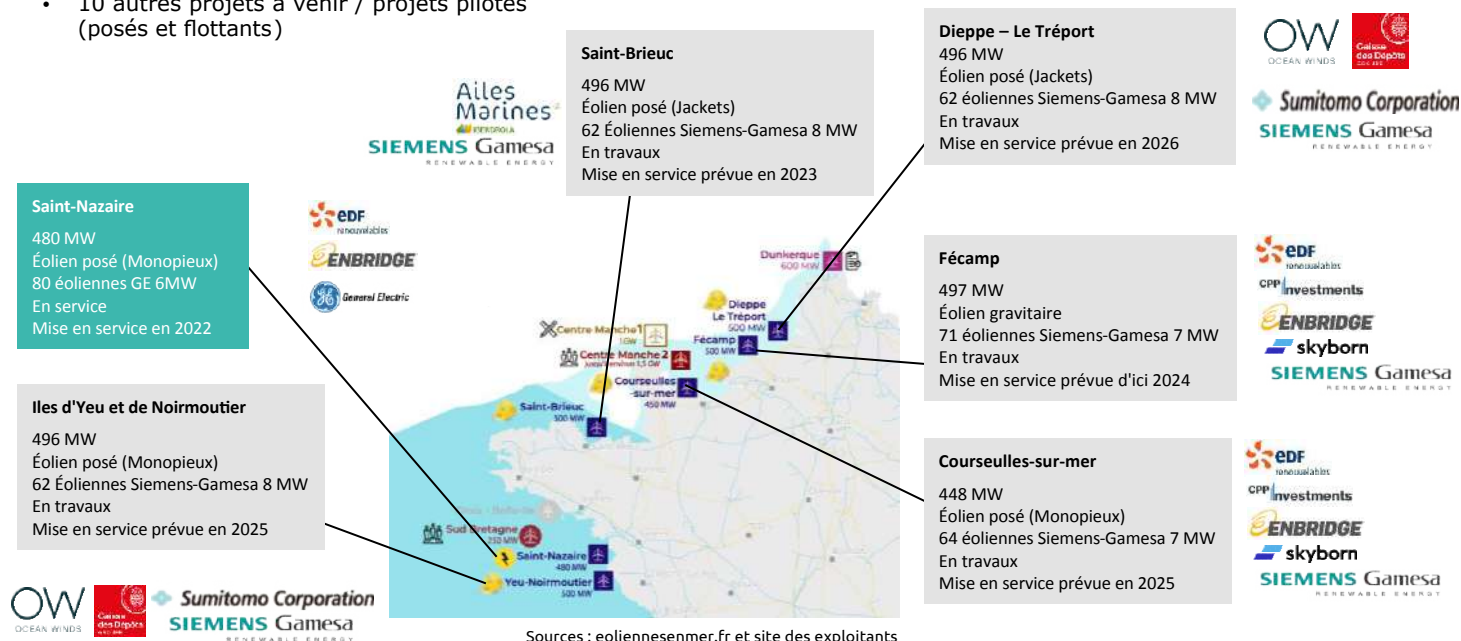
- **2 appels d'offres sont en cours (0,75 GW)**
- 3 projets pilotes sont en construction (0,9 GW)

L'éolien en mer

Zoom sur l'avancement des projets

Etat des lieux en 2022 :

- **1 parc en service (posé)**
- **5 projets en construction (posés)**
- 10 autres projets à venir / projets pilotes (posés et flottants)



78

Sources : eoliennesenmer.fr et site des exploitants

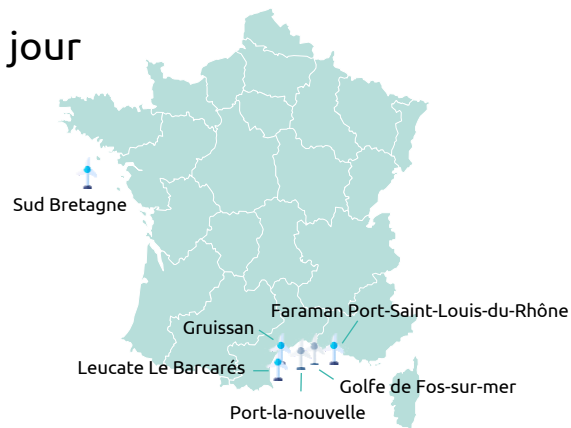
L'éolien flottant

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**.

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



79

Projet	Type	Puissance	Partenaires industriels
Faraman-Port-St-Louis-du-Rhône - Provence Grand Large	Ferme pilote	24 MW (3 éoliennes)	edf, EDF, SIEMENS Gamesa
Gruissan - Eolmed	Ferme pilote	30 MW (3 éoliennes)	Qair, BW, Ideol, Vestas, Archi'Zones, Port La Nouvelle
Leucate-Le Barcarès - Eoliennes flottantes du golfe du Lion (EFGL)	Ferme pilote	30 MW (3 éoliennes)	OW, Principle Power, EUROPORTS, Vestas
Golfe de Fos-sur-mer	Futur parc	250 MW	Appel d'offre en cours
Large de Port-la-Nouvelle	Futur parc	250 MW	Appel d'offre en cours
Bretagne Sud	Futur parc	250 MW	Appel d'offre en cours

Sources : Observatoire des énergies de la mer 2021 eoliennesenmer.fr

L'éolien flottant

Ferme pilote de Port-La-Nouvelle

eolmed

Contexte et description du projet

Un des premiers projets 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.

80

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

Développeur

Co-développeur

Turbine

Fondations

Financement
participatif

Qair



TotalEnergies

Vestas

BW *ideol*

enerfip

Source : Vestas * Liste non exhaustive

LE MARCHÉ

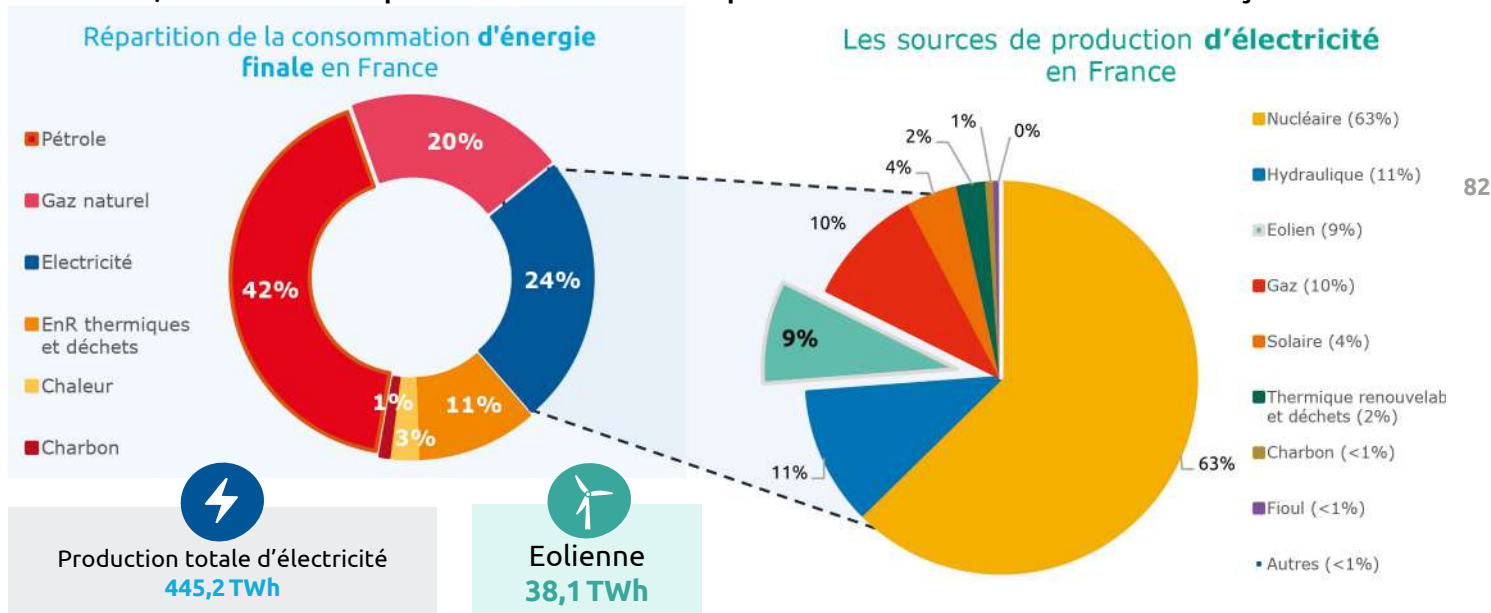
4

Bilan et perspectives

81

La place de l'éolien dans le mix énergétique français en 2022

L'électricité correspond à **25 %** de la consommation d'énergie en France.
En 2022, l'éolien a représenté **9 %** de la production d'électricité française.



Sources : RTE Bilan électrique 2022 et Chiffres clés de l'énergie 2022, Ministère de la transition écologique

Chiffres clés de l'éolien en 2022



2,1 GW²

de capacité éolienne
terrestre et en mer
installée et raccordée en
2022



38,1 TWh²

d'électricité produite à
partir d'énergie éolienne



642 éoliennes¹

installées en 2022



2,6 M foyers

pouvaient être fournis
en électricité de source
éolienne

83

Les chiffres clés



Près de **9 500 éoliennes** en France fin 2022 réparties sur près de **2 262 parcs³** (Dont 2 en mer).



La capacité éolienne installée en 2022 est en **hausse par rapport à 2021** durant laquelle 1,2 GW avait été installé. **1,3 GW éolien supplémentaire** aurait dû être installé en 2022 en vue de respecter les objectifs PPE. La France est ainsi le seul pays européen en retard sur ses objectifs annuels de développement d'ENR&R.



L'année 2022 a été marquée par l'ouverture du premier parc éolien en mer au large de Saint-Nazaire d'une capacité de 480 MW.



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

Sources :
Données FEE

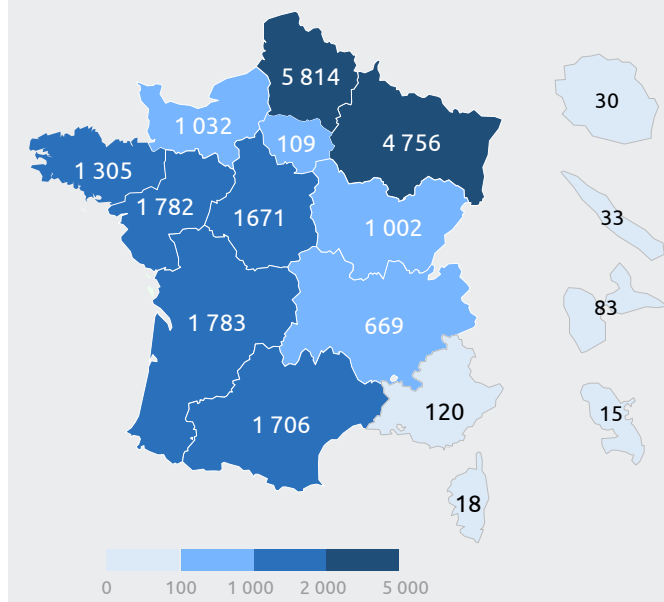
² Bilan électrique 2022, Etude FEE

³ Transition énergétique.eco et wind Power

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

Puissance totale des parcs éoliens raccordés (MW) par région au 30 juin 2023



Source : Etude FEE, 2022 ¹entre juin 2022 et juin 2023

Les capacités éoliennes sont réparties sur l'ensemble du territoire français, **avec près de 2 200 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.

D'autres régions poursuivent leur progression comme la **Nouvelle-Aquitaine** (+234 MW¹) ou le **Centre-Val de Loire** (+171 MW¹)

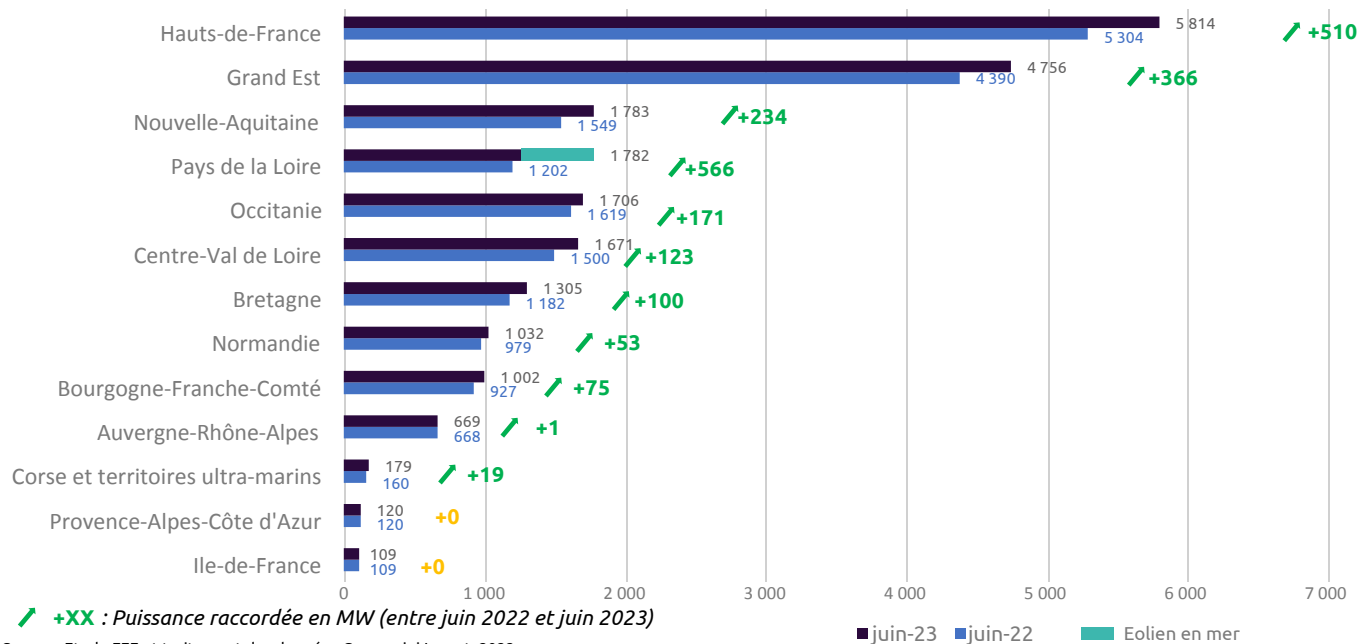
Quant au **Pays de La Loire**, ils peuvent compter sur la mise en service du premier parc d'éolien en mer de Saint-Nazaire (+480 MW)

9 régions sur 13 comptent plus de **1 000 MW** de puissance éolienne raccordée sur le réseau à fin juin 2023

Évolution de la puissance raccordée

La puissance raccordée augmente en France de plus d'un GW, avec 7 régions ayant installé plus de 100 MW en 2022

Croissance des puissances raccordées par région



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

Chiffres clés de l'éolien en 2022

La capacité installée augmente significativement en 2022

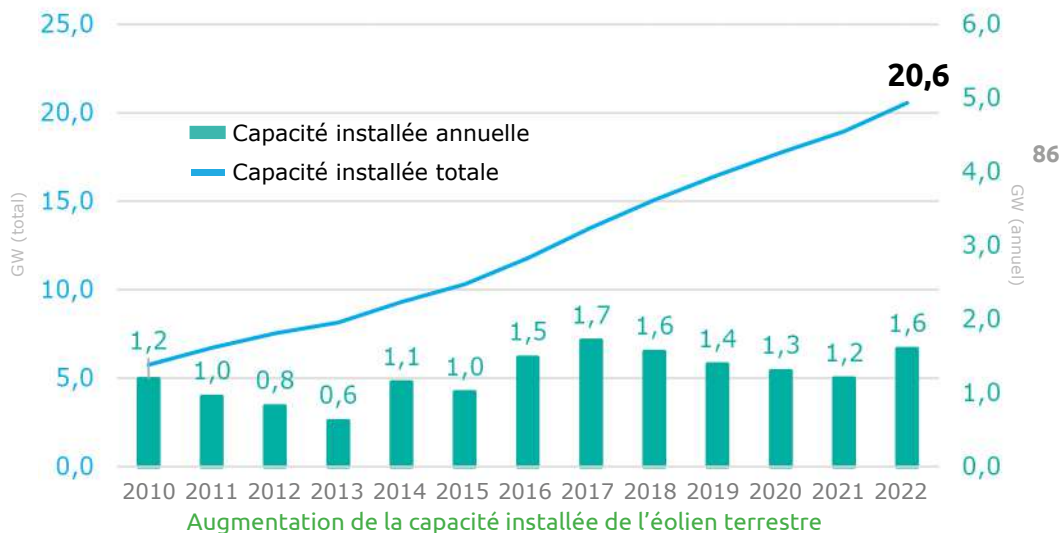
Capacité installée en 2022
(terrestre + en mer)

+ 2,1 GW
2022

+ 0,48 GW
en mer

+ 1,6 GW
terrestre

21,1 GW
cumulés à fin
2022



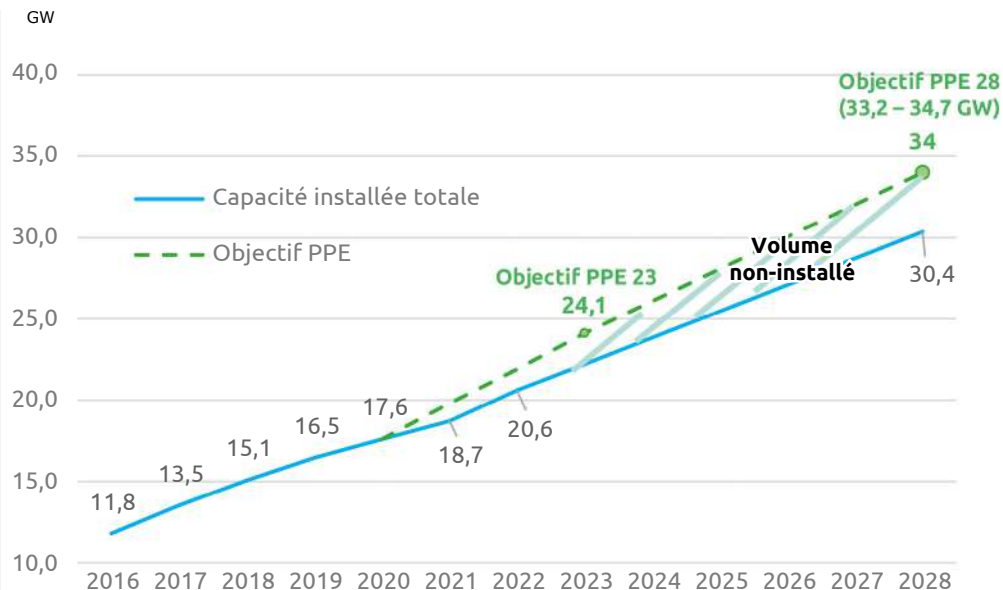
Source : RTE / Etude FEE
Le détail par année est disponible en annexe

Objectifs PPE

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 2020¹. Deux objectifs éoliens ont été définis pour 2023 (24,1GW) et 2028 (33,2-34,7)

Toutefois, la France est en retard dans l'atteinte de ses objectifs.



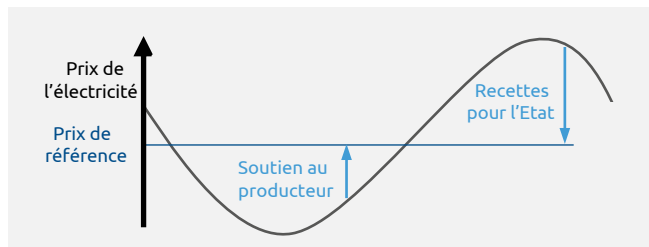
Accumulation des retards d'installation par rapport à la PPE pour l'éolien terrestre

Source : ¹Décret d'application de la PPE, publié au JO le 23/04/2020 + SDES 2020 - ²Données RTE + projection linéaire

L'éolien, une source de revenus pour l'État

Les retards d'installation par rapport à la PPE provoquent un manque à gagner de plusieurs milliards pour l'État

Principe du complément de rémunération¹



10 milliards d'€ de recettes pour l'Etat en cas d'atteinte des objectifs de la PPE en 2028⁴



1,1 milliard d'€ de manque total à gagner possible pour l'Etat en 2028 si l'Etat ne respecte pas les objectifs PPE⁴

Les revenus générés par l'éolien pour l'État^{2 et 3}

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 (terrestre et en mer) reversera 6,3 milliards d'euros à l'État au titre de 2022 et 2023³

L'atteinte des objectifs de la PPE permettrait à **l'État une recette nette estimée à 10 milliards d'euros d'ici à 2035⁴**.

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

Sources :

¹ Base de données FEE

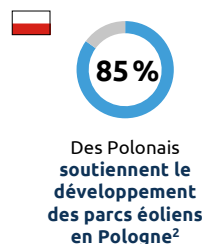
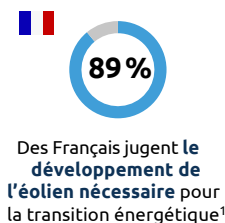
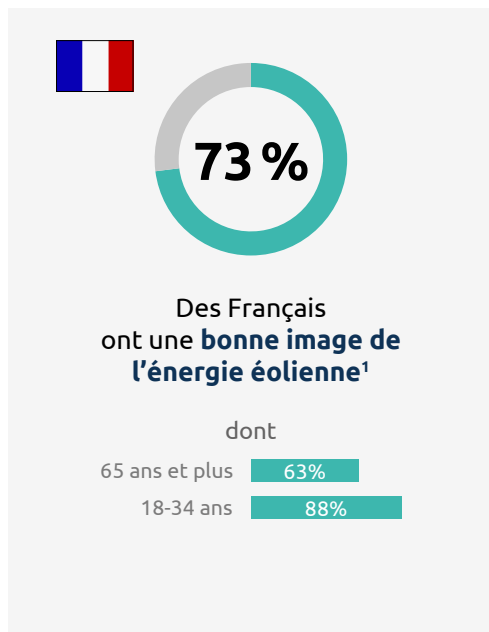
² Les revenus de l'éolien français reversés à l'État, FEE

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

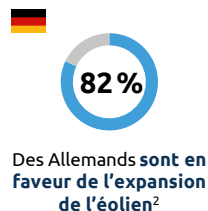
⁴ Hypothèse : Projection CSPE avec des conditions de marché similaires à aujourd'hui

L'adhésion des Européens à l'éolien

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



89



Sources : ¹Harris Interactive, 2021 ; GreenUnivers - « Baromètre du financement participatif des EnR » Baromètre IRSN

²Base de données FEE

L'adhésion des Français à l'éolien

Les projets de production d'énergie renouvelable des citoyens se multiplient en France

L'énergie citoyenne, décidée, financée et produite en circuit-court **par les habitants** met en valeur les ressources naturelles locales du territoire par la production d'énergie renouvelable. Elle implique directement les **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€/kWh¹.**

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



314 projets citoyens d'énergies renouvelables²
Dont 37 dans l'éolien
(2nde place après le solaire)



Initiatives citoyennes éoliennes



1 219,2 GWh produits par an
Dont 975,46 GWh dans l'éolien



+ de 100 M€ collectés en financement participatif pour les énergies renouvelables³

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 (4,1 MW¹)

Top des turbines les plus installées en 2022²

	Modèle	Constructeur	Puissance unitaire (MW)	Hauteur de mat (France)	Puissance installée (MW)
1	N117	 	3 à 3,7	76-120m	220,8
2	V100		2 à 2,2	75-100m	176,8
3	V110		2 à 2,2	85-120m	169
4	V150		4 à 4,2	105m	154
5	V126		3 à 3,8	87-137m	143,2
6	N131	 	3 à 3,6	84-120m	108,6
7	V117		3 à 4,2	87-92m	69,9
8	V136		3 à 4,2	97-112m	66
9	V112		3 à 3,3	94m	65,7
10	E-138		4,2	111 à 131	54,6
11	SG3.X-132		3	84 à 114	54

Sources : WindEurope – Wind energy in Europe – 2022¹ Etude FEE, 2023²

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 2023 (cumul)

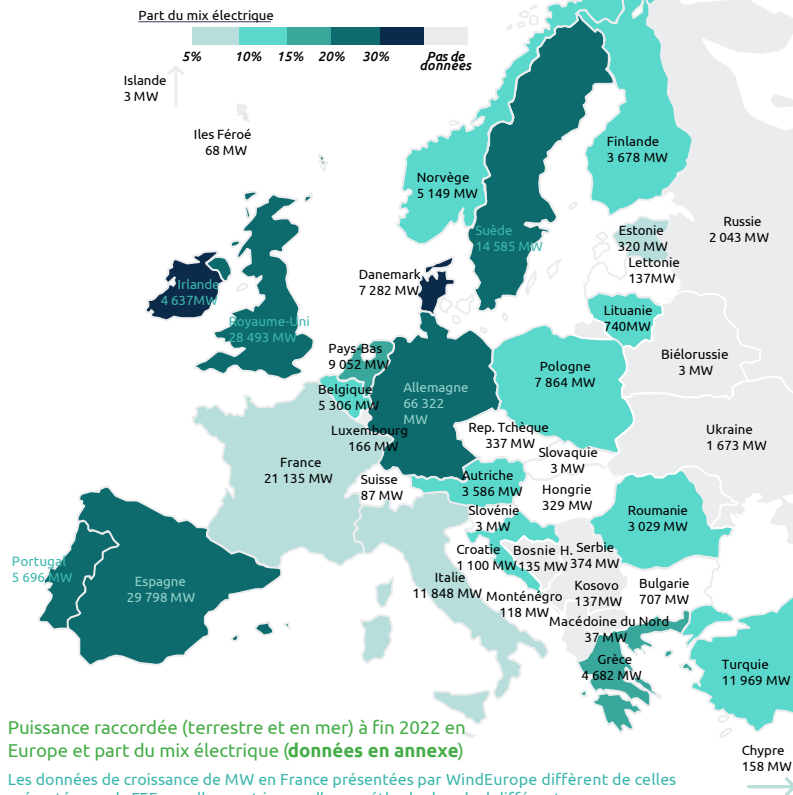
	Modèle	Constructeur	Puissance unitaire (MW)	Taille du rotor / hauteur	Puissance cumulée (MW)
1	V100		1,8 à 3,8	75-150m	1758
2	E-82		1,5 à 3	59-108m	1717
3	V90		2 à 3	78-145m	1680
4	E-70		2 à 2,35	54-99m	1524
5	MM-92		2	59-100m	1508
6	N117		2,4 à 3,7	91-120m	1124
7	V110		2 à 2,2	80-125m	869
8	N90		2,3 à 2,5	125-145m	844
9	V112		2 à 3,6	69-119m	779

Aucun des modèles les plus installés en France n'a une puissance unitaire supérieure à la moyenne des turbines terrestres Européennes (4,1 MW)¹ La hauteur des turbines françaises est également inférieure à la moyenne européenne (115m contre 130m en Europe)²

Source : Etude FEE, 2023 ¹ Wind Energy in Europe 2021, WindEurope, ²Wood Mackenzie global wind power installation Database Q4 2021

Capgemini invent

France
Energie
Eolienne



Puissance raccordée (terrestre et en mer) à fin 2022 en Europe et part du mix électrique (**données en annexe**)

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.

Sources : WindEurope, « Wind energy in Europe - 2022 »

Le marché éolien français dans le contexte européen

L'Europe de l'éolien poursuit sa croissance, avec des stratégies différentes entre l'éolien terrestre et en mer selon les pays

Total EU-27

204 499 MW

(16 % du mix électrique)

Total Europe

254 788 MW

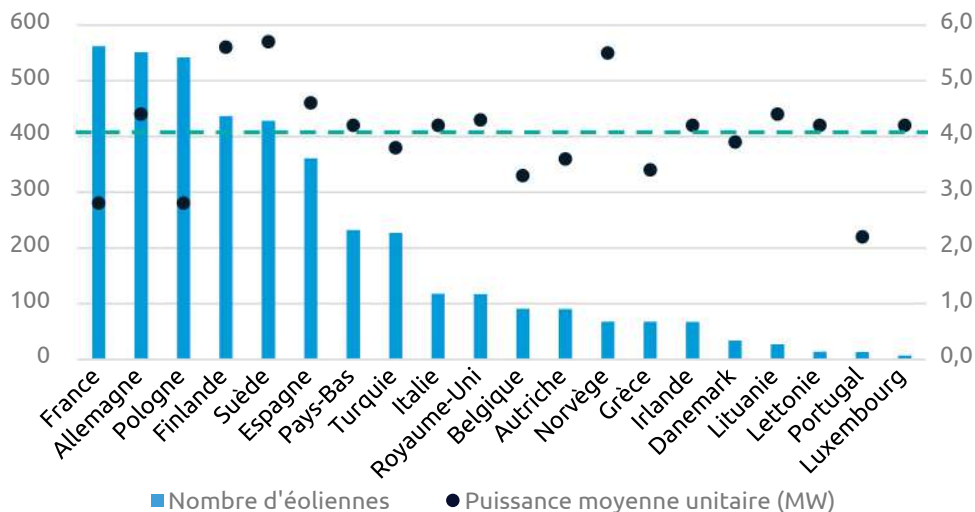
(17 % du mix électrique)

Les pays avec un fort pourcentage d'éolien dans leur mix électrique démontrent la **faisabilité technique** de piloter un réseau avec une forte part d'énergies renouvelables.

Des technologies terrestres qui poursuivent leurs évolutions

La France a installé le plus grand nombre d'éoliennes en Europe en 2022 mais leur puissance est l'une des plus faibles de la région (2,8 MW)

Nombre d'éoliennes installées dans les pays européens en 2022 (terrestre) et leur puissance moyenne unitaire



La moyenne de la puissance unitaire des turbines installées en Europe 2022 est de **4,1 MW**

94

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.

Sources : Wind energy in Europe in 2022

Des technologies en mer qui poursuivent leurs évolutions

Les éoliennes en mer se rapprocheront de la moyenne européenne (8 MW¹) grâce aux futurs parcs

Top des turbines les plus installées en 2022²

	Modèle	Constructeur	Puissance unitaire (MW)	Hauteur de mat (France)	Puissance installée (MW)	Posé ou flottant
1	Haliade 150	 GE Renewable Energy	6		480	Posé

95



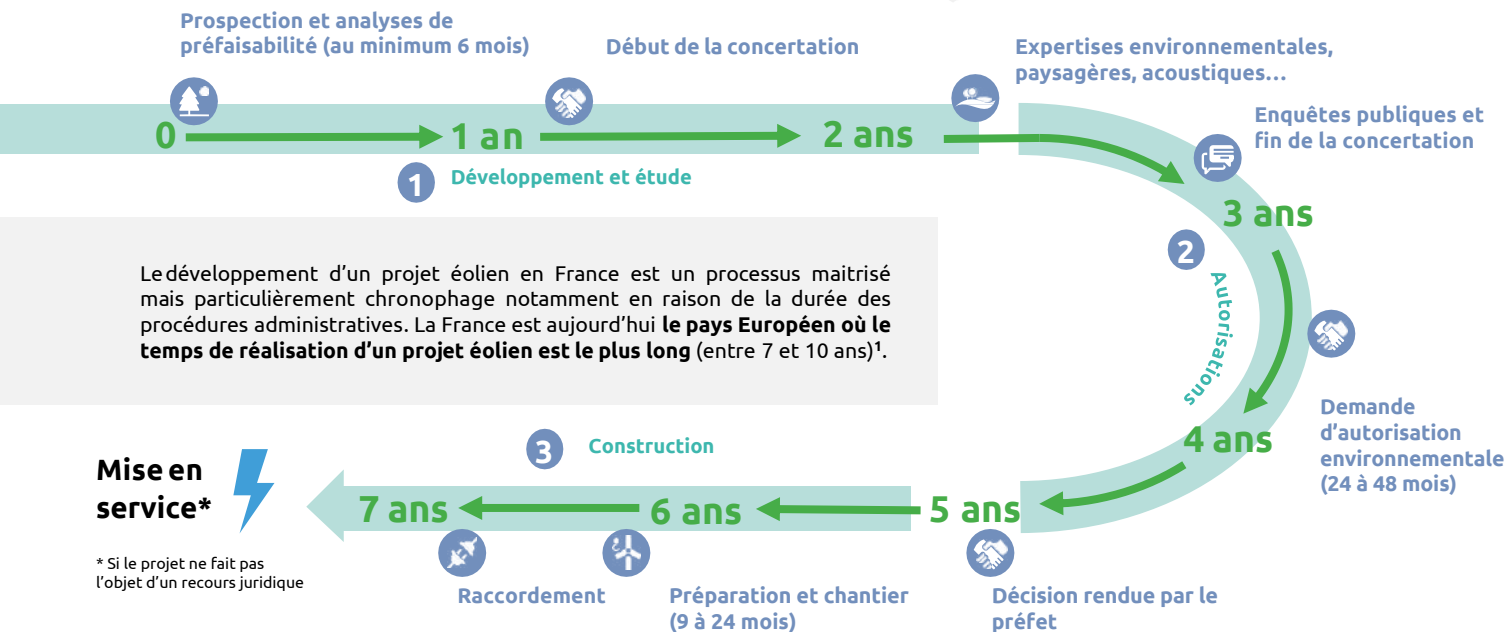
23,8 MW puissance unitaire projetée lors du dernier appel d'offres éolien en mer (AO4)³

Sources : WindEurope – Wind energy in Europe - 2022¹
Etude FEE, 2023³ CRE

La construction d'un projet éolien terrestre

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 terrestre¹



96

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

La construction d'un projet éolien en mer

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 mer¹



Ce qui caractérise les parcs éoliens offshore c'est qu'il y a une **phase de pré-développement** par l'Etat et une **co-construction du cahier des charges** avant de réaliser une procédure classique d'appel d'offre.

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, auxquels s'ajoutent en moyenne 4 ans de recours pour 2/3 des projets.¹



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.²

Contraintes de marché



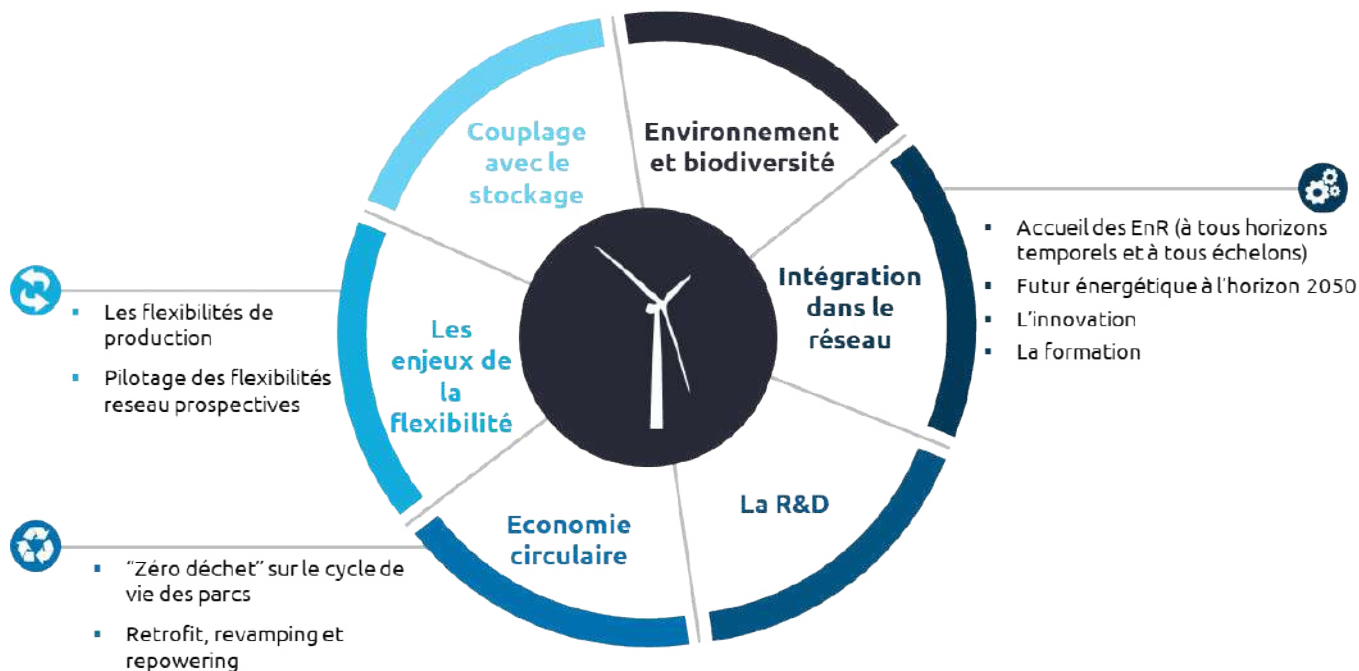
Il peut y avoir une variation importante des prix de construction (machines, raccordement, génie civil) entre la réponse des constructeurs aux appels d'offres et la confirmation des commandes: ainsi, les prix ont augmenté de 30 % depuis septembre 2021.

Sources : ¹La réglementation en France, FEE ;

²Renouvellement des parcs éoliens entre ambitions et contraintes, lemondedelenergie

Introduction aux grands enjeux

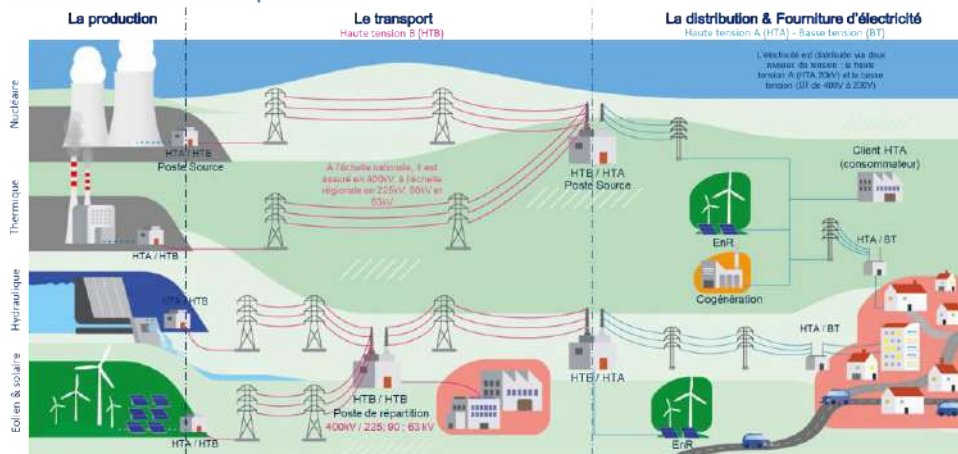
L'éolien doit relever de nombreux défis lors de son développement



Intégration dans le réseau à tous les échelons

Enedis et RTE accélèrent le raccordement d'énergies renouvelables

Architecture du réseau électrique en France



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

Enedis et RTE développent les réseaux pour **raccorder 2 fois plus d'énergies renouvelables terrestres d'ici 2035** qu'au cours des 10 années précédentes.

100

55 %

L'électricité, c'est 55% de la consommation de l'énergie finale en France en 2050, contre 24% en 2021.¹

+ 135 GW minimum

Au minimum 135 GW de puissance installée des filières éoliennes (mer et terrestre) et solaire en 2050, contre 37 GW en 2022.¹

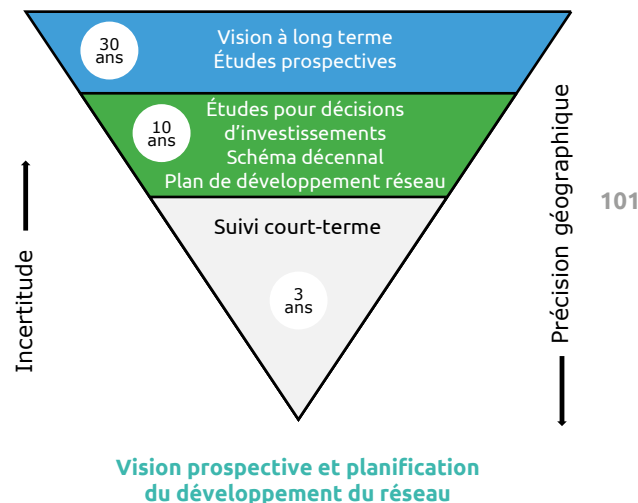
Sources : ¹RTE

Intégration dans le réseau à tous les échelons

Le raccordement s'étale sur différents horizons temporels

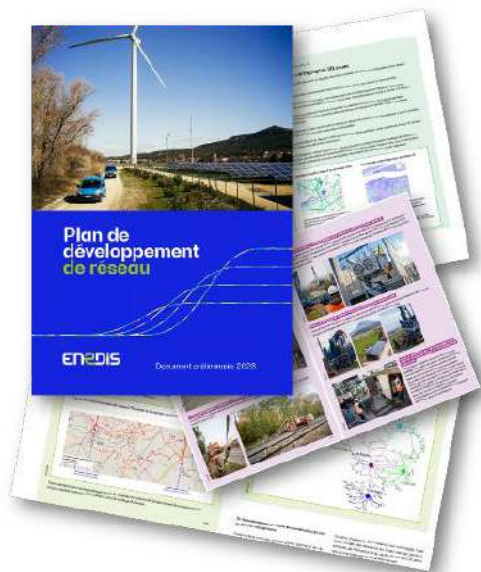
Le développement du réseau de transport se fait sur la base d'études technicoéconomiques, à différents horizons de temps :

- **Le Bilan prévisionnel de RTE** est une étude de l'évolution de l'équilibre entre la production et la consommation d'électricité. Le prochain Bilan Prévisionnel sera publié en septembre 2023 et présentera les évolutions du mix électrique et du diagnostic de sécurité d'approvisionnement à l'horizon 2030-2035; il fait suite aux Futurs Énergétiques 2050, publié en 2022.
- **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. Les travaux sur le SDDR sont lancés fin 2023 et la publication est prévue début 2024.
- **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 à 15 ans.
- **Le Plan de développement de réseau** introduit par le code de l'énergie le 5 mars 2021 et transposant le 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).



Le Plan de développement de réseau

Comme tous ses équivalents européens, Enedis publie un plan de développement de réseau



La publication d'un plan de développement de réseau (PDR) est une **nouvelle obligation réglementaire** pour les gestionnaires de réseaux de distribution (GRD) européens. Il doit :

- être publié tous les deux ans
- être concerté avec les parties prenantes (utilisateurs du réseau, autorités organisatrices de la distribution d'électricité et RTE)
- puis soumis à l'avis de la CRE (qui a le pouvoir d'en demander modification) et du Comité du Système de Distribution Publique d'Electricité
- indiquer à 5 à 10 ans les investissements programmés
- mettre, entre autres, l'accent sur l'intégration des énergies renouvelables et des infrastructures de recharge pour véhicules et le recours aux flexibilités

102

Enedis a publié en mars 2023 un document préliminaire, en attente de la sortie du décret qui précisera le contenu réglementairement attendu d'un PDR.

Ce document a une **vocation pédagogique** : il explique dans un document public inédit les principes clés de développement du réseau et les ordres de grandeur des investissements. Lien vers le site enedis.fr pour accéder au document : <https://www.enedis.fr/nouvelle-france-electrique-horizon-2027-et-2032-enedis-publie-le-document-preliminaire-un-futur>

ENEDIS détaille 5 convictions dans le PDR – document préliminaire :

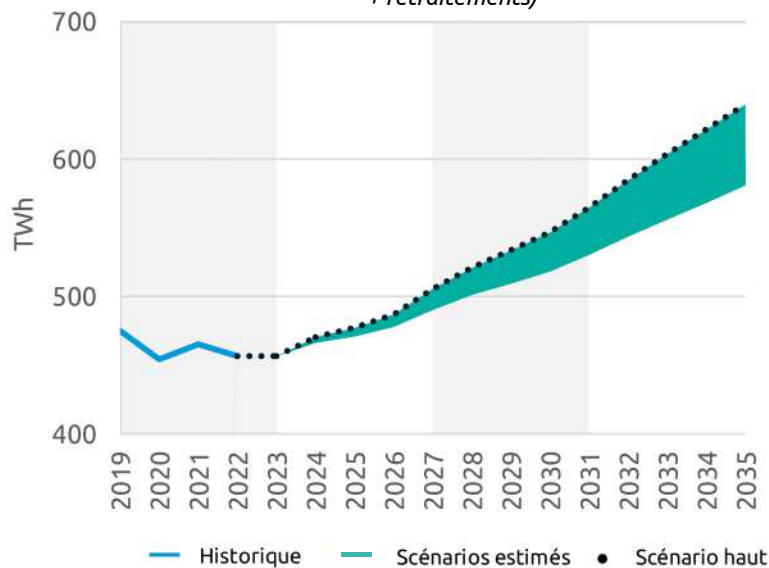
- 1- Le réseau a une valeur collective majeure
- 2- Enedis développe et exploite le réseau dans un cadre de dialogue à la fois national et local
- 3- Un savoir-faire majeur d'Enedis : optimiser et séquencer les investissements
- 4- Des méthodes d'investissement stables dans la durée pour garder un cap...
- 5- ... dont le rythme d'évolution s'accélère avec la transition énergétique



Accélération de la transition énergétique

Les objectifs climatiques et de réindustrialisation à horizon 2035 laissent prévoir une hausse de la consommation d'électricité

Évolution de la consommation d'électricité
(cumul des besoins, déclarés dans la consultation publique
+ retraitements)



Entre 580 et 640 TWh en 2035 dans un scénario d'atteinte des objectifs

Sur la période 2025-2035, croissance plus rapide que dans la trajectoire médiane des *Futurs énergétiques 2050*... mais néanmoins cohérente avec la trajectoire *accélération* qui anticipait les conséquences du futur objectif européen (55 % net).

103

Cette trajectoire permet d'atteindre tous les objectifs publics (décarbonation, réindustrialisation, etc.) mais représente un défi réel.

L'accélération du rythme de développement des EnR est l'un des leviers essentiels pour couvrir ces besoins.



Accélération de la transition énergétique

Objectif pour les EnR : intégrer les conséquences de la loi d'accélération de la production d'énergies renouvelables dans les perspectives de chaque filière

Le besoin et la possibilité d'accélérer sur les EnR, levier essentiel pour accroître rapidement le productible décarboné, sont soutenus par une grande majorité des répondants. Les trajectoires d'accélération du développement des EnR étudiées pour le prochain Bilan prévisionnel, et retenues à l'issue de la consultation publique, sont les suivantes :



Eolien en mer : forte ambition d'accélération du développement de la filière - accélération des mises en service à compter de 2030, sous réserve de massification, standardisation et d'accélération des attributions dans les toutes prochaines années



Solaire : des perspectives importantes mais un modèle spécifique à concrétiser - avec un besoin d'évolution de la nature des surfaces utilisées et un intérêt manifeste pour une relocalisation de la chaîne de valeur en France ou en Europe



Eolien terrestre : un débat politique à intégrer, mais une filière essentielle dans un contexte de croissance des besoins d'électricité - maintien du rythme historique en utilisant au maximum les possibilités du repowering, et enjeu de planification territoriale pour améliorer l'acceptabilité

Trajectoires au Bilan prévisionnel 2030-2035

Basse	Intermédiaire	Haute
Limitée aux mises en service des projets de la PPE2 (10 GW - 35 TWh en 2035)	Quelques mises en service supplémentaires (14 GW - 50 TWh en 2035)	Atteinte du pacte éolien en mer (18 GW - 60 TWh en 2035)
Pas d'accélération concrète (50 GW, soit +3 GW/an - 60 TWh en 2035)	Proche objectifs PPE2 (65 GW, soit +4 GW/an - 80 TWh en 2035)	Relocalisation de la chaîne de valeur (90 GW, soit +7 GW/an - 110 TWh en 2035)
Ralentissement du rythme (30 GW, soit +0,7 GW/an - 65 TWh en 2035)	Maintien du rythme historique (40 GW, soit +1,5 GW/an - 90 TWh en 2035)	Accélération du rythme (45 GW, soit +2 GW/an - 100 TWh en 2035)

104

Intégration dans le réseau à tous les échelons

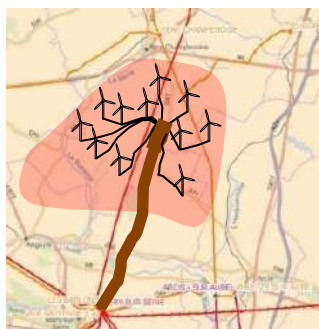
Les S3REnR* sont un outil performant pour anticiper le raccordement des énergies renouvelables avec une bonne visibilité pour les différentes parties prenantes

Avant les S3REnR



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

Avec les S3REnR



Adaptations de réseau élaborées avec une vision globale du gisement à la cible, coûts de création mutualisés.

Les objectifs des S3REnR:



Augmenter la capacité d'accueil des EnR en limitant les nouveaux ouvrages



Donner de la visibilité sur les renforcements et développements décidés



Anticiper les adaptations du réseau pour faciliter l'accueil des EnR



Partager les coûts de création entre les producteurs EnR, via la quote-part* du schéma

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

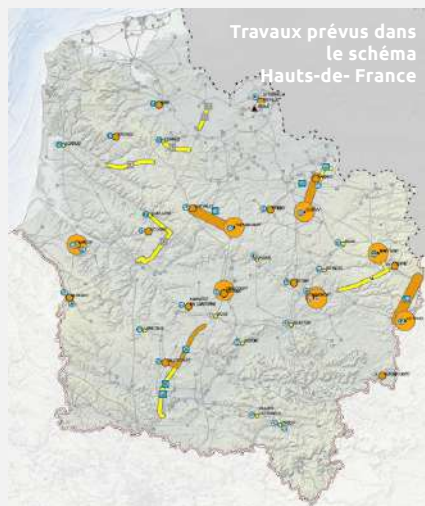
*schéma régional de raccordement au réseau des énergies renouvelables

Intégration dans le réseau à tous les échelons

Le réseau renforcé grâce aux travaux prévus dans le nord de la France

A fin 2022, les S3REnR représentent

- > 58,5 GW de capacités d'accueil d'EnR sur le territoire métropolitain,
- > 5,7 Mds € d'investissements prévus par les gestionnaires de réseau



● Travaux poste

— Création liaison

— Renforcement liaison

106

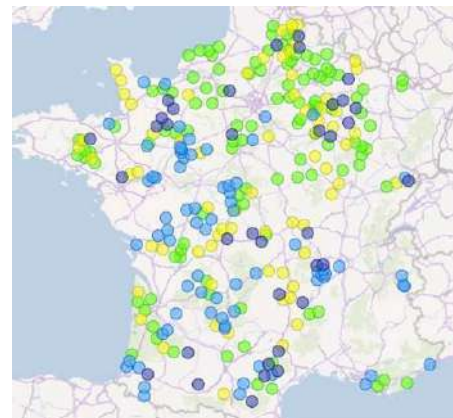
Les enjeux de la flexibilité

La maîtrise des élévations de tension sur les réseaux : un enjeu prégnant nécessitant la contribution de l'ensemble des acteurs du système électrique

Conformément à l'article 30 de la loi du 10 mars 2023 d'accélération de la production d'énergies renouvelables, la prescription relative à l'énergie réactive par une installation de production est définie par les gestionnaires de réseau de distribution pour compenser les élévations de tension sur les réseaux publics de distribution et de transport lorsque cela est techniquement possible.

En avril 2023, 518 sites de production raccordés sur le réseau haute tension d'Enedis (HTA), dont 445 parcs éoliens, ont été sollicités par Enedis pour qu'ils appliquent une nouvelle consigne d'absorption d'énergie réactive dans l'optique de gérer les contraintes de tension haute identifiées par RTE et Enedis sur 185 postes sources (PS). Plus de la moitié des parcs éoliens sollicités (228) ont modifié leur consigne d'absorption d'énergie réactive au 1^{er} juillet 2023.

En compléments des investissements réalisés par RTE et de la contribution des producteurs raccordés sur le réseau public de transport, la contribution des producteurs raccordés sur les réseaux de distribution représente un levier indispensable pour la gestion des tensions



- PS avec demande(s) de changement de consigne acceptée(s)
- PS avec demande(s) de changement de consigne refusée(s)
- PS sans demande de changement de consigne pour absence de départ direct
- PS sans demande de changement de consigne pour risque de contrainte de transit

107

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)

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

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 écartée.

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.¹ Les services de flexibilités sont contractualisés dans ce cas d'usage par appel au marché.

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

108

¹ Site Enedis, Co-construire les flexibilités



Participation de l'éolien à l'équilibrage du système électrique

L'éolien, représentant une part plus importante du mix énergétique, se voit attribuer un rôle accru dans l'équilibrage du mix électrique

Le parc éolien installé est en très forte croissance et représente une part plus importante dans le mix énergétique. Cela lui prodigue un rôle accru dans l'équilibrage du système électrique à deux niveaux :



109

- 1 Apporter des leviers pour l'Équilibre Offre-Demande
- 2 Permettre une meilleure anticipation de l'Équilibre Offre-Demande

Participation de l'éolien à l'équilibrage du système électrique

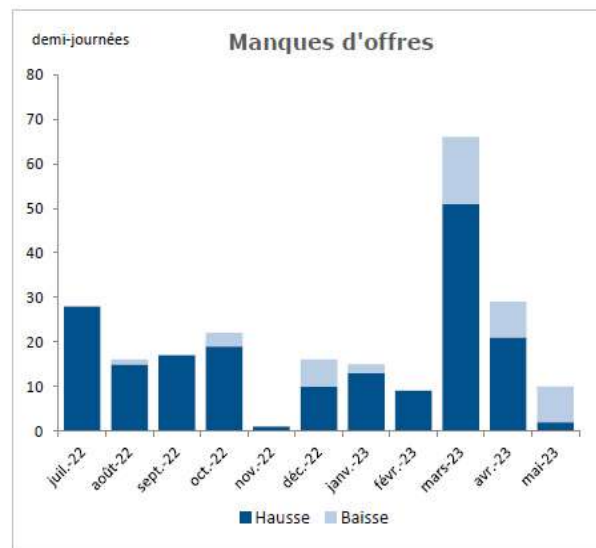
Des leviers pour l'Équilibre Offre-Demande

Le système électrique français fait régulièrement face à un manque de leviers d'équilibrage à la baisse.

Il devient essentiel que l'éolien participe au **Mécanisme d'Ajustement** (moins de 70 MW présents sur ce marché aujourd'hui).

Concernant les **Services Système fréquence**, la loi prévoit l'obligation pour les installations soumises à des capacités constructives d'offrir sur les marchés de réserve un volume au moins égal à leur capacité constructive.

Cette règle devient applicable pour certains parcs et doit donner lieu à une collaboration avec RTE afin de préciser les mesures de certification.



110

Participation de l'éolien à l'équilibrage du système électrique

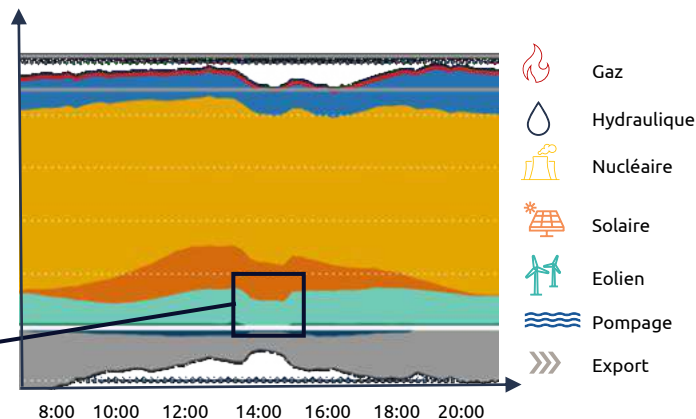
Une meilleure anticipation de l'Équilibre Offre-Demande

La production éolienne n'est plus seulement liée à la météo mais également à des contraintes environnementales, un contexte marché...

A titre d'exemple, les arrêts d'EnR en complément de rémunération sur **prix spot négatif** sont de plus en plus fréquents et profonds.

Une **plus grande exhaustivité et fiabilité de la programmation EnR en J-1** devient essentielle pour permettre à RTE d'anticiper l'Équilibre Offre Demande et de mobiliser les leviers d'équilibrage à bon escient.

Date	Durée	Horaires	Volume d'arrêt estimé (éolien + PV)
Sam 20/05	1h	14-15h	2800 MW
Dim 21/05	6h	11-17h	2400 MW
Sam 27/05	3h	13-16h	3100 MW
Dim 28/05	8h	10-18h	3400 MW
Lun 29/05	7h	10-17h	4400 MW
Sam 03/06	4h	12-16h	3100 MW
Dim 04/06	4h	12-16h	3100 MW
Dim 11/06	4h	13-17h	2300 MW
Dim 25/06	2h	13-15h	3000 MW



Production d'électricité par filière au 20 mai 2023 (Eco2 mix RTE)

La courbe de la production d'électricité par filière au 20 mai 2023 illustre le volume éolien arrêté qui a permis un **rééquilibrage du système électrique** lors d'une période de prix négatif.

Intégration dans le réseau - L'innovation

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

Enedis et RTE s'impliquent dans des projets ambitieux de recherche à long terme 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 :

- Renouveau de la convention avec **France Energies Marines**
- Montage d'un partenariat avec le **CEA** sur des nouveaux moyens de contrôle du système électrique favorisant l'insertion des énergies renouvelables
- 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

Elle est disponible sur le site institutionnel :

https://assets.rte-france.com/prod/public/2021-10/RTE-Feuille_route_RD_2021-2024.pdf

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

112

L'Hydrogène renouvelable

Interview de Dominique Darne, Président du groupe REI Inthy



A quoi sert l'hydrogène ?

Principalement employé dans l'industrie, l'hydrogène est aussi utilisé comme carburant, gaz ou moyen de stockage. Il est « décarboné » lorsque sa production se fait par électrolyse de l'eau à partir d'électricité décarbonée ou renouvelable.

On peut par exemple produire de l'hydrogène à partir d'électricité éolienne (terrestre et offshore).

Avec son plan « France 2030 », la France s'est fixée comme objectif d'installer **6,5GW de capacité d'électrolyse d'ici 2030**, soit une production de 600 kt/an d'hydrogène décarboné¹

« Avec la hausse des prix de l'énergie, l'hydrogène produit localement à partir d'électricité renouvelable est une opportunité pour les territoires et les collectivités. »

Dominique Darne – Président du groupe REI Inthy

113

Zoom sur Inthy – acteur français de l'hydrogène

Inthy est une entreprise qui développe plusieurs activités :

- Développement de projets de production ENR (PV et éolien) en partie pour alimenter la production en hydrogène destinée à la mobilité lourde des personnes (bus) et des marchandises (camions)
- Service de transport de marchandises décarboné sous la forme d'un Mobility as a Service
- La logistique et la distribution d'hydrogène
- Systèmes intelligents d'optimisation



Sources : ¹Gouvernement | France 2030

Le Stockage



Interview de Xavier Romon, Délégué Général du Club Stockage d'Énergies

A quoi sert le stockage ?

Le stockage offre **un ajustement maximal**, permet d'éviter la surproduction et contribue à la **décarbonation** du système électrique. Il peut être couplé à de l'éolien (hybridation) ou être raccordé directement au réseau.

En stockant le surplus d'électricité lors d'un pic de production, ou en injectant si la demande l'exige, le stockage agit en complémentarité avec l'éolien.

~ 5 GW¹ capacité installée des STEP (station de pompage turbinage) en 2022

~ 500 MW² : capacité installée des batteries stationnaires (lithium-ion) en 2022

Les innovations liées au stockage sont florissantes: l'hydraulique; les batteries au sodium ; les batteries zinc-air ; les batteries lithium-air

114

« Le stockage est le pilotage par excellence, il engendre des bénéfices côté production, consommation et réseau. »

Xavier Romon – Délégué Général du Club Stockage d'Énergies



Sources : ¹ EDF, ² RTE

Les Smart Grids

Interview de Régis le Drézen, Délégué Général de Think Smartgrids



A quoi servent les smart grids ?

Les technologies smart grids utilisent capteurs, moyens de télécommunication et systèmes d'information pour optimiser l'ensemble du système électrique, le rendre plus flexible et plus intelligent et ainsi :

- ✓ Permettre l'électrification des usages
- ✓ Accélérer le déploiement des EnR
- ✓ Optimiser les flux d'électricité transitant sur le réseau grâce au pilotage des productions et des consommations



20-70 GW Besoin en flexibilités en 2050¹

« Les millions de batteries de véhicules électriques connectées au réseau représenteront une opportunité pour la gestion des sources de production d'énergie renouvelable. »

115

Zoom sur le projet Smart Grid Vendée (2013-2018)

Ce démonstrateur smart grids a permis de tester grandeur nature le raccordement intelligent, sans renforcement du réseau électrique, de parcs éoliens et photovoltaïques en contrepartie de potentielles limitations marginales de production.

Ce projet a permis à ENEDIS de développer une nouvelle manière de raccorder plus vite et au moindre coût pour le porteur de projet d'énergies renouvelables.



Source : ¹selon RTE « Futur Energétique » p.17, en fonction de la part des EnR dans le mix électrique français

Sydev

Le recyclage des fondations

Interview de Antea Group, pilote du projet FEDRE Fondations d'Eoliennes Durables et Repowering



Ce projet de recherche collaboratif, piloté par Antea Group, vise à trouver **des solutions innovantes afin de conserver une partie des anciennes fondations** dans le cadre des projets de rééquipements des parcs éoliens.

Les nouvelles turbines, plus puissantes, requièrent des fondations plus massives. Ainsi, lors d'un changement de turbine, la solution développée par Antea Group et ses partenaires consiste à **ne déconstruire qu'une partie de la fondation afin de construire une nouvelle semelle au-dessus**. Cela évite de déconstruire entièrement l'ancienne fondation et réduit le poids de béton armé requis pour la nouvelle fondation

~ **20** ans : durée de vie moyenne d'une turbine

~ **25 %** de béton armé économisé selon l'étude

« Notre objectif principal est de réduire l'impact environnemental des fondations d'éoliennes »

Eric Antoinet, Directeur technique
Infrastructures – Antea Group

116

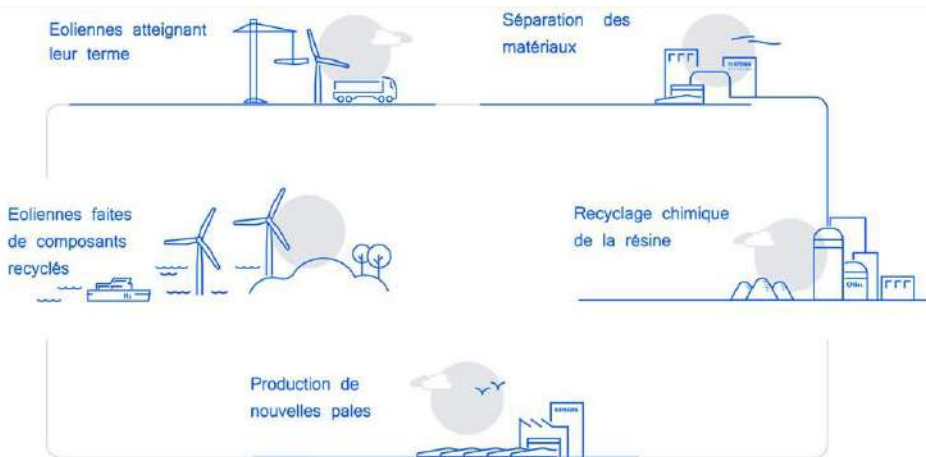


Maquette de fondation à l'échelle 1/10. Essais réalisés à l'INSA de Lyon.

Une innovation majeure pour le recyclage des pales existantes et futures

Vestas

Aujourd'hui, environ **93% d'une éolienne est recyclable**, et ses différents composants sont pris en charge par des filières de revalorisation. Les pales en matériaux composites sont les composants les plus complexes à recycler.



Afin d'atteindre les **100% de recyclage**, Vestas a mis au point une nouvelle solution circulaire de recyclage des pales composées de résine époxy, qui ne nécessite aucun changement dans la conception ou la composition des pales. En alliant une technologie chimique récemment découverte au sein du projet CETEC et en partenariat avec Olin et Stena Recycling, **cette solution pourra s'appliquer aux pales en résine epoxy actuellement en service comme aux futures pales.**

Cette solution permet la **séparation des matériaux** et la **réutilisation** de la résine dans des nouvelles pales d'éoliennes, afin de rentrer dans une économie circulaire.

L'optimisation de la performance d'un parc

Interview de Sereema, pilote du projet Windfit – Plateforme d'optimisation des parcs éoliens

Le projet phare de Sereema, Windfit, est une plateforme révolutionnaire pour l'optimisation des parcs éoliens en exploitation. Il permet à la fois de superviser la performance d'ensemble d'une flotte et d'obtenir des diagnostics détaillés par machine.

Il associe des analyses de données avancées, des capteurs IoT et un portail afin d'améliorer la rentabilité des actifs et leur durée de vie.

Plus de **600** turbines ont été supervisées au cours des 12 derniers mois, totalisant plus de 1,5GW.

En plus d'optimiser les parcs éoliens, **10** emplois ont été créés par l'entreprise.

« Nous sommes une entreprise à empreinte carbone négative. Au cours de l'année passée, nos diagnostics ont permis d'éviter plus de 2000 tonnes d'équivalent CO2.

Nous avons permis la production de 8GWh supplémentaires en 2022 sans éolienne additionnelle. »
Sereema

118



Perspectives d'avenir

Élargissement de notre offre pour apporter une réponse spécifique aux enjeux de chaque type de propriétaire de parc éolien

Nouvelle phase de développement de notre technologie pour répondre aux besoins futurs des éoliennes - des machines interactives et capables de s'adapter à leur environnement.

Expansion et renforcement de notre présence en Europe (Onshore and Offshore)

Les Centrales électrique virtuelle (VPP)

Zoom autour d'un nouveau mode de gestion des ENR

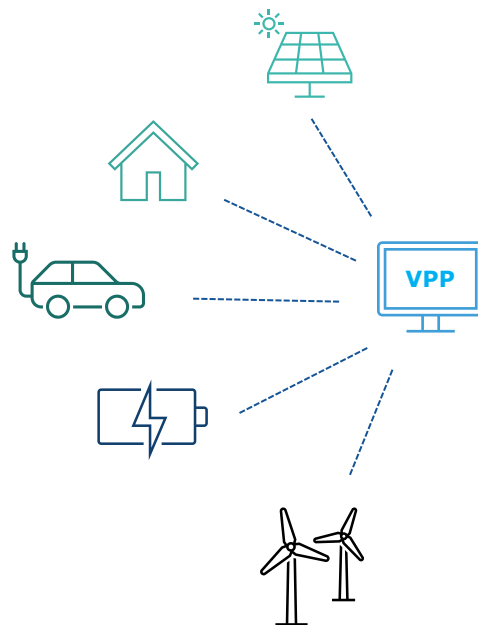
Qu'est ce qu'une VPP ?

Une centrale électrique virtuelle est un **regroupement de différentes unités de production** (solaire, éolien, stockage, consommation) coordonnés par un **unique système**.

L'électricité est ensuite vendue au marché et distribuée au réseau, le plus souvent par le biais d'un agrégateur.



- Un meilleur pilotage des ENR
- Une vente de l'électricité au moment opportun en fonction des prix du marché
- Une adaptation de la production à la consommation



119

Nos convictions

- 1 **Consolider un cadre législatif et réglementaire** permettant une réduction des délais de mise en œuvre des projets pour revenir aux standards européens
- 2 **Assurer de la visibilité et de l'ambition** sur les objectifs de développement aux horizons 2030 et 2035
- 3 **Garantir un cadre économique stable** pour le développement des projets s'adaptant aux aléas économiques
- 4 **Promouvoir** entre les filières EnR, les services de l'Etat et les collectivités territoriales, **une approche facilitatrice**

120



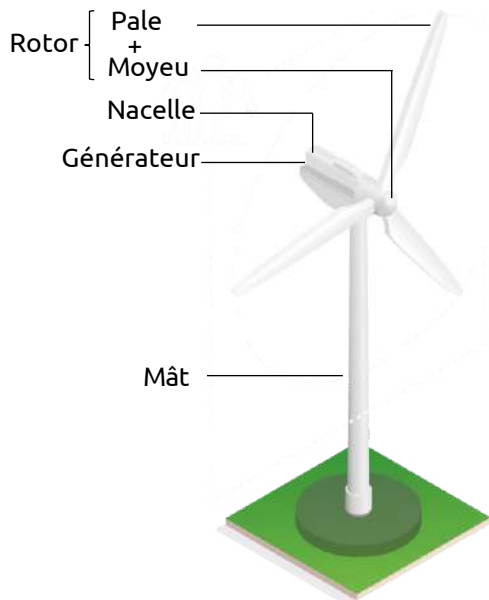
Ces 4 conditions sont indispensables pour réussir la réduction de la consommation d'énergies fossiles à travers l'électrification des usages

Annexes

121

Fonctionnement d'une éolienne

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



La **force du vent** est captée par les **pales** de l'éolienne...



...qui tournent alors **de 10 à 25 tours par minute** et entraînent avec elles leur axe (rotor).



Dans la **nacelle**, le **générateur** transforme le mouvement du rotor en **électricité**.



Cette **électricité** est ensuite convertie avant d'être **injectée sur le réseau** par des **câbles souterrains**.



122

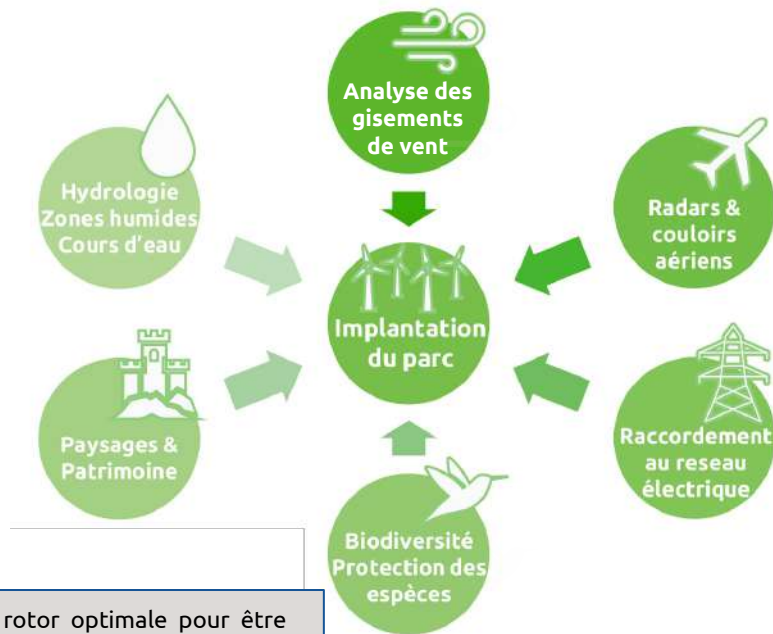
Critères de choix pour l'implantation d'un parc

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.



123



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

Le marché éolien français en Europe : puissance raccordée et part du mix électrique

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

TABLE 1. New additions, total wind capacity and the share of wind in the electricity demand in 2022 ¹⁾

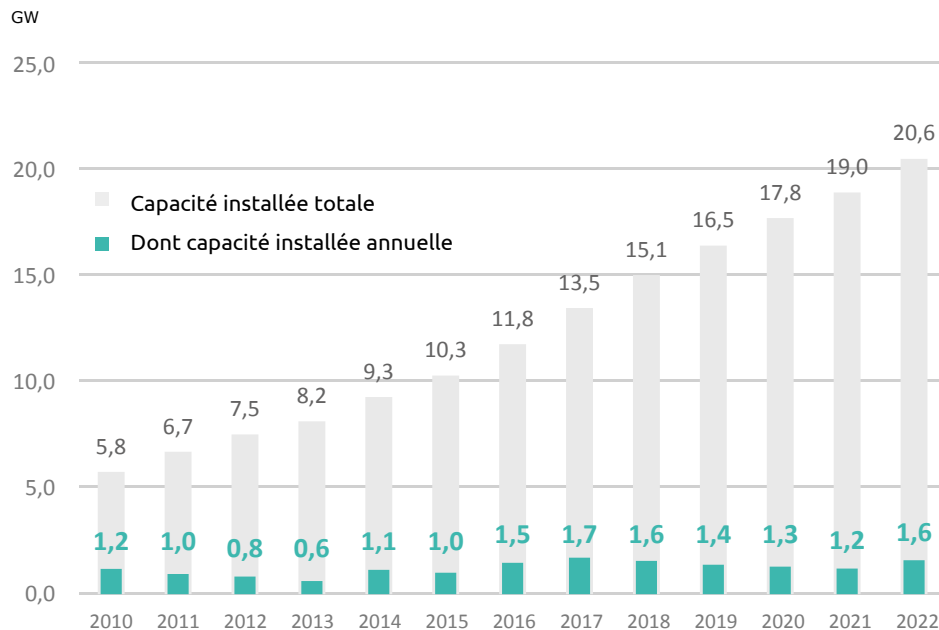
	New installations in 2022 (MW)			Cumulative capacity (MW)			Share of wind in power mix in 2022		
	Onshore	Offshore	Total	Onshore	Offshore	Total	Onshore	Offshore	Total
EU-27									
Austria	328	-	328	3,586	-	3,586	12%	-	12%
Belgium	303	-	303	3,045	2,261	5,306	5%	8%	13%
Bulgaria	-	-	-	707	-	707	4%	-	4%
Croatia	-	-	-	1,100	-	1,100	13%	-	13%
Cyprus	-	-	-	158	-	158	6%	-	6%
Czechia	-	-	-	337	-	337	1%	-	1%
Denmark	131	-	131	4,974	2,308	7,282	31%	25%	55%
Estonia	-	-	-	320	-	320	8%	-	8%
Finland	2,430	-	2,430	5,607	71	5,678	14%	-	14%
France	1,590	480	2,070	20,653	482	21,135	8%	-	8%
Germany	2,403	342	2,745	58,267	8,055	66,322	21%	5%	26%
Greece	230	-	230	4,682	-	4,682	19%	-	19%
Hungary	-	-	-	329	-	329	1%	-	1%
Ireland	280	-	280	4,612	25	4,637	34%	-	34%
Italy	496	30	526	11,818	30	11,848	7%	0%	7%
Latvia	59	-	59	137	-	137	3%	-	3%
Lithuania	69	-	69	740	-	740	12%	-	12%
Luxembourg	29	-	29	166	-	166	-	-	-
Malta	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Netherlands	933	368	1,302	6,223	2,829	9,052	12%	7%	19%
Poland	1,517	-	1,517	7,864	-	7,864	11%	-	11%
Portugal	28	-	28	5,671	25	5,696	26%	0%	26%
Romania	-	-	-	3,029	-	3,029	12%	-	12%
Slovakia	-	-	-	3	-	3	0%	-	0%
Slovenia	-	-	-	3	-	3	0%	-	0%
Spain	1,659	-	1,659	29,793	5	29,798	25%	-	25%
Sweden	2,441	-	2,441	14,393	192	14,585	25%	-	25%
Total EU-27	14,927	1,221	16,148	188,216	16,283	204,499	14%	2%	16%

Others	New installations in 2022 (MW)			Cumulative capacity (MW)			Share of wind in power mix in 2022		
	Onshore	Offshore	Total	Onshore	Offshore	Total	Onshore	Offshore	Total
Albania	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Belarus	-	-	-	3	-	3	-	-	-
Bosnia & Herzegovina	-	-	-	135	-	135	-	-	-
Faroe Islands	-	-	-	68	-	68	-	-	-
Iceland	-	-	-	3	-	3	-	-	-
Kosovo	-	-	-	137	-	137	-	-	-
Liechtenstein	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Montenegro	-	-	-	118	-	118	-	-	-
North Macedonia	-	-	-	37	-	37	-	-	-
Norway	372	60	432	5,083	66	5,149	11%	-	11%
Russia	-	-	-	2,043	-	2,043	-	-	-
Serbia	-	-	-	374	-	374	-	-	-
Switzerland	-	-	-	87	-	87	0%	-	0%
Turkey	867	-	867	11,969	-	11,969	11%	-	11%
UK	502	1,179	1,681	14,575	13,918	28,493	12%	15%	28%
Ukraine	-	-	-	1,673	-	1,673	-	-	-
Total others	1,741	1,239	2,980	38,305	13,984	50,289	-	-	-
Total Europe	16,668	2,460	19,128	224,521	30,267	254,788	14%	3%	17%

Sources : WindEurope, « Wind energy in Europe - 2022 »

Chiffres clés de l'éolien en 2022

La capacité installée augmente significativement en 2022

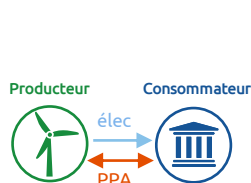


Augmentation de la capacité installée de l'éolien terrestre

Sources : RTE

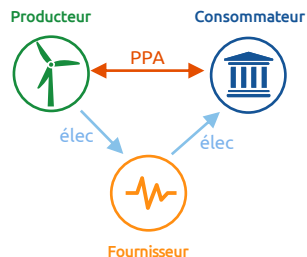
Les Corporate PPA

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



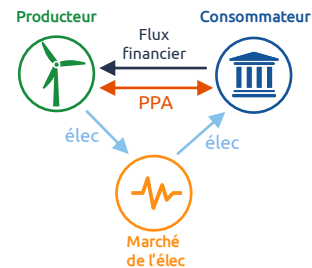
Physique « sur site »

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 »**. Le 1^{er} PPA Greenfield éolien a été signé en 2023.

Source : Capgemini Invent

Cartes d'identité des acteurs éoliens par région

127

Carte d'identité des acteurs éoliens par région

Auvergne-Rhône-Alpes



Chiffres clés

2 622 emplois (+8% par rapport à 2021)



669 MW installés au 30 juin 2023

5,2 M€ de retombées fiscales*

311 sociétés

Ain	30 MW	Loire	0 MW
Allier	66 MW	Haute-Loire	69 MW
Ardèche	186 MW	Puy-de-Dôme	51 MW
Cantal	107 MW	Rhône	12 MW
Drôme	146 MW	Savoie	0 MW
Isère	3 MW	Haute-Savoie	0 MW

Top 10 des employeurs éoliens

- 1 OMEXOM
- 2
- 3 Schneider Electric
- 4 GE
- 5 ENGIE
- 6 SPIE
- 7 BORALEX
- 8 NTN
- 9 2W
- 10 Bodycote

Top 10 des exploitants

- 1 BORALEX
- 2 EDF
- 3 WPO
- 4 ENGIE
- 5 res
- 6 valeco
- 7 EOS
- 8 CAR
- 9
- 10 NEOEN

128

NB: Chiffres à juin 2023 sauf pour EDF et Neoen (2022)

Ces entreprises ont leur siège social dans la région Auvergne-Rhône-Alpes :



*Basé sur le calcul suivant : 1 MW = 7 820€ de retombées fiscales (norme IFER)

Carte d'identité des acteurs éoliens par région

Bourgogne-Franche-Comté



Chiffres clés

1 007 emplois (+12 % par rapport à 2021)



1 002 MW installés au 30 juin 2023

7,8 M€ de retombées fiscales*

160 sociétés

Côte-d'Or	349 MW	Territoire de Belfort	0 MW
Doubs	168 MW	Yonne	385 MW
Haute-Saône	18 MW		
Jura	18 MW		
Nièvre	52 MW		
Saône-et-Loire	12 MW		

Top 10 des employeurs éoliens

- 1 ENGIE
- 2 Schneider Electric
- 3 Prysmian Group
- 4 GEOTEC
- 5 r. bourgeois
- 6 M55
- 7 algecco
- 8 CONNECTED
- 9 openR
- 10 A.E.2.I

Top 10 des exploitants

- 1 res
- 2 VSB
- 3 ENGIE
- 4 WPO
- 5 wpd
- 6 EDF
- 7 NEOEN
- 8 VOLKSWIND
- 9 EDS
- 10 CGN

129

NB: Chiffres à juin 2023 sauf pour EDF et Neoen (2022)

Ces entreprises ont leur siège social en Bourgogne-Franche-Comté :



*Basé sur le calcul suivant : 1 MW = 7 820€ de retombées fiscales (norme IFER)

Carte d'identité des acteurs éoliens par région

Bretagne



Chiffres clés

1 329 emplois (+10% par rapport à 2021)



1 305 MW installés au 30 juin 2023

10,2 M€ de retombées fiscales*

206 sociétés

Côtes-d'Armor	483 MW
Finistère	220 MW
Ille-et-Vilaine	158 MW
Morbihan	444 MW

Ces entreprises ont leur siège social en Bretagne :



Top 10 des employeurs éoliens

- 1 HTMS
- 2 SAIPEM
- 3 MARE
- 4 SANDEN
- 5 KOHLER SDMO
- 6 IBERDROLA
- 7 P&T TECHNOLOGIE
- 8 SIEMENS Gamesa
- 9 EIFFAGE
- 10 LANGA

Top 10 des exploitants

- 1 ENGIE
- 2 edp
- 3 BORALEX
- 4 EDF
- 5 TOTAL ENERGIE
- 6 VALEMO
- 7 Kallista
- 8 BayWa r.e.
- 9 VSB
- 10 wpd

130

NB: Chiffres à juin 2023 sauf pour EDF et Neoen (2022)

*Basé sur le calcul suivant : 1 MW = 7 820€ de retombées fiscales (norme IFER)

Carte d'identité des acteurs éoliens par région

Centre-Val de Loire



Chiffres clés

658 emplois (+6 % par rapport à 2021)



1 671 MW installés au 30 juin 2023

13,1 M € de retombées fiscales*

108 sociétés

Cher	268 MW	Loir-et-Cher	55 MW
Eure-et-Loir	797 MW	Loiret	227 MW
Indre	324 MW		
Indre-et-Loire	0 MW		

Top 10 des employeurs éoliens

- 1 VERGNET
- 2 Vestas
- 3 antea group
- 4 NORDEX
- 5 KONECRANES
- 6 Stromag
Altra Industrial Motion
- 7 ABO WIND
- 8 HUTCHINSON
- 9 HUTCHINSON
- 10 HUTCHINSON

Top 10 des exploitants

- 1 WPO
- 2 edp
- 3 EDF
- 4 VALEMO
- 5 VOLKSWIND
- 6 BORALEX
- 7 ERG
- 8 VSB
- 9 CNR
- 10 Kallista

NB: Chiffres à juin 2023 sauf pour EDF et Neoen (2022)

131

Ces entreprises ont leur siège social dans la région Centre-Val de Loire :



*Basé sur le calcul suivant : 1 MW = 7 820€ de retombées fiscales (norme IFER)

Carte d'identité des acteurs éoliens par région

Grand Est



Chiffres clés

1 927 emplois (+7 % par rapport à 2021)



4 756 MW installés au 30 juin 2023

37,2 M€ de retombées fiscales*

275 sociétés

Ardennes	671 MW	Moselle	362 MW
Aube	1025 MW	Bas-Rhin	43 MW
Marne	1347 MW	Haut-Rhin	0 MW
Haute-Marne	503 MW	Vosges	81 MW
Meurthe-et-Moselle	170 MW		
Meuse	554 MW		

Top 10 des employeurs éoliens

- 1 Schneider Electric
- 2 SPIE
- 3 NER
- 4 Windvision
- 5 Gantois
- 6 Vestas
- 7 Ghm
- 8 OXVA
- 9 CPE
- 10 SERMES

Top 10 des exploitants

- 1 ENGIE
- 2 EDF
- 3 Neoen
- 4 Energie TEAM
- 5 RES
- 6 VALEMO
- 7 NEOEN
- 8 WPO
- 9 BORALEX
- 10 BayWa r.e.

132

NB: Chiffres à juin 2023 sauf pour EDF et Neoen (2022)

Ces entreprises ont leur siège social dans la région Grand Est :

SERMES
La solution électrique multi-réseau



VENT'EST

Windvision



URANO

CALYCE
Energies

SUPAIRVISION
MULTI-TURBINES SERVICES BY SAKA

*Basé sur le calcul suivant : 1 MW = 7 820€ de retombées fiscales (norme IFER)

Carte d'identité des acteurs éoliens par région

Hauts-de-France



Chiffres clés

2 637 emplois (+11 % par rapport à 2021)



5 814 MW installés au 30 juin 2023

45,5 M € de retombées fiscales*

264 sociétés

Aisne	1262 MW
Nord	398 MW
Oise	605 MW
Pas-de-Calais	1404 MW
Somme	2145 MW

Top 10 des employeurs éoliens

- 1 **DILLINGER**
- 2 **CELTIC LEVAGE**
- 3 **DUFOUR**
- 4 **SPIE**
- 5 **cetim**
- 6 **h2air**
- 7 **Vestas**
- 8 **SEL**
- 9 **BORALEX**
- 10 **MERSEN**

Top 10 des exploitants

- 1 **energie TEAM**
- 2 **ENGIE**
- 3 **BORALEX**
- 4 **edf**
- 5 **ENERTRAG**
- 6 **eurowatt**
- 7 **CR**
- 8 **VOLKSWIND**
- 9 **OSTWIND**
- 10 **WPO**

133

NB: Chiffres à juin 2023 sauf pour EDF et Neoen (2022)

Ces entreprises ont leur siège social dans la région Hauts-de-France :



*Basé sur le calcul suivant : 1 MW = 7 820€ de retombées fiscales (norme IFER)

Carte d'identité des acteurs éoliens par région

Île-de-France



Chiffres clés

6 657 emplois (+3 % par rapport à 2021)



109 MW installés au 30 juin 2023

0,9 M€ de retombées fiscales*

424 sociétés

Paris	0 MW	Val-de-Marne	0 MW
Seine-et-Marne	57 MW	Val-d'Oise	0 MW
Yvelines	17 MW		
Essonne	35 MW		
Hauts-de-Seine	0 MW		
Seine-Saint-Denis	0 MW		

Top 10 des employeurs éoliens

- 1 EDF renouvelables
- 2 Rte
- 3 RWE
- 4 GE Energy
- 5 HUTCHINSON
- 6 NORDEX
- 7 edo
- 8 CGN Europe Energy
- 9 GSM
- 10 Holcim

Top 5 des exploitants

- 1 VALEMO
- 2 CGN
- 3 energie TEAM
- 4 WPO
- 5 BayWa r.e.

NB: Chiffres à juin 2023 sauf pour EDF et Neoen (2022)

134

Ces entreprises ont leur siège social dans la région Île-de-France :



*Basé sur le calcul suivant : 1 MW = 7 820€ de retombées fiscales (norme IFER)

Carte d'identité des acteurs éoliens par région

Normandie



Chiffres clés

2915 emplois (+27 % par rapport à 2021)



1032 MW installés au 30 juin 2023

8,1 M€ de retombées fiscales*

152 sociétés

Calvados	169 MW
Eure	106 MW
Manche	141 MW
Orne	52 MW
Seine-Maritime	564 MW

Top 10 des employeurs éoliens

- 1 BOUYGUES CONSTRUCTION
- 2 LM WIND POWER
- 3 SIEMENS Gamesa
- 4 Schneider Electric
- 5 BOLLORÉ TRANSPORT & LOGISTICS
- 6 ENGIE Green
- 7 dpj énergie environnement
- 8 INORDEX
- 9 Euclyd Eurotoos
- 10 vensolair

Top 10 des exploitants

- 1 ENGIE
- 2 energie TEAM
- 3 Kallitio énergie
- 4 edp energie
- 5 wpd
- 6 BORALEX
- 7 EDF énergies renouvelables
- 8 VSB
- 9 CAR
- 10 VALEMO

135

NB: Chiffres à juin 2023 sauf pour EDF et Neoen (2022)

Ces entreprises ont leur siège social dans la région Normandie :



*Basé sur le calcul suivant : 1 MW = 7 820€ de retombées fiscales (norme IFER)

Carte d'identité des acteurs éoliens par région

Nouvelle-Aquitaine



Chiffres clés

1 448 emplois (+12 % par rapport à 2021)



1 783 MW installés au 30 juin 2023

13,9 M€ de retombées fiscales*

285 sociétés

Charente	246 MW	Landes	0 MW
Charente-Maritime	326 MW	Lot-et-Garonne	0 MW
Corrèze	16 MW	Pyrénées-Atlantiques	0 MW
Creuse	100 MW	Deux-Sèvres	565 MW
Dordogne	0 MW	Vienne	390 MW
Gironde	0 MW	Haute-Vienne	140 MW

Top 10 des employeurs éoliens

- 1 VALOREM
- 2 EUROVIA
- 3 Nidec
- 4 EPSILON COMPOSITE
- 5 VOLKSWIND
- 6 encis
- 7 Vestas
- 8 IPI
- 9 EIFFAGE
- 10 CAP INGELEC

Top 10 des exploitants

- 1 VOLKSWIND
- 2 BayWa re.
- 3 VALEMO
- 4 ENCAVIS
- 5 EDF
- 6 wpd
- 7 ENGIE
- 8 WPO
- 9 ENERTRAG
- 10 res

136

NB: Chiffres à juin 2023 sauf pour EDF et Neoen (2022)

Ces entreprises ont leur siège social dans la région Nouvelle-Aquitaine :



*Basé sur le calcul suivant : 1 MW = 7 820€ de retombées fiscales (norme IFER)

Carte d'identité des acteurs éoliens par région

Occitanie



Chiffres clés

2 796 emplois (+10% par rapport à 2021)



1 706 MW installés au 30 juin 2023

13,3 M€ de retombées fiscales*

283 sociétés

Ariège	0 MW	Hérault	273 MW
Aude	463 MW	Lot	6 MW
Aveyron	395 MW	Lozère	90 MW
Gard	11 MW	Hautes-Pyrénées	0 MW
Haute-Garonne	45 MW	Pyrénées-Orientales	174 MW
Gers	0 MW	Tarn	249 MW
		Tarn-et-Garonne	0 MW

Top 10 des employeurs éoliens

- 1 **Vestas**
- 2 **EDF**
- 3 **EDF**
- 4 **valeco**
- 5 **ENGIE**
- 6 **ENGIE**
- 7 **ENERCON**
- 8 **AUGIZEAU**
- 9 **apexenergies**
- 10 **Baurès**

Top 10 des exploitants

- 1 **EDF**
- 2 **valeco**
- 3 **ENGIE**
- 4 **RES**
- 5 **TOTAL ENERGIES**
- 6 **VALEMO**
- 7 **edp**
- 8 **BORALEX**
- 9 **ENERTRAG**
- 10 **VSB**

137

NB: Chiffres à juin 2023 sauf pour EDF et Neoen (2022)

Ces entreprises ont leur siège social dans la région Occitanie :

8.2 | The Experts in Renewable Energy



Ingeteam



valeco

elys

eoitech

apexenergies



Qair



*Basé sur le calcul suivant : 1 MW = 7 820€ de retombées fiscales (norme IFER)

Carte d'identité des acteurs éoliens par région

Pays de la Loire



Chiffres clés

3 151 emplois (+23 % par rapport à 2021)



1 782 MW¹ installés au 30 juin 2023

13,9 M€ de retombées fiscales*

235 sociétés

Loire-Atlantique	975 MW ¹
Maine-et-Loire	226 MW
Mayenne	197 MW
Sarthe	85 MW
Vendée	299 MW

¹dont le parc éolien en mer de Saint-Nazaire

Top 10 des employeurs éoliens

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

Top 10 des exploitants

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

138

NB: Chiffres à juin 2023 sauf pour EDF et Neoen (2022)

Ces entreprises ont leur siège social dans la région Pays de la Loire :



*Basé sur le calcul suivant : 1 MW = 7 820€ de retombées fiscales (norme IFER)

Carte d'identité des acteurs éoliens par région

Provence-Alpes-Côte d'Azur



Chiffres clés

989 emplois (+12 % par rapport à 2021)



120 MW installés au 30 juin 2023

0,9 M€ de retombées fiscales*

163 sociétés

Alpes-de-Haute-Provence	0 MW
Hautes-Alpes	0 MW
Alpes-Maritimes	0 MW
Bouches-du-Rhône	38 MW
Var	60 MW
Vaucluse	22 MW

Top 10 des employeurs éoliens

- 1 **BW ideal**
- 2 **FONDA SOLUTIONS**
- 3 **genergy**
- 4 **vitalia**
- 5 **DNV GL**
- 6 **res**
- 7 **MEDIACO**
- 8 **Principle Power**
- 9 **SIEMENS Gamesa**
- 10 **IBERDROLA**

Top 5 des exploitants

- 1 **CNR**
- 2 **BayWa r.e.**
- 3 **WPO**
- 4 **VSB**
- 5 **ENGIE**

NB: Chiffres à juin 2023 sauf pour EDF et Neoen (2022)

139

Ces entreprises ont leur siège social dans la région Provence -Alpes-Côte d'Azur :



*Basé sur le calcul suivant : 1 MW = 7 820€ de retombées fiscales (norme IFER)

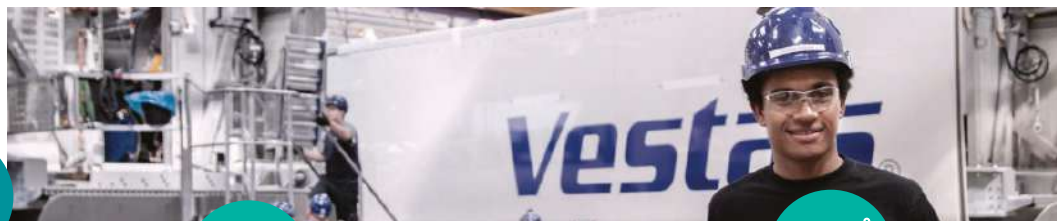
Les formations de l'éolien

Zoom sur le campus Vestas

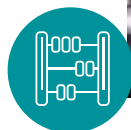


Vestas

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.



140



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^{ère} 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



Zoom sur la Nordex Academy

La Nordex Academy est installée à Laon (02) depuis 2022 et s'ajoute aux autres centres de formation Nordex Group dans le monde.

Les formations dispensées à la Nordex Academy complètent les formations généralistes déjà présentes sur le territoire et permettent à Nordex France de spécialiser ses techniciens de maintenance sur ses produits dès leur embauche puis tout au long de leur carrière (formation GWO, habilitations électriques, formation technique, formation SST). La formation continue des équipes est un point central chez Nordex Group. Ainsi, la Nordex Academy dispose de toute la gamme de convertisseurs présentes en France et reproduit toutes les interfaces de communication d'une éolienne pour toujours plus d'efficacité et une mise en pratique au plus proche des conditions réelles.

Le centre est ouvert à tous les collaborateurs de la région Méditerranée de Nordex Group et dès 2024, les formations seront également proposées à nos clients et partenaires. L'équipe de formateur GWO s'étendra dès l'année prochaine pour étoffer l'offre de formation proposée et pour former près de 500 personnes chaque année à la Nordex Academy.



Les formations de l'éolien

Focus sur : les centres de formation ENERCON



Le fabricant d'éoliennes Enercon dispose depuis septembre 2017 d'un centre national de formation situé à Le Meux (60), en France. Ce bâtiment de 1 400 m² accueille chaque année 600 techniciens de mise en service et de maintenance (personnel Enercon et prestataires). Une équipe de 5 formateurs est présente pour les former en électricité, mécanique et sécurité.



Le centre est équipé de 2 plateformes (Podest) destinées à effectuer les exercices de sauvetage en machine (par le haut et par le bas) et à apprendre à utiliser les échelles avec les équipements de sécurité. Il dispose également de 2 élévateurs de personnes destinés à en maîtriser l'utilisation et à réaliser des exercices d'évacuation, d'un portique destiné à former à l'utilisation des nacelles UVM8/10 et C5-1L et à leur évacuation, de 3 e-modules composés d'un transformateur et d'armoires de commande, etc.

142

L'animation de la filière

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



Les pôles de compétitivité

Réseaux 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

Regroupements 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



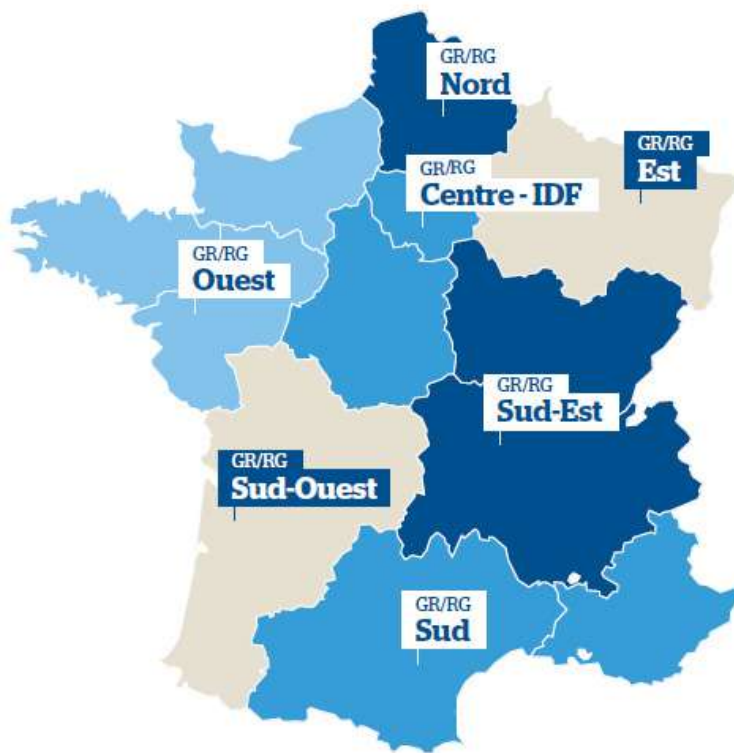
Autres acteurs

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...

143

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



144

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 2024 se tiendra du 24 au 26 avril 2024 au Palais Pharo à Marseille.

145

L'édition 2023 de FOWT s'est tenue du 10 au 12 mai 2023 à Nantes.

Quelles thématiques ?

Financement, cadre réglementaire, impacts environnementaux, innovations technologiques, enjeux industriels et portuaires, assurances, zoning ...

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 ».

A noter la participation d'un ministre irlandais (Eamon Ryan) et 3 ambassadeurs (Irlande, Norvège et Danemark) qui ont fait le déplacement pour l'occasion; avec 7 délégations européennes au total.

Éléments clés de l'événement (bilan édition 2023) :

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 • + de 1 400 participants • + de 30 nationalités représentées

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 2022 au 30 juin 2023 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 des acteurs par région :

- **Top 10** des employeurs de la région.
- Sièges sociaux des **entreprises de plus de 5 ETP** ayant répondu au recensement.

146



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'emplois totaux en fonction du nombre d'emplois recensés et de leur croissance par rapport à l'année précédente



Entreprises non recensées en 2022 : données estimées

Entreprises recensées en 2022 et pas en 2021 : données réelles

Entreprises recensées en 2021 et en 2022 : 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	5	Nordex
Page	14	Vestas
Page	19	Siemens Gamesa
Page	29	La Dépêche du midi
Page	29	Binmeij.jp
Page	30	Port de Saint-Nazaire
Page	31	Port La Nouvelle
Page	45	Vestas
Page	55	Vestas
Page	65	General Electric

Page	76	Siemens Gamesa
Page	80	EolMed
Page	81	Enercon
Page	116	Antea group
Page	121	Enercon
Page	127	Enercon
Page	141	Nordex
Page	142	Enercon

147

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

Les membres de France Energie Eolienne

2.0
2W RH
30 ENERGIES
3E
8.2 FRANCE
ABYSS FORMATION
ABEI ENERGY FRANCE
ABO WIND
ACAJOO ADVISORY
AD3R
ADE
ADI-NA (AGENCE DE DEVELOPPEMENT ET
D'INNOVATION NOUVELLE ...
AEOLIA AUDIT ET CONSEIL AGREGIO
ALEXIS ASSURANCES
ALPIC
ALPIQ ENERGIE FRANCE
ALTERRIC SARL
AM'EOLIE GMBH
AMUNDI TRANSITION ENERGETIQUE ANE-
MOS FRANCE SAS
ANTAL
ARHYZE
ARKEA BANQUE E&mpj
ARKOLIA ENERGIES SAS ARTELIA
ATLANTIQUE MARITIME SERVICES
AUDDICE ENVIRONNEMENT
AXPO SOLUTIONS AG
BAYWA R.E FRANCE
BCTG AVOCATS
BDO IDF
BENTAM
BILLAS Avenir ENERGIE
BIODIV-WIND SAS
BIOSECO SA
BIOTOP
BIRD ∓ BIRD AARPI
BKW ENERGIE AG
BLUEFLOAT ENERGY HOLDINGS FRANCE
SAS BLUESIGN
BNEOL SARL
BMH AVOCATS
BORALEX
BPCE ENERGECO
BP FRANCE FINANCEMENT
BRETAGNE POLE NAVAL
BRITTANY AVIATION
BUREAU VERITAS SERVICE FRANCE
BW IDEOL
BWTS FRANCE
CABINET BRUN CESSAC
CABINET RAVETTO ASSOCIES
CAISSE DES DEPOTS ET CONSIGNATIONS
CALYCE DEVELOPPEMENT
CEGECLEC RENEWABLE ENERGIES CEMATER

CEPS
CEZ FRANCE SAS
CGN EUROPE ENERGY
CMI TECHSI PASTOR
COLAS FRANCE
CONQUEST INVESTISSEMENTS COPENHAGEN
OFFSHORE PARTNERS A/S CORIO GENERA-
TION LIMITED
COVERWIND SOLUTIONS FRANCE
CREDIT AGRICOLE CIB
CREDIT AGRICOLE LEASING ET FACTORING
CREDIT INDUSTRIEL ET COMMERCIAL
CXCL
DAVID ENERGIES SAS
DEKRA INDUSTRIAL SAS DEMINETEC
DEMOPOPLIS CONCERTATION SAS DERASP
DERBI
DEUTSCHE WINDTECHNIK S.A.R.L
DIADES MARINE SAS
DLA PIPER FRANCE LLP DLGA
DNV FRANCE SARL
DS AVOCATS
ECO DELTA
ECOLE CENTRALE NANTES ECOSPHERE
EDPR FRANCE HOLDING
EES ENERGIE EOLIENNE SOLIDAIRE SAS
EFINOR ALLAIS
ELATOS
ELAWAN ENERGY FRANCE SAS
ELEC-ENR SASU
ELEMENTS SAS
ELICIO FRANCE
ELYS
EMERGYA WIND TECHNOLOGIES B.V.
ENBW FRANCE
ENCAVIS ASSET MANAGEMENT
ENIS WIND
ENERCON GMBH
ENERCOOP SCIC - SA
ENERGIE EOLIENNE FRANCE
ENERGIE PARTAGEE ASSOCIATION
ENERGIES CITOYENNES EN PAYS DE VILAINE
ENERGIE TEAM
ENERGITER
ENERGREEN PRODUCTION
ENERTRAG SE
ENERVO
ENESI SARL
ENGIE GREEN FRANCE
ENVINERGY TRANSACTIONS
ENVOL ENVIRONNEMENT
EO (EX SITE A WATTS DEVELOPPEMENT)
EOL-C
EOLIE CERNON SAS

EOLIE CONSTRUCTING EOLIEC
EOLFI
EOLICA
EOLISE SAS
EOLISSAN
EOLITECH
EOS WIND FRANCE EPSILINE
EQOS ENERGIE LUXEMBOURG
SARL EQINOR WIND POWER AS
ERCONSEIL
ERG FRANCE
ESA ENERGIES SAS
ESCOFI ENERGIES NOUVELLES
ESG ENERGY SERVICE GROUP
ETCHART GCM
EUROPEAN ENERGY FRANCE
EUROVIA MANAGEMENT EUROWATT
DEVELOPPEMENTS EVEROZE
EWZ
EXPLAIN - LMP
EXUS FRANCE SAS FEECRM
FIDAL
FILHET-ALLARD ET COMPAGNIE
PIPELEC
FMTC SAFETY
FONDEOLE
FRTE (TERRA ENERGIES)
GAIA ENERGY SYSTEMS
GAZELE ENERGY SOLUTIONS
GDES WIND SAS
GEE ENERGY SERVICES FRANCE
GEE ENR
GIDE LOYRETTE NOUVEL AARPI
GIE QUALITE ENTREPRISES
GOTHAER
GOWLING WLG FRANCE
GP-JOULE FRANCE SARL GREEN-
COAT RENEWABLES GREENSOLVER
GREENVOLT POWER FRANCE S.A.S
GRETA-CFA DU MAINE
GRID SOLUTIONS SAS HZAIR
HELIAINTS ENERGIES HELIOPALES
HKL LEGAL
HYDRONEXT
IBERDROLA FRANCE SAS IDEN-
TIFLIGHT
IEL DEVELOPPEMENT IFOPE
IFP ENERGIES NOUVELLES
IMAGIN'E

INDIGO
INERSYS - SYSCOM
INNERGEX FRANCE SAS
IQONY WIND FRANCE S.A.S
IRIDA A.I. TECHNOLOGIES JEANTET
JIGRID
JOHN COCKERILL
JP ENERGIE ENVIRONNEMENT KALLOPE
KDE ENERGY FRANCE
KJM CONSEIL SAS
LABORELEC SCRL
LANTHAN SAFE SKY
LERIA
LHYFE
LINKLATORS
LOCOCEN SAS
LOUIS DREYFUS ARMATEURS LOXAM
LPA - CGR AVOCATS
LYCEE DHUODA
LYCEE SAINT FRANCOIS D'ASSISE
MAGREE SOURCE
MASER ENGINEERING
MD WIND
MENARD
METROL
MIROVA
MISTRAS
MW ENERGIES
NASS ∓ WIND SAS
NATURAL FORCES RENEWABLES IRELAND
NATURAL POWER FRANCE
NATURGY RENEUVELABLES FRANCE SAS NCA
ENVIRONNEMENT
NEOTEK SAS
NET WIND
NORDEX FRANCE
NORIA
NORMANDIE ENERGIES
NORMANDIE MARITIME
NORTON ROSE FULBRIGHT LLP
NOTUS ENERGY FRANCE SERVICES
NOUVERGES
OBSTA
OCEAN WINDS
OMEXOM RENEWABLE ENERGIES OFFSHORE
OMEROL MARITIME
OMNES CAPITAL
OPALE DEVELOPPEMENT
OSTWIND INTERNATIONAL
OVP SOLUTIONS SAS
OX2 AB SUCCURSALE FRANÇAISE
P&mp; TECHNOLOGIE SAS
PINSANT MASONS FRANCE LLP
PLANETA FRANCE SAS
PLASTEOL

POLE MER MEDITERRANEE
POLE S2E2
POMA LEITWIND
POWEEND SAS
PRINCIPLE POWER FRANCE
PRUD'HOMME ∓ BAUM
PWC SOCIÉTÉ D'AVOCATS
Q ENERGY FRANCE
QAIR
QUEENEA CH
RAZEL-BEC
RBA
REGION OCCITANIE
REMAP SERVICES
RENANTIS
RENNER ENERGIES
RES SERVICES
ROBUR WIND FRANCE
RP GLOBAL FRANCE
RWE RENEUVELABLES FRANCE SAS
SAB ENERGIES RENEUVELABLES SAS SAEMIL
3D ENERGIES
SAFETYPACK
SAFIER INGENIERIE
SAINT-LAURENT ENERGIE
SAMFI ENERGIE
SARL HTC TRAINING (HTC TECHNIQUES
VERTICALES)
SAS SODEREC FER ET METAUX
SBM INC.
SCP LACOURTE RAQUIN TATAR
SEM ENR CITOYENNE
SEML COTE D'OR ENERGIES
SENS OF LIFE
SEPALE
SEPE DE BROYES
SERGIES
SHEFFIELD GREEN
SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY
FRANCE SAS
SIENNA AM FRANCE
SINGULAR
SIRMET
SK ∓ PARTNER
SKYBORN RENEWABLES SKYWORK
SOCIÉTÉ D'EOLIENNE CARIBEEUNE SOCIÉTÉ
GENERALE
SOFIVA ENERGIE
SOLEIL DU MIDI
SOLVEDO ENERGIES
OX2 AB SUCCURSALE ET TRAVAUX
SPARKSIS - INVESTER TECHNOLOGIES
SPOOR AS
STATKRAFT RENEUVELABLES
SUBSEA 7 (UK SERVICE COMPANY) LIMITED
SUEZ RY DEE
SUPAIR VISION

SUPPLY GRAPH
SYNERIA SAS
TCO WIND LORRAINE SAS
TECHNOSTROBE INC.
TEKERIA
TENERGIE SOLUTIONS
TENERRDIS
TENSAR INTERNATIONAL TERRA
TERRA VIAJES SA
TOTAL ENERGIES
TOTAL ENERGIES FLEXIBLE POWER SOLUTIONS
(EX TOTALFLEX)
TOTAL ENERGIES RENEWABLES
TRANSPORTS CAPELLE
TTR ENERGY
UL SOLUTION
UNION DES PRODUCTEURS LOCALUX
D'ELECTRICITE
VAISALA FRANCE SAS
VALECO SAS
VALOREM ENERGIE
VATTENFALL EOLIEN SAS
VENDEE ENERGIE
VENSOLAIR
VENT D'EST
VENTEYS
VENTIENT ENERGY
VENTIS
VENTIS DU NORD
VERSPIEREN
VESTAS FRANCE
VIRIDI RE GMBH
VOLKSWIND FRANCE SAS
VOLTA AVOCATS
VOLTA DEVELOPPEMENT (EOL PROD 1)
VOLTALIA
VOLTERRIS
VRHYOF ANCHORS B.V.
VSB ENERGIES NOUVELLES VULCAIN
WATSON, FARLEY ∓ WILLIAMS LLP WATTS.
GREEN SARL
WEB ENERGIE DU VENT
WHITE AND CASE LLP
WILLIS TOWERS WATSON FRANCE
WINDFAN CONSULTING
WINDSTROM FRANCE
WKN FRANCE
WPD ONSHORE FRANCE
WPD WINDMANAGER FRANCE SAS WPD
ZEPHYR

Partenaires :
Pôle Mer Méditerranée
CCI Business
France Energies Marines
Office franco-allemand

pour la transition
énergétique (OFATE)
Cluster maritime français

L'équipe de l'Observatoire 2023



- **Matthieu MONNIER**
 - Délégué général adjoint
- **Rachel RUAMPS**
 - Chargée de mission Economie et Industrie
- **Alexandra COGAN**
 - Cheffe de projet industrie éolienne
- **Benoît GILBERT**
 - Président de la commission industrie

- En collaboration avec :



- **Alexandra BONANNI**
 - Cheffe de l'Energy Strategy Lab
- **Sarah JEANNIN**
 - Consultante – Energy Transition & Utilities
- **Louis FLICHY**
 - Consultant – Energy Transition & Utilities

- Pré-presse et Impression
ENCRE NOUS
www.encre-nous.com

Bloc-note

Bloc-note

Bloc-note

Bloc-note

Bloc-note

Observatoire de l'éolien 2023

Capgemini  invent

 France
Energie
Eolienne