



L'éolien en mer

Focus sur le projet au large de Dunkerque

EIL Côte d'Opale
22 novembre, Dunkerque

SOMMAIRE



01

L'éolien en mer en Europe et en France

L'éolien en mer en Europe où en est-on ?

Cadre législatif français en faveur de la diversification du mix énergétique

Pourquoi développer l'éolien en mer en France ?

Aujourd'hui, en France où en est-on ?

02

Technologies de l'éolien en mer

Fonctionnement d'un parc éolien en mer

Infrastructures maritimes

03

Les grandes étapes pour développer un projet éolien en mer

04

Cas d'étude : le parc éolien en mer de Dunkerque



PARTIE

1

L'éolien en mer en Europe et en France

1. L'éolien en mer en Europe

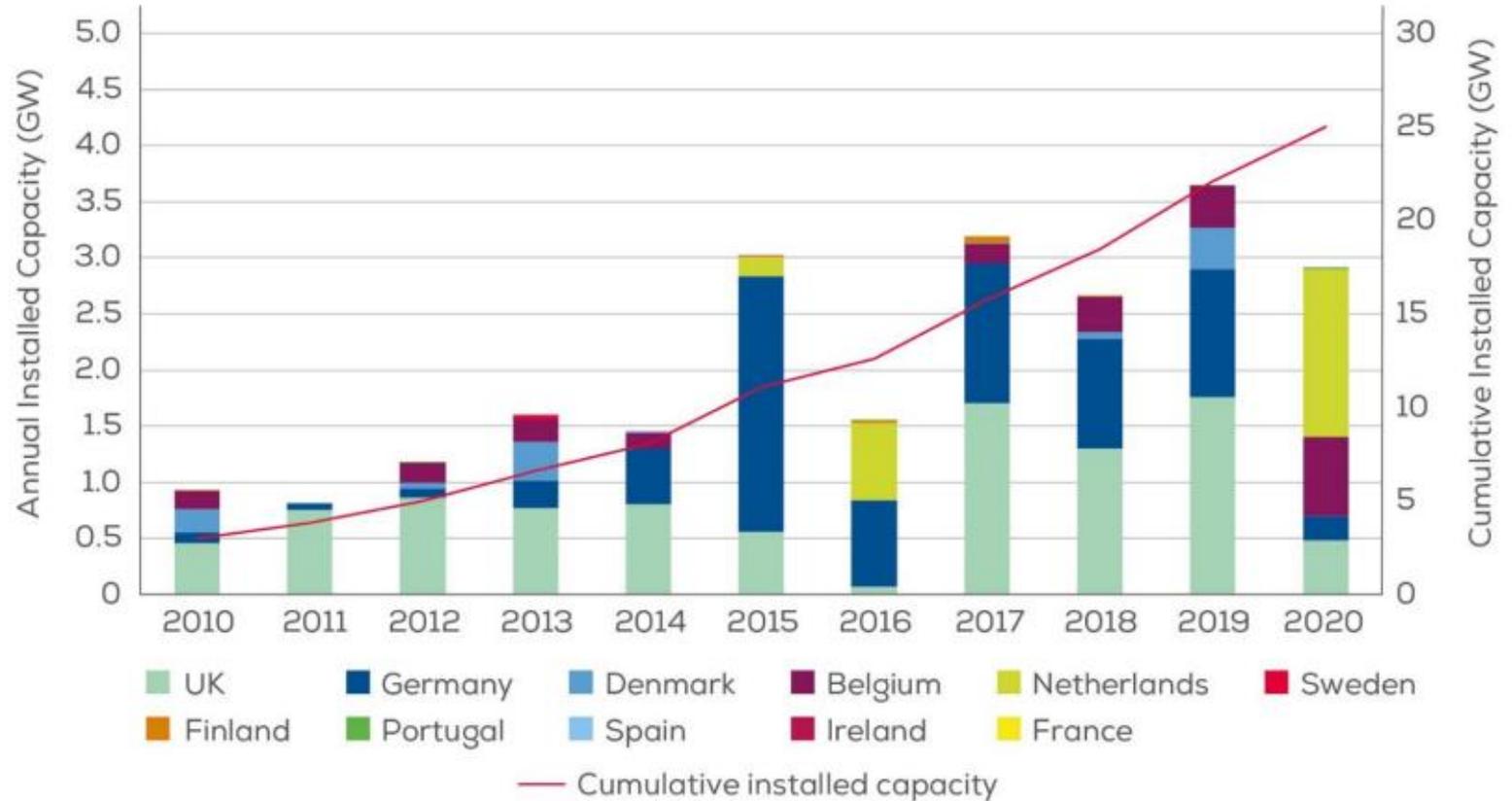
L'éolien en mer en Europe

1^{er} parc au Danemark 1991 - 2017

Développement x 28



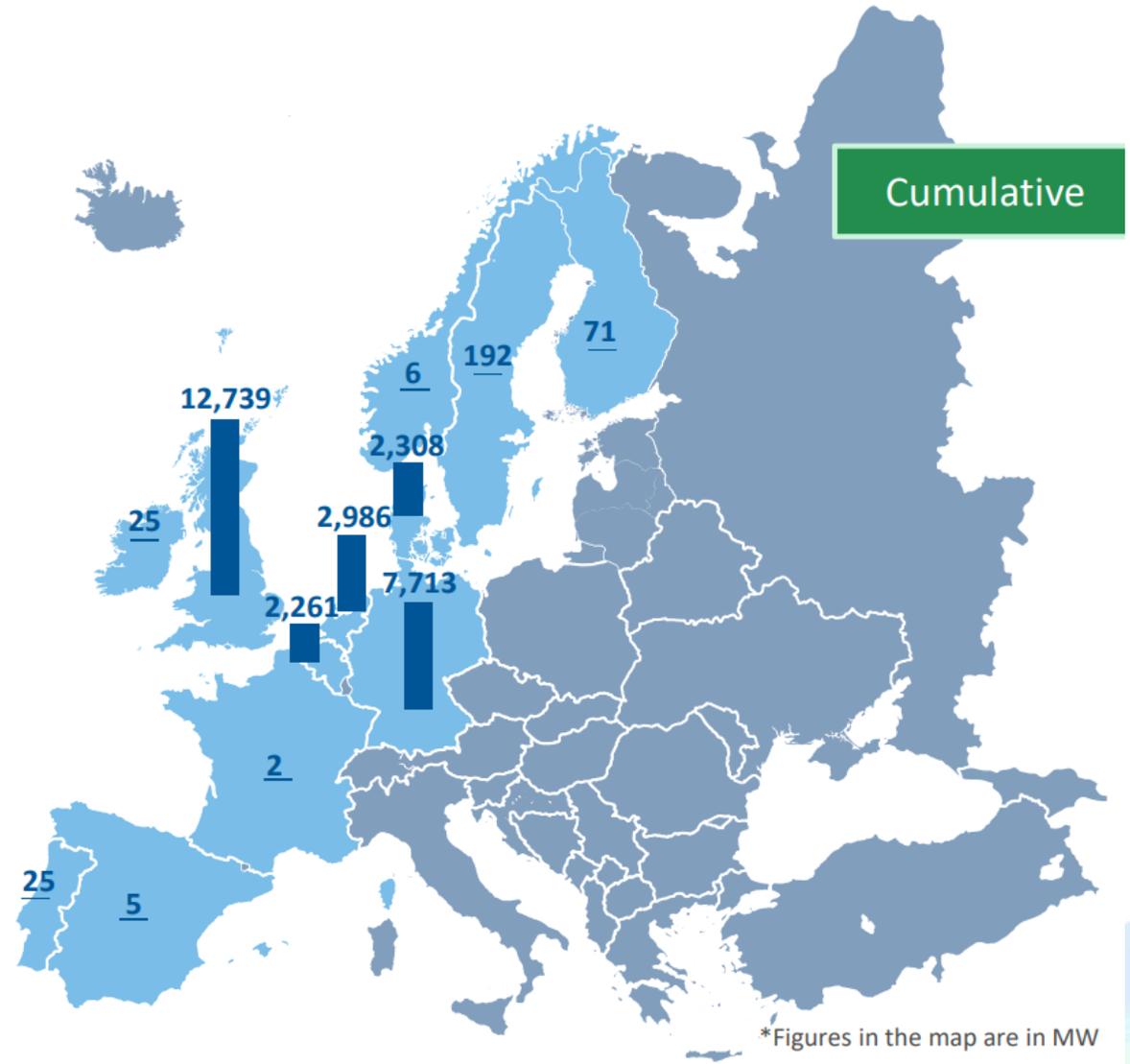
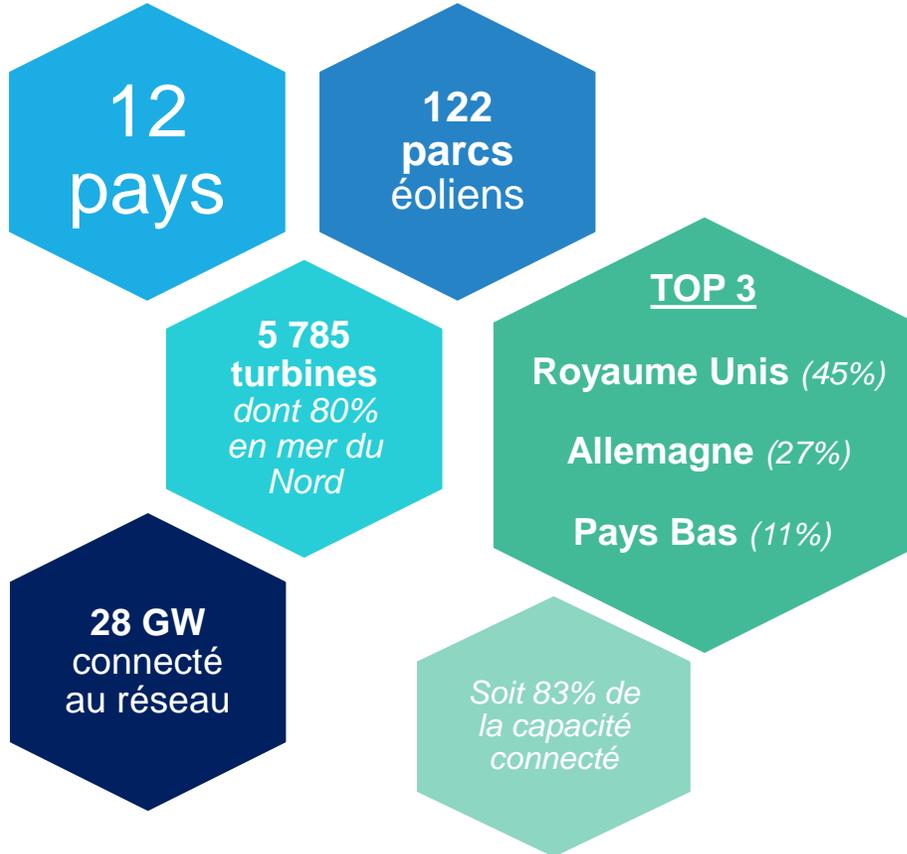
Installation et déconstruction
du parc de Vindeby



Source : WindEurope

L'éolien en mer en Europe

Données de 2021



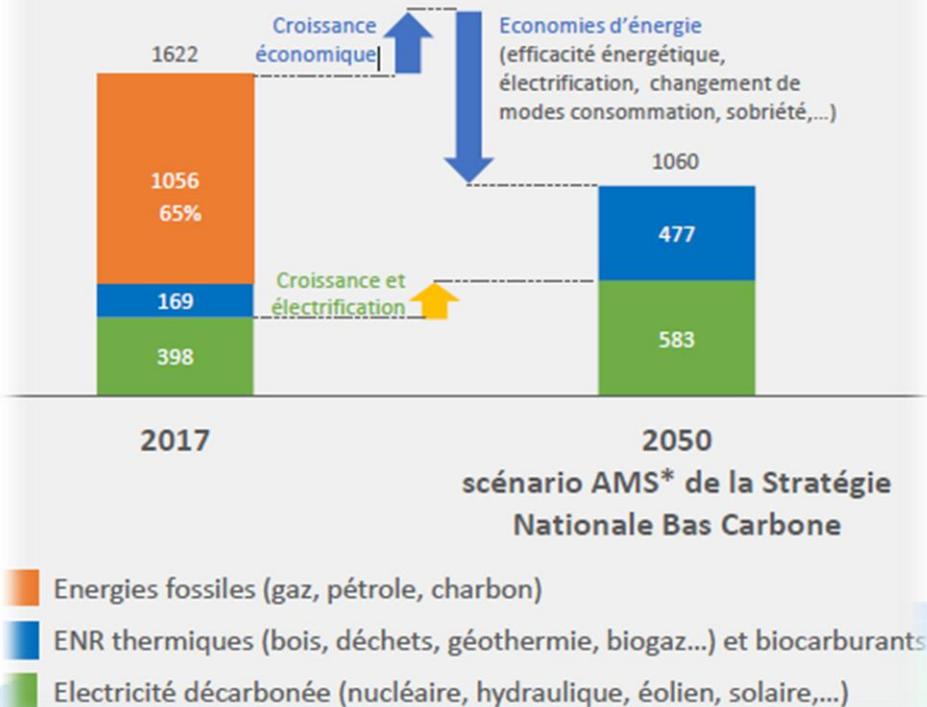
2. L'éolien en mer en France

Stratégie bas carbone pour lutter contre le changement climatique

Réduction des émissions de gaz à effet de serre jusqu'à 2050 et fixe des objectifs

- atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050 (émissions nationales) ;
- réduire l'empreinte carbone de la consommation des Français (émissions à l'étranger).

Evolution de la consommation d'énergie finale en France entre 2017 et 2050 (TWh)



Les orientations de la SNBC relatives à la production d'énergie :

- **décarboner et diversifier le mix énergétique notamment via le développement des énergies renouvelables ;**
- maîtriser la demande via l'efficacité énergétique et la sobriété et lisser la courbe de demande électrique en atténuant les pointes de consommation saisonnières et journalières ;
- préciser les options pour mieux éclairer les choix structurants de long terme, notamment le devenir des réseaux de gaz et de chaleur.

Cadre législatif français en faveur de la diversification du mix énergétique

Loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV)

Fixe le cadre politique de l'énergie

Objectif : **33% de la consommation électrique d'origine renouvelable** d'ici 2030, et 40% pour la production d'électricité

Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE)

Élaborée par le ministère de la Transition écologique et solidaire

Outil de pilotage de la politique énergétique et définit les priorités d'action du Gouvernement en matière d'énergie pour les 10 années à venir afin d'atteindre les objectifs de cette loi

Capacité de **production éolienne en mer installée** comprise entre **5 200 et 6 200 MW en 2028**

Pacte éolien en mer

a été signé entre l'Etat et la filière des énergies renouvelables en mars 2022 pour accélérer le développement de l'éolien en mer et atteindre **40 GW en 2050**



Pourquoi développer de l'éolien en mer en France ?

1

Une technologie faiblement émettrice en CO2

Bilan carbone éolien en mer en moyenne de 16 g CO2 eq/KWh

2

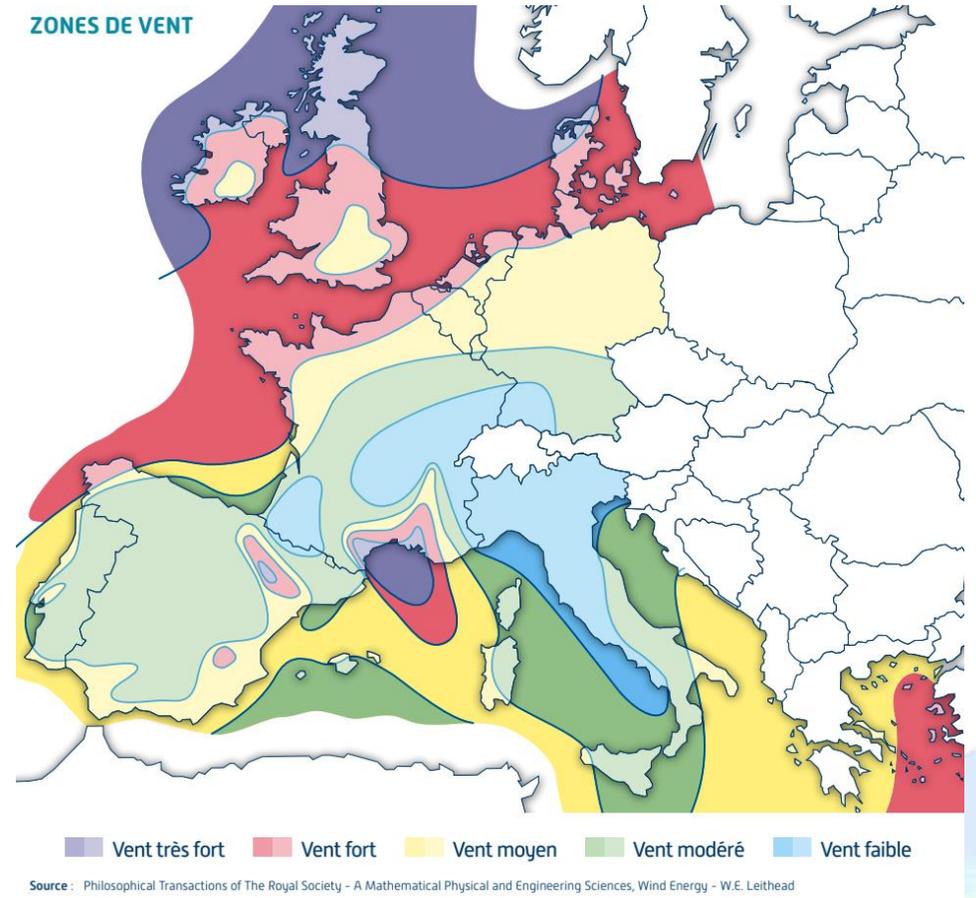
Une énergie avec un gisement important

France possède le 2ème plus important potentiel en Europe

3

Une meilleure productivité qu'à terre

- vent plus fort et plus régulier
- Eoliennes plus grandes et plus puissantes



Pourquoi développer de l'éolien en mer en France ?

Les principales filières de production d'électricité renouvelable : coûts

	Coûts de production actuels en €/MWh (notamment observés lors des procédures de mise en concurrence)
Solaire Photovoltaïque au sol	40-70
Solaire Photovoltaïque sur toiture	80-130
Éolien terrestre	60 – 70
Éolien en mer	40-80 (éolien posé) 120-150 (éolien flottant)*
Hydroélectricité	30 – 160 en fonction de la taille
Hydrolien	>200
Géothermie profonde	>200
Biomasse	100-150
Biogaz	120-145 (STEP**, ISDND***) 180 -190 (agriculture)

* Les coûts de l'éolien en mer sont en forte diminution. En ce qui concerne l'éolien flottant, cette technologie atteint le stade commercial et un consensus se dégage sur une convergence des tarifs vers ceux de l'éolien posé d'ici une dizaine d'années.

** Station de transfert d'énergie par pompage

*** Installation de stockage de déchets non dangereux

Source : ministère de la Transition écologique et solidaire

4

Une
technologie
toujours plus
compétitive

Des coûts en forte
diminution depuis
10 ans

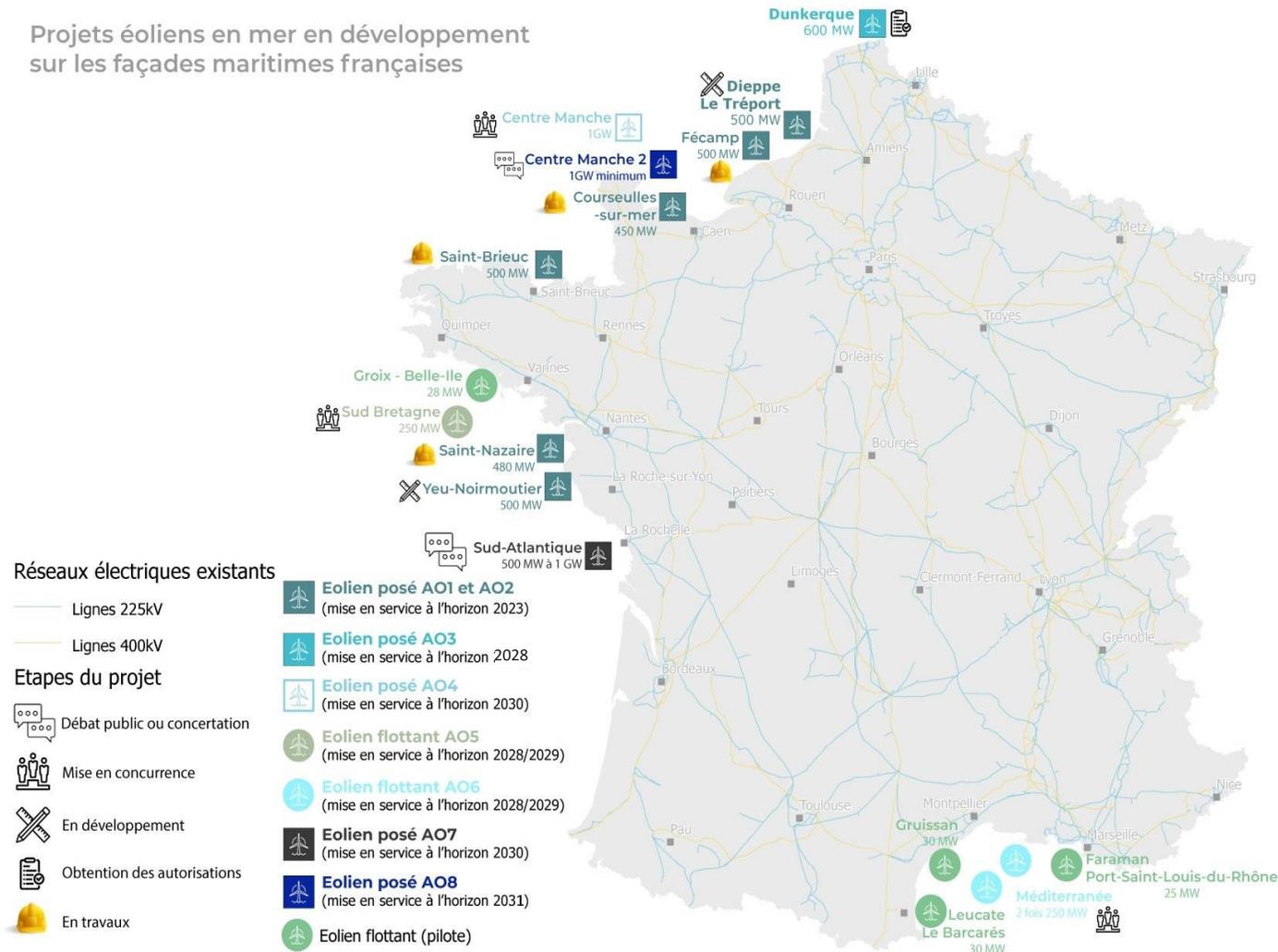
5

Une nouvelle
filiale
industrielle

6500 emplois en
2021 dans les
énergies marines
renouvelables

Aujourd'hui, en France où en est-on ?

Projets éoliens en mer en développement sur les façades maritimes françaises



17 parcs éoliens issus d'un appel d'offre dont :

- 7 parcs déjà attribués (3 530 MW)
- 4 fermes pilotes flottantes attribuées



Eoliennes en mer en France

Parc éolien en mer de Saint Nazaire 1^{er} en France

Mise en service au 4^{ème} trimestre 2022





PARTIE

2

Technologies des parcs éoliens en mer

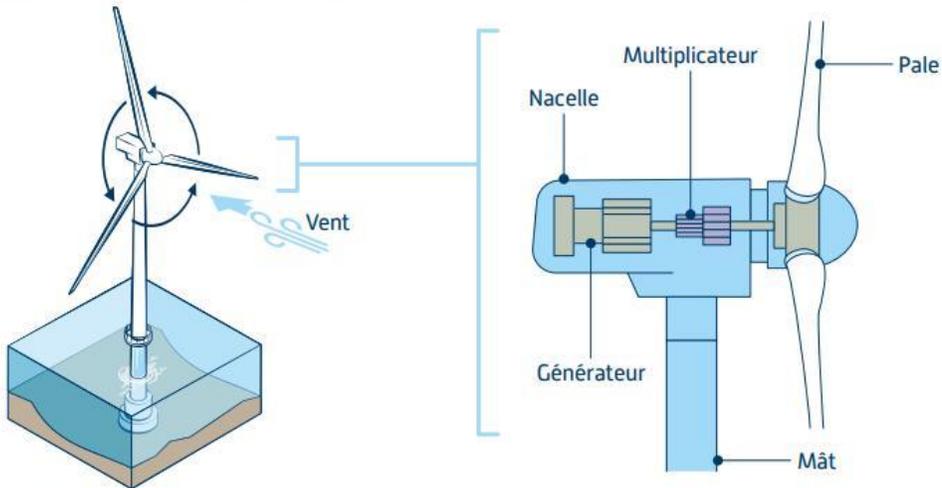
Fonctionnement d'un parc éolien en mer

Même principe en mer qu'à terre

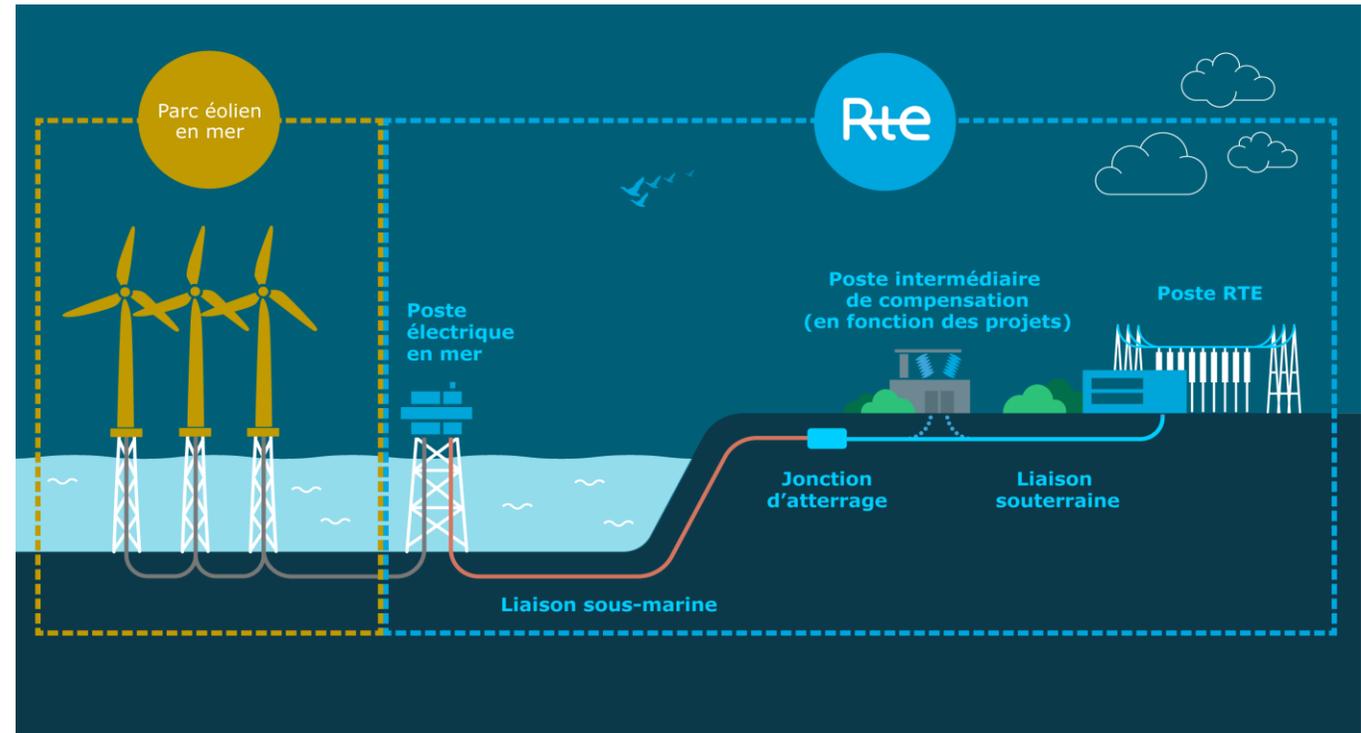
Plage de fonctionnement pour des vents **entre 10 km/h et 90 km/h.**

Mise à profit du vent marin, plus fort et régulier.

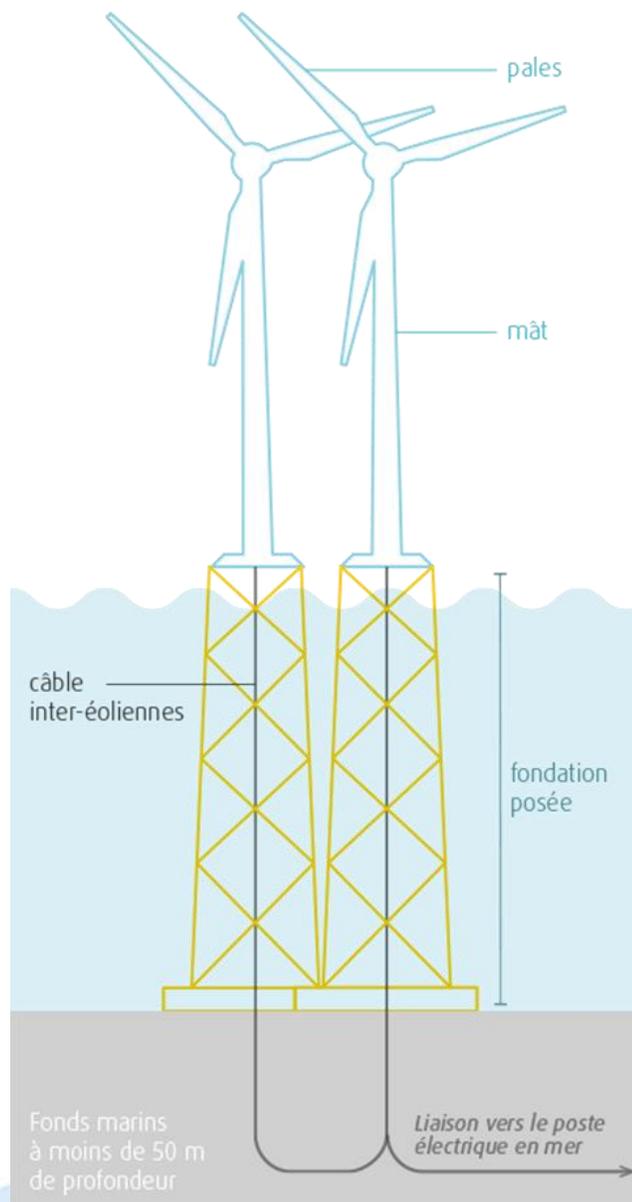
SCHÉMA DE PRINCIPE D'UNE ÉOLIENNE EN MER



Source : EMD

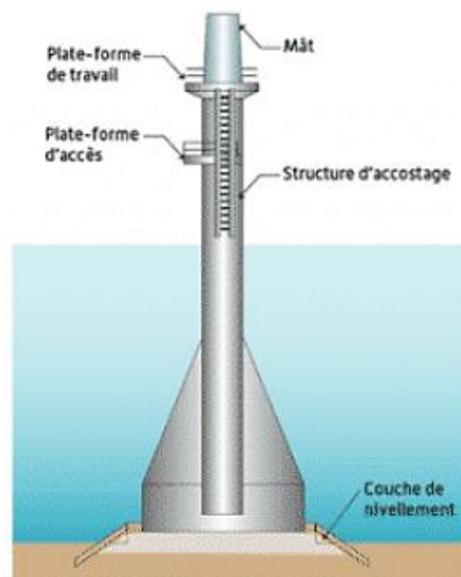


Infrastructures maritimes d'un parc éolien – Les fondations posées

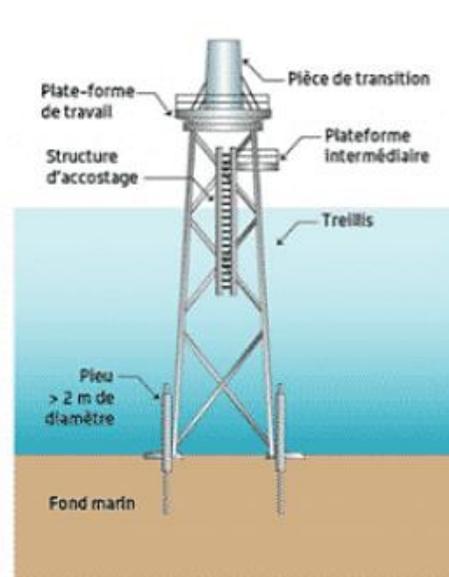


Permet d'installer des éoliennes **en eaux peu profondes (jusqu'à environ 50m)**

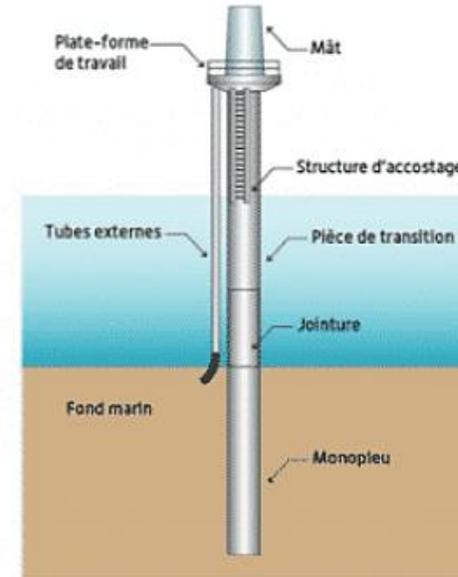
3 types de fondation selon en fonction des caractéristiques physiques du site, de la nature des sols



40m
LA FONDATION GRAVITAIRE

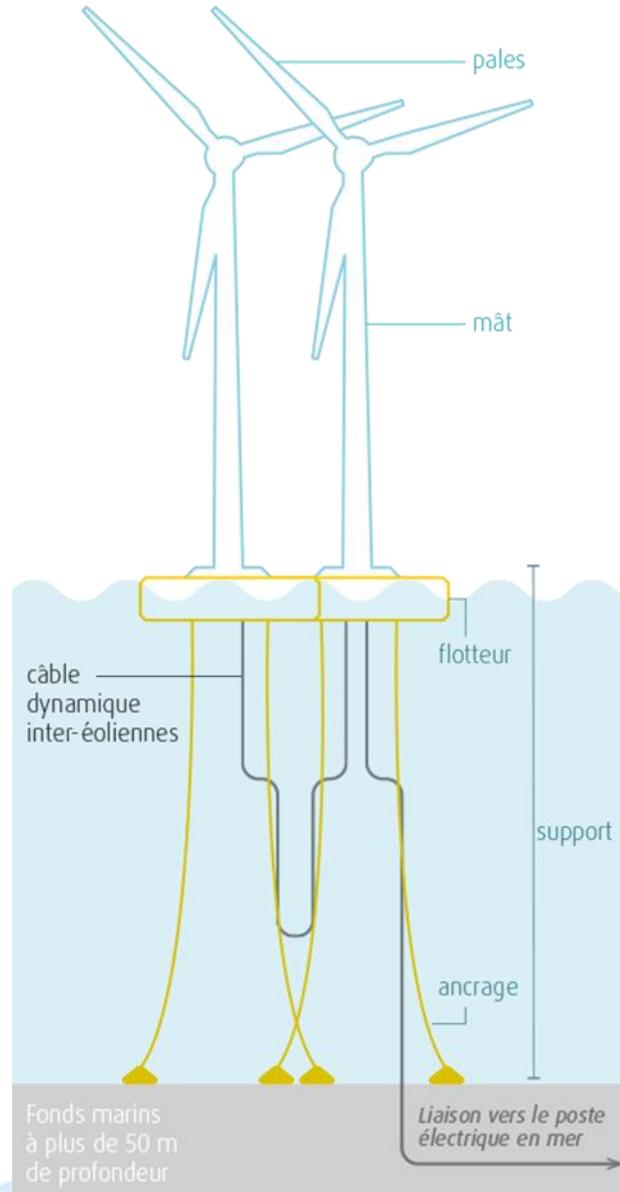


28m
LA FONDATION JACKET



8m
LA FONDATION MONOPIEUX

Infrastructures maritimes d'un parc éolien – Les fondations flottantes



En **développement** et atteint **actuellement un stade commercial**.

Plusieurs : support **semi-submersible**, **support barge** et **support avec ancrage à lignes tendues**



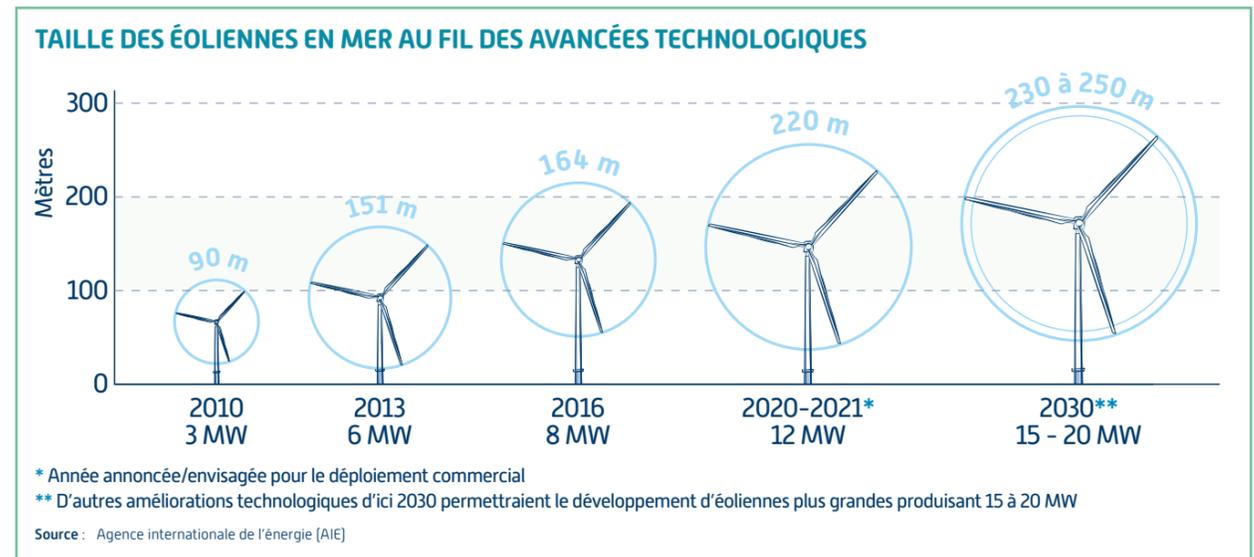
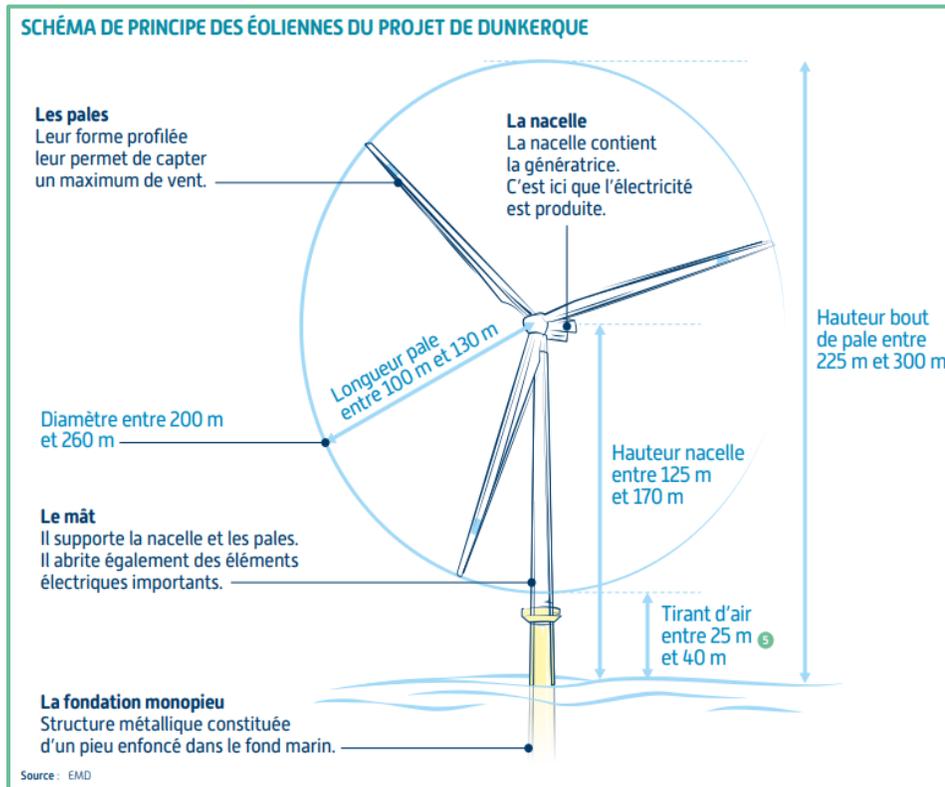
*Selon la technologie utilisée, les lignes d'ancrage doivent être plus ou moins tendues.
Différents types d'ancres existent : ancre marine, corps-mort, pieux ou ancre à succion*

Infrastructures maritimes d'un parc éolien – Les éoliennes

La puissance varie en fonction de sa taille.

- plus l'éolienne est grande, plus sa puissance nominale est élevée
 - quantité d'électricité produite plus importante

Pour un parc d'une puissance totale donnée, plus les éoliennes sont grandes, plus leur nombre diminue.



Infrastructures maritimes d'un parc éolien – Le poste électrique en mer

Son rôle :

héberge les matériels électriques (poste électrique, transformateurs, équipements de contrôle commande) nécessaires à la **transformation et à l'évacuation de l'énergie produite par les éoliennes vers le réseau terrestre**

Son dimensionnement selon :

- la technologie du raccordement (en courant continu ou alternatif),
- du niveau de tension retenu pour le poste électrique
- la puissance devant transiter vers le réseau terrestre.



