



ATELIER : DÉVELOPPEMENT DE L'ÉOLIEN FLOTTANT, OÙ EN EST-ON ? QUELS SONT LES ACTEURS INDUSTRIELS ? QUI PAYE QUOI ?

Lundi 30 août 2021



Débat
EOS
Eoliennes
flottantes

Quelles énergies en Méditerranée?

LA COMMISSION NATIONALE DU DÉBAT PUBLIC : QU'EST-CE QUE C'EST ?

Autorité : la CNDP est habilitée à prendre les décisions en son nom propre

Administrative : c'est une institution publique

Indépendante : la CNDP ne dépend ni des responsables des projets, ni du pouvoir politique

Elle défend un droit :

“
Toute personne a le droit, dans les conditions et les limites définies par la loi, d'accéder aux informations relatives à l'environnement détenues par les autorités publiques et de participer à l'élaboration des décisions publiques ayant une incidence sur l'environnement. ”

Article 7 de la Charte de l'Environnement –
rendue constitutionnelle en 2005

LE ENJEUX DU DÉBAT

↳ **Faut-il développer d'importants parcs éoliens commerciaux en mer Méditerranée ? C'est la principale question de fond de ce débat.**

↳ **Si oui, où et comment ? Et si le projet ne se faisait pas, faudrait-il faire autre chose à la place ? Dans tous les cas, quels impacts positifs ou négatifs pour l'économie, l'environnement, etc.**

Les réponses à ces questions engageront la Méditerranée française pour longtemps.
Il faut en parler maintenant, avant que l'Etat ne prenne sa décision.

LES ARGUMENTS RECUEILLIS JUSQU'ICI

« Pour me faire un avis, je manque vraiment d'information sur l'aspect technique de ces projets d'éoliennes en mer et sur le raccordement. »

« L'éolien en mer existe déjà dans de nombreux pays depuis longtemps. Pourquoi se pose-t-on encore toutes ces questions ? »

« Je comprends que les éoliennes en mer seront bien plus grandes que les éoliennes à terre, mais comment les faire flotter. Est-ce risqué ? »

« Avec le permis enveloppe permettant aux industriels d'adapter leur projet, le public ne sait pas véritablement ce qu'il aura en face de lui. »

« Ce projet est peut-être très intéressant mais je ne suis pas très convaincu par la rentabilité qui pose déjà problème dans la mer du Nord. »

« Combien ça va nous coûter ce projet ? Qui va payer la facture ? »

LE FIL DES ÉCHANGES

Temps 1 : La technologie de l'éolien flottant, nouvelle ou ancienne ?

- *Anne Georgelin, Syndicat des Energies Renouvelables*
- *Philippe Veyan, Provence Grand Large, EDF renouvelables ; Olivier Guiraud, Qair ; Seif El Mistikawi, EFGL Engie ; Yannick Bocquenet, RTE*

Echanges avec les participant.e.s

Temps 2 : La politique industrielle : les acteurs et le modèle économique de l'éolien flottant en France

- *Matthieu Monnier, France Energie Eolienne*
- *Patricia Marin, Pôle Mer Méditerranée*
- *Victoire Cheminée, Commission de Régulation de l'Energie*
- *Alexis Darquin, Equinor*

Echanges avec les participant.e.s

20h00

Conclusion par la Commission particulière du débat public



Débat EOS Eoliennes flottantes

Quelles énergies en Méditerranée ?



SESSION 1

LA TECHNOLOGIE DE L'ÉOLIEN FLOTTANT, NOUVELLE OU ANCIENNE ?

L'ÉOLIEN FLOTTANT DANS LE MONDE AUJOURD'HUI : OÙ EN EST-ON ?

Anne GEORGELIN

Responsable de filières Energies marines renouvelables et
Hydroélectricité



L'éolien en mer dans le monde

La quasi-totalité des éoliennes installées dans le monde repose aujourd'hui sur des fondations posées

Installation, en 1991, du parc éolien en mer de Vindeby



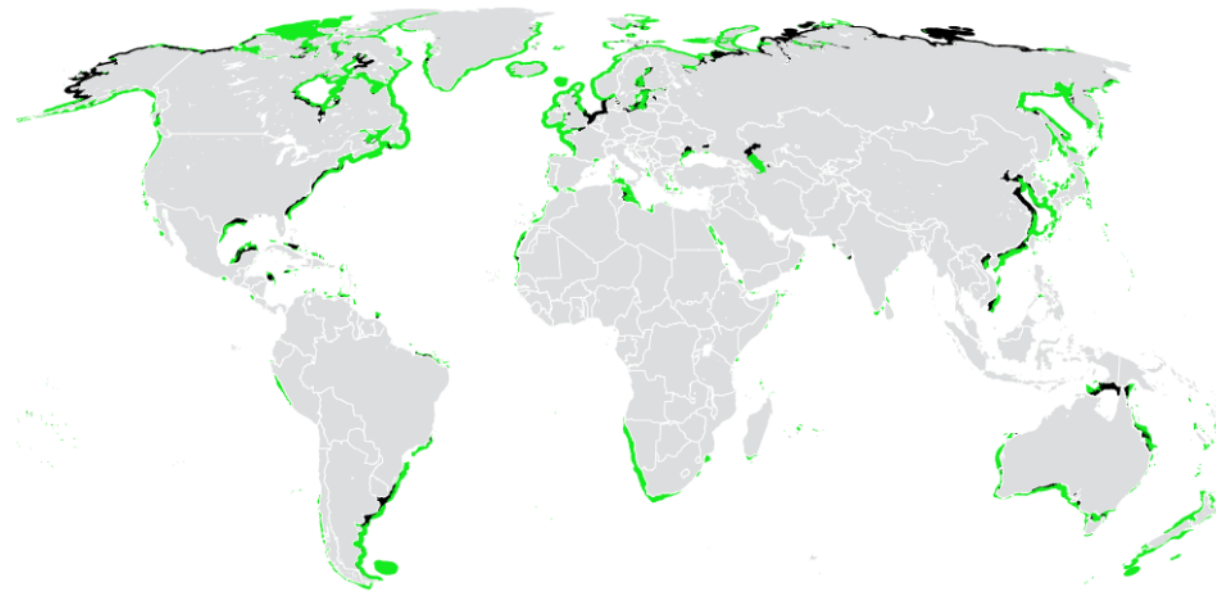
Sur une capacité mondiale de plus de 30 GW, l'Europe comptait fin 2020, 25 GW en service, soient plus de **5 400 turbines** connectées au réseau électrique.



Le potentiel de développement d'installations éoliennes sur des fondations flottantes conduit au développement rapide de ce marché

Opening Deeper Shorelines to Wind Turbines

■ Floating (more than 60m) ■ Traditional offshore



Note: Suitable area winds exceed 7m/s and are situated within 55km and 200km from shoreline.
Data: British Oceanographic Data Centre, Global Wind Atlas

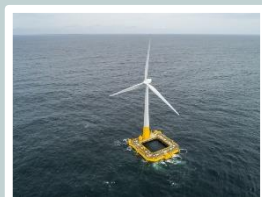
L'éolien en mer flottant dans le monde : installations en service

L'Europe compte :

- 62 MW en service
- 83% de la capacité mondiale



Floatgen (France)
2 MW



Kincardine (Ecosse) - 50 MW



Hywind Scotland (Ecosse) - 30 MW



WindFloat Atlantic (Portugal) - 25 MW



Sakiyama (Japon)
2 MW



Global figures

75 MW floating offshore capacity connected to the grid, with
62 MW located in Europe
8.4 MW is the largest floating wind turbine operational

Status_Floating_Group

- Online ■
- Planned/Early permitting ■
- Test/demonstration site ■
- Under construction ■
- Under permitting ■
- With permits ■

Country details

	Projects	MW
FRANCE	1	2
JAPAN	4	12
NORWAY	1	2
PORTUGAL	1	25
SOUTH KOREA	1	1
SWEDEN	1	0
UK	2	32

Source : WindEurope

L'éolien en mer flottant dans le monde : projets



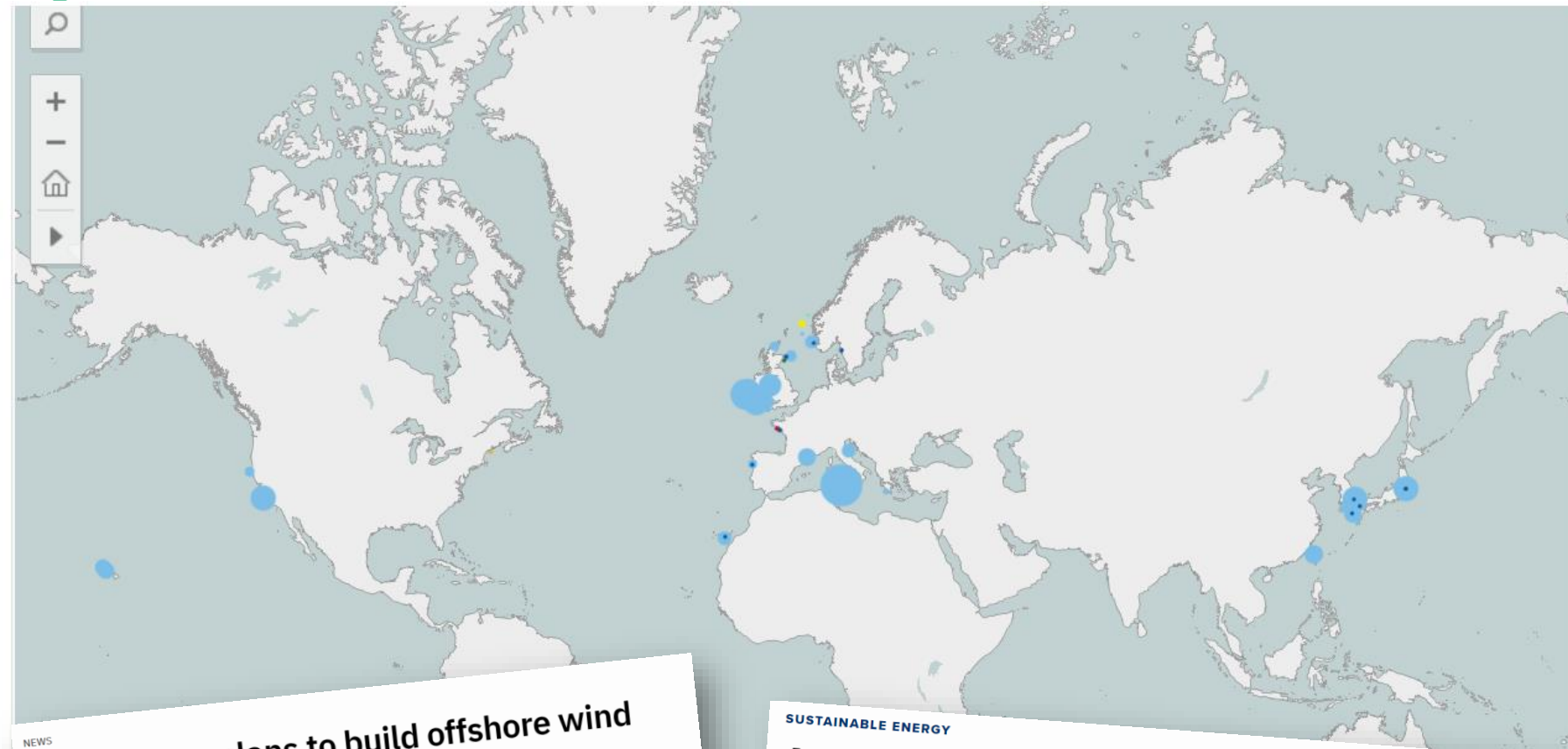
Des statuts incertains et différents degrés d'engagements selon les pays et projets

Status_Floating_Group

Online	■
Planned/Early permitting	■
Test/demonstration site	■
Under construction	■
Under permitting	■
With permits	■

Country details

	Projects	MW
FRANCE	10	1 911
GREECE	1	54
IRELAND	13	10 006
ITALY	3	3 343
JAPAN	14	2 823
NORWAY	8	904
PORTUGAL	2	150
SAUDI ARABIA	1	500
SOUTH KOREA	15	5 614
SPAIN	14	2 110
SWEDEN	2	1
TAIWAN	5	2 000
UK	14	6 463
UNITED STATES	10	3 627



NEWS
South Korea plans to build offshore wind farm
 10 May 2021 (Last Updated May 10th, 2021 10:02)
 The South Korean Government has announced plans to build an offshore wind farm off the coast of Ulsan by 2030.

SUSTAINABLE ENERGY
Japan targets floating wind farms for its deep coastal waters
 PUBLISHED TUE, AUG 24 2021-10:02 AM EDT

News
ScotWind leasing round attracts 74 industry bids July 2021
 Huge industry interest in ScotWind leasing Round 1

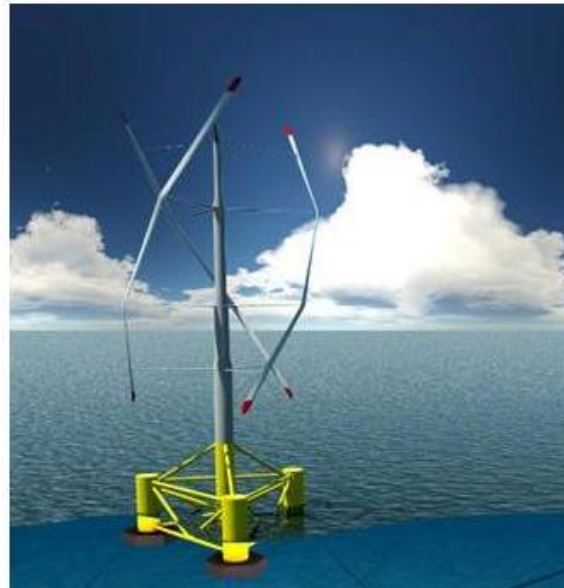
POURQUOI LA TECHNOLOGIE DE L'ÉOLIENNE FLOTTANTE EST LA MÊME
QUE POUR LE TERRESTRE (3 PÂLES) ?
L'ÉOLIEN FLOTTANT N'EST-IL PAS L'OCCASION D'INNOVER SUR LA
PARTIE ÉOLIENNE ?

Philippe VEYAN

Directeur de l'action territoriale et des autorisations, direction des Energies Marines



EOLIENNE A AXE VERTICAL NENUPHAR PRESENTATION (2011)



Un produit standard

Profondeur: **> 50 m**

Puissance: **2 MW**

Une éolienne à axe vertical simple et robuste :

- ❑ Une **architecture de l'éolienne optimisée**:
 - sans système d'orientation de la nacelle,
 - sans système de calage variable des pales,
 - sans boîte de vitesse (multiplicateur).
- ❑ Des **taux de disponibilité supérieurs** à ceux des éoliennes conventionnelles grâce à un générateur à aimants permanents à attaque directe (solution éprouvée dans l'hydroélectricité) et un nombre réduit de systèmes (50% en nombre de composants).
- ❑ Des **rendements aérodynamiques comparables** à ceux des éoliennes conventionnelles).

Un flotteur de taille réduite et optimisée :

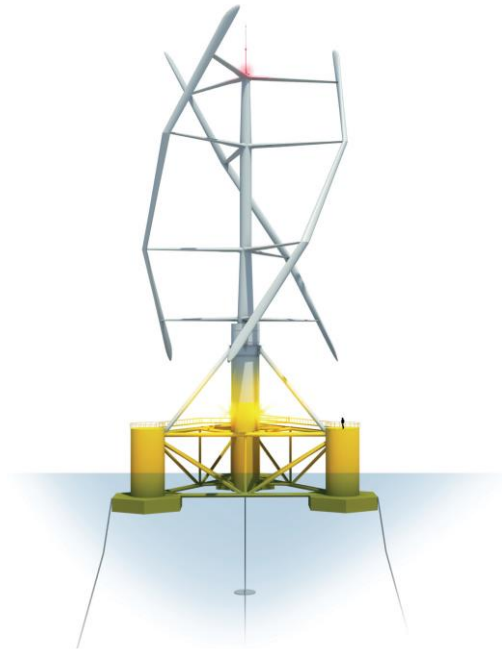
- ❑ Les éoliennes à axe vertical présentent des **moments déstabilisateurs notablement inférieurs** à ceux des éoliennes à axe horizontal.
- ❑ Le **flotteur** peut donc être **moins volumineux** et nécessite l'emploi de **moins de ballast**.

Historique du projet pilote PROVENCE GRAND LARGE

2011

éolienne NENUPHAR

13 x turbines axe vertical 2 MW



2021

éolienne SIEMENS GAMESA

3 turbines axe Horizontal 8MW



Des adaptations attendues pour le futur

NACELLES :

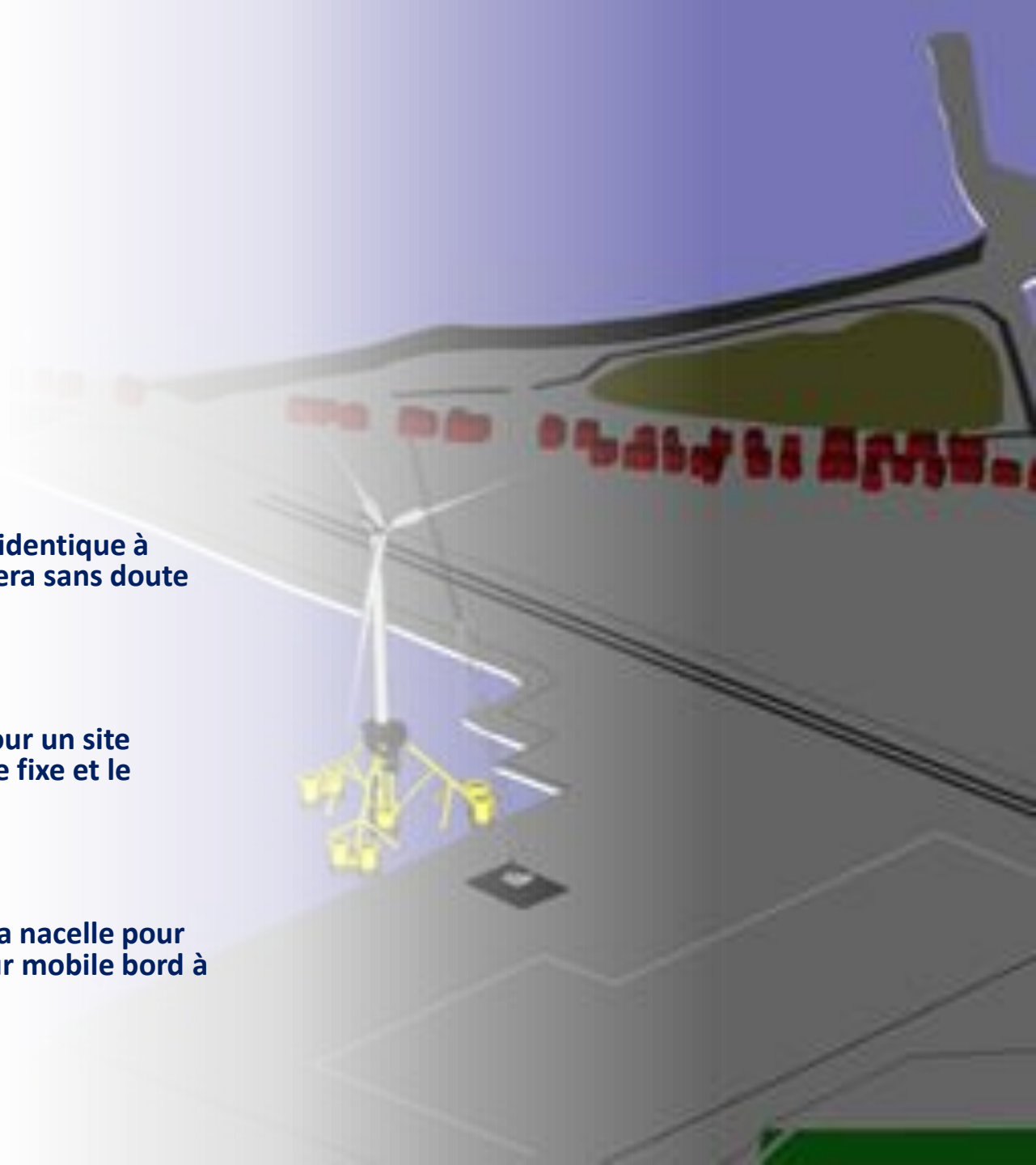
Sur PGL le design de la nacelle est identique à celui des éoliennes fixes. Cela restera sans doute valable dans un futur proche.

TOURS :

Les tours sont toujours conçues pour un site donné. Approche identique pour le fixe et le flottant.

FUTUR :

Modification de la conception de la nacelle pour faciliter l'intégration sur un flotteur mobile bord à quai



QUELS SONT LES PARAMÈTRES DE CHOIX DES FLOTTEURS ?
LES CHOIX DES FERMES PILOTES EN LA MATIÈRE
PRÉFIGURENT-ILS DE L'AVENIR ?

Olivier GUIRAUD

Directeur Général de Qair Marine

Qair

L'Appel à Projet Éolien Flottant de l'ADEME

Lancé en 2015

Principes

Un zonage : 4 zones propices ont été définies par le gouvernement à l'issue de concertations de façades

Un projet : de 3 à 6 éoliennes de puissance unitaire mini de 5 MW et connecté au réseau public de transport de l'électricité

Une technologie : le candidat devra établir une offre Éolienne + Flotteur + Ancrages + Câbles

Un plan industriel : « *permettant de faire émerger un champion français* » capable d'exporter

Une durée de démonstration : souhaitée de 15 à 20 ans avec le plan économique associé

Objectifs

Valider les performances et la fiabilité de l'ensemble des technologies

Développer et valider les systèmes de contrôles commande des éoliennes

Apporter un retour d'expérience sur les impacts sur les autres activités et sur l'environnement

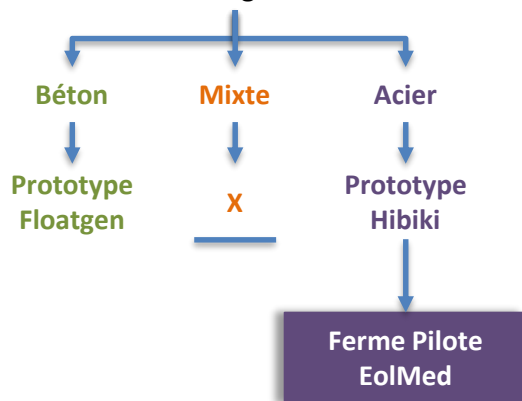
Lever les risques inhérents au site

Permettre aux différents acteurs économiques d'acquérir de l'expérience qui servira à consolider le modèle économique et l'élaboration d'offres commerciales

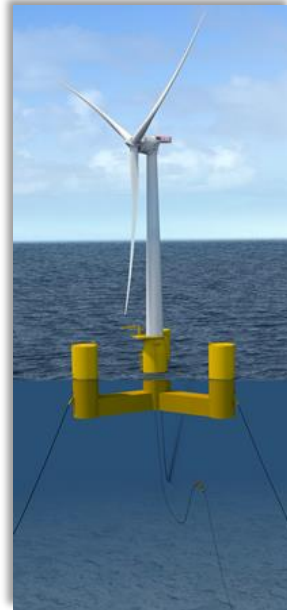
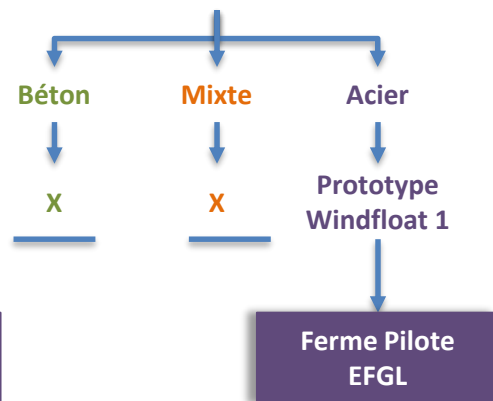
État de l'art des Technologies de Flotteurs Au moment de l'AAP de l'ADEME



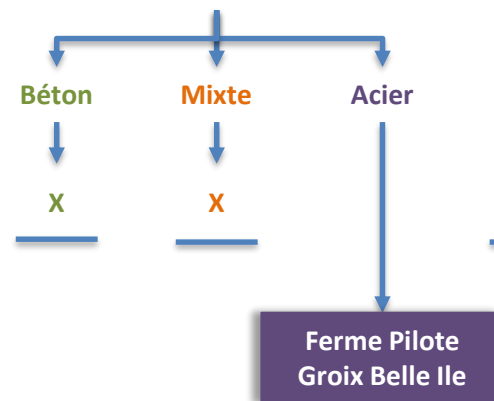
**SEMI-SUBMERSIBLE
Barge**



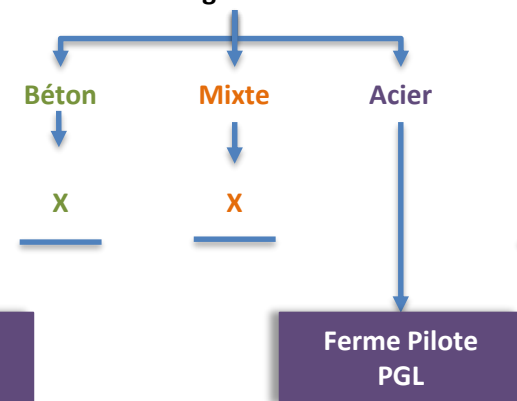
**SEMI-SUBMERSIBLE
Colonnes**



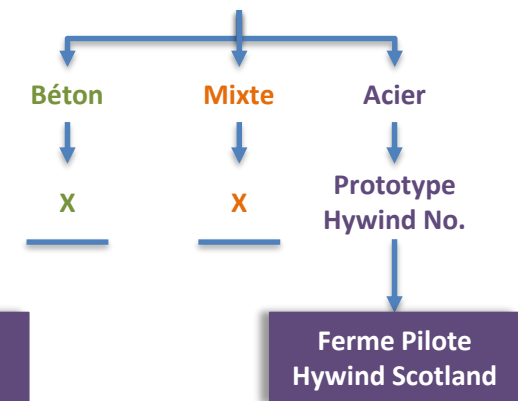
**SEMI-SUBMERSIBLE
Pontons et Colonnes**



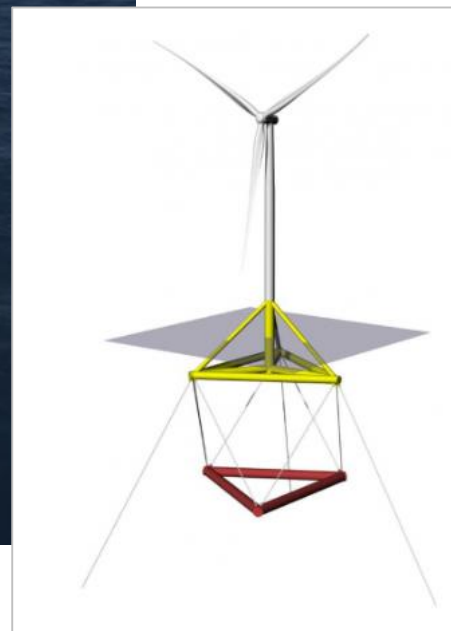
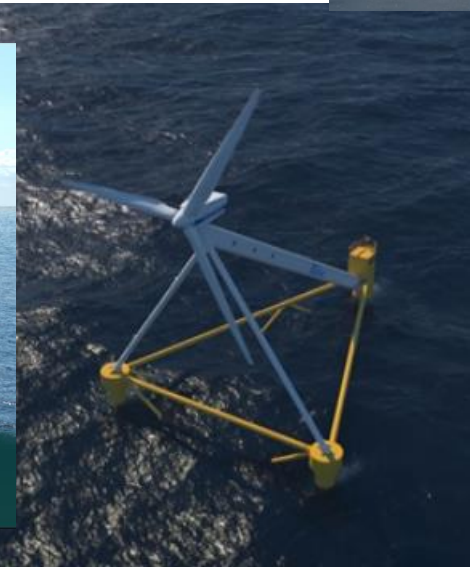
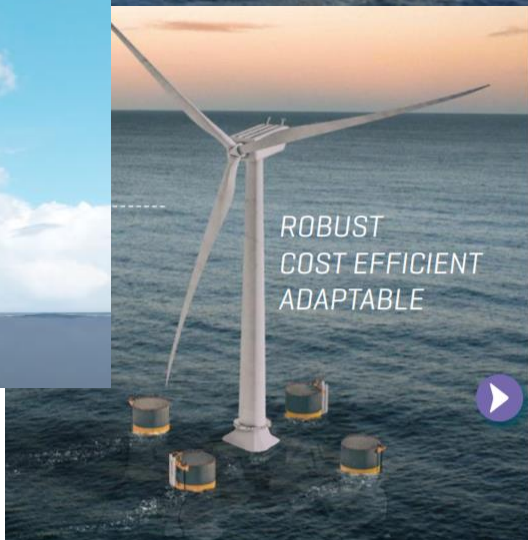
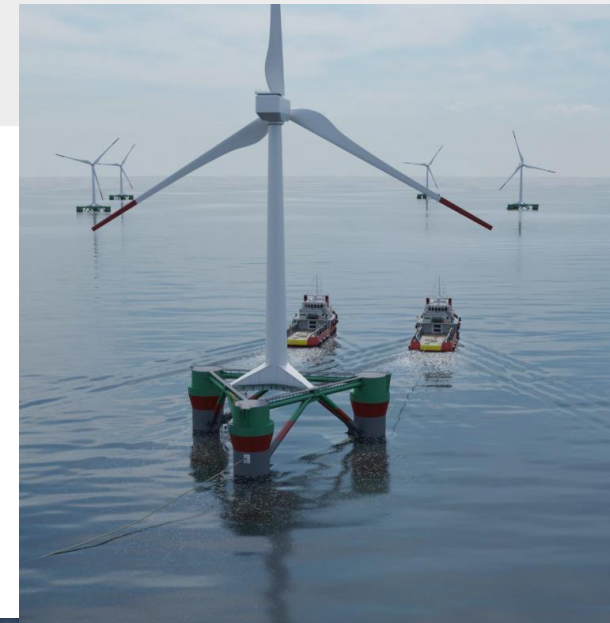
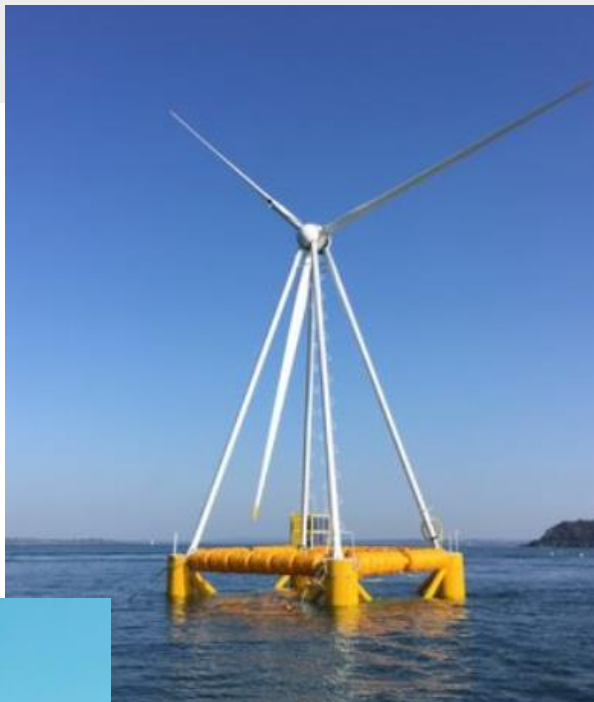
**TLP
Ancrages Tendus**



SPAR



Depuis ...



QUELS SONT LES OPTIONS POUR L'ANCRAGE ET LE RACCORDEMENT DES ÉOLIENNES ENTRE ELLES ET À TERRE ?

Seif EL MISTIKAWI

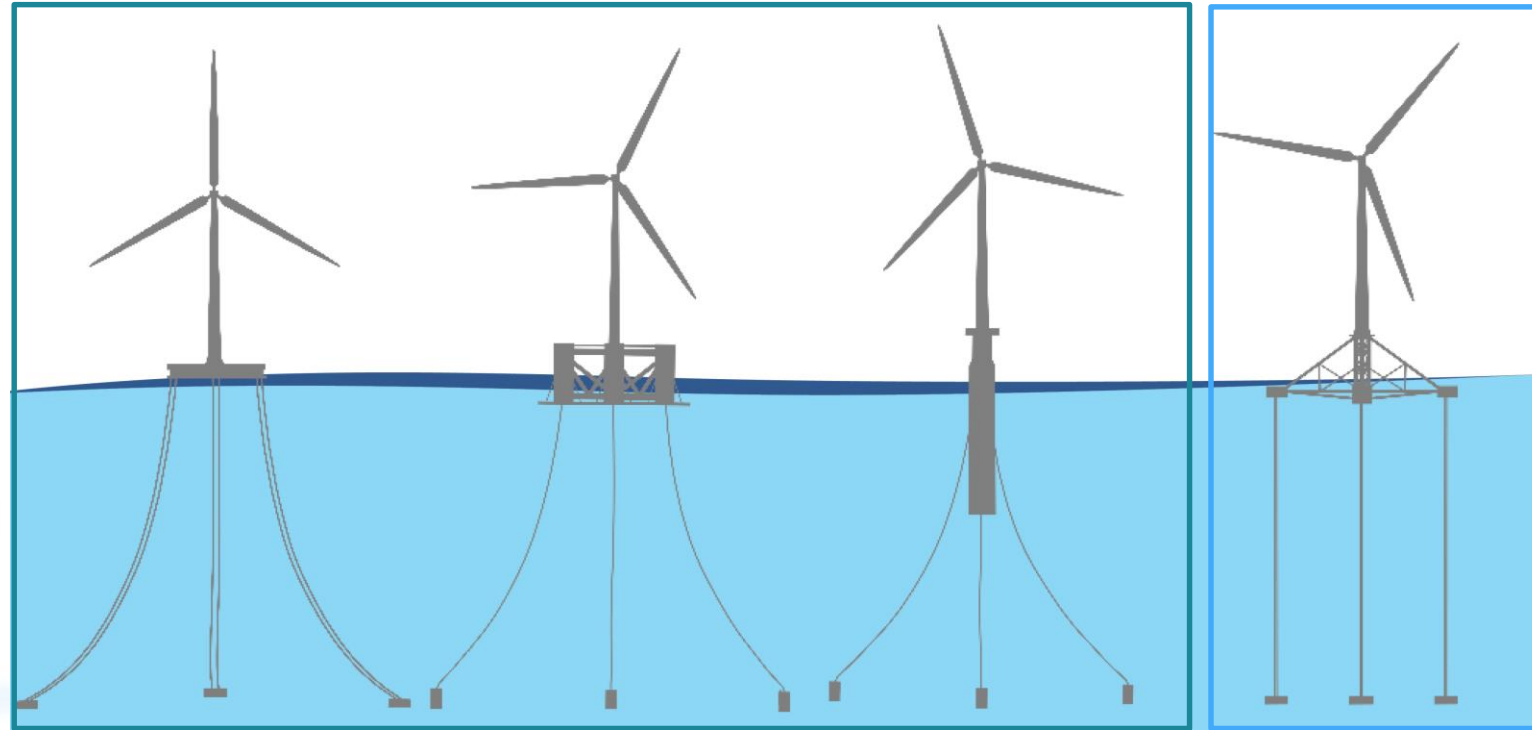
Responsable technique EFGL



Debat Public EOS Eolien Flottant en Méditerranée

Thématique: Ancrage et cables inter- éoliennes

Systemes d'ancrage - les principaux types de concept

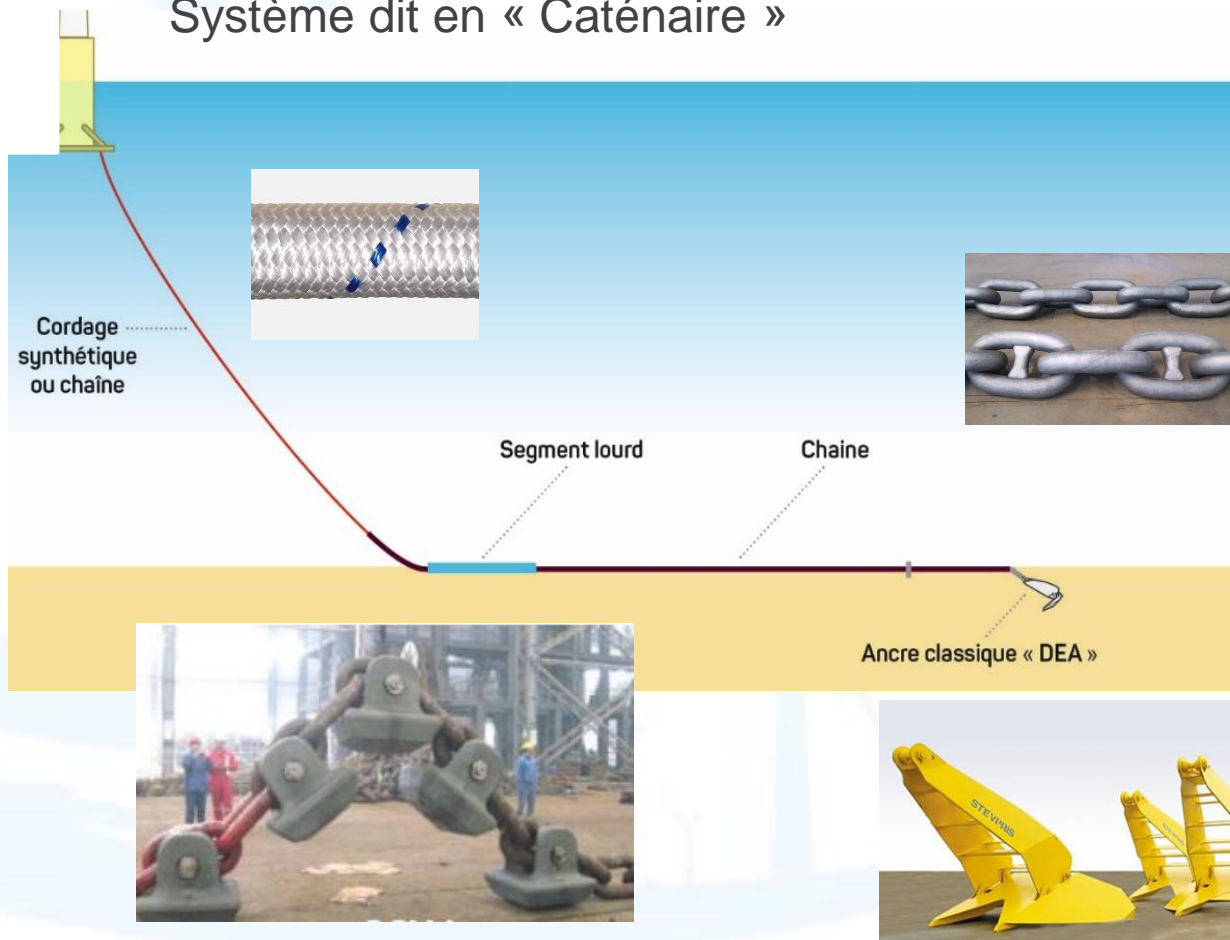


Systeme dit en « Caténaire »

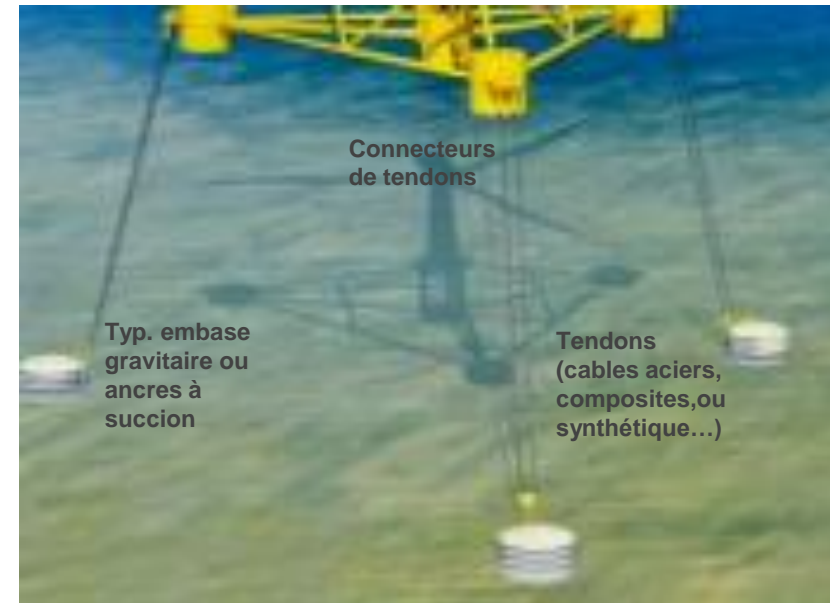
Systeme dit « Tendu
(ou semi-tendu) »

Systemes d'ancrage - les principaux types de concept

Systeme dit en « Caténaire »



Systeme dit « Tendé (ou semi-tendé) »



Les composants utilisés pour ces deux systemes, sont tous issus de l'industrie pétrolière en mer, bénéficiant d'un **large retour d'expérience**

Cables inter-éoliennes

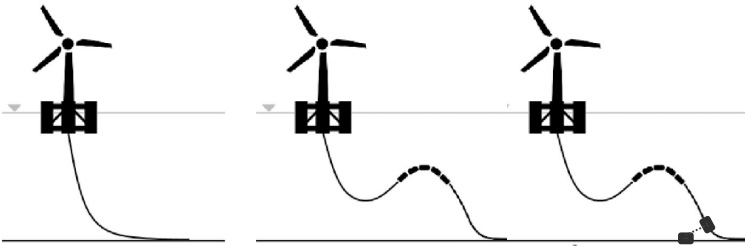


Différentes configurations de câbles dynamiques

Free hanging catenary

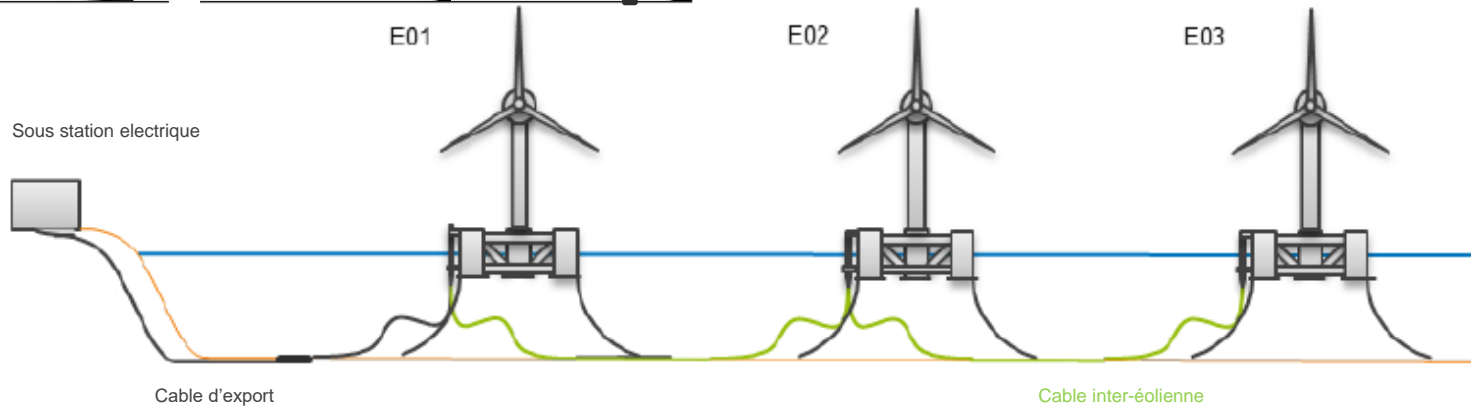
Lazy wave

Pliant wave

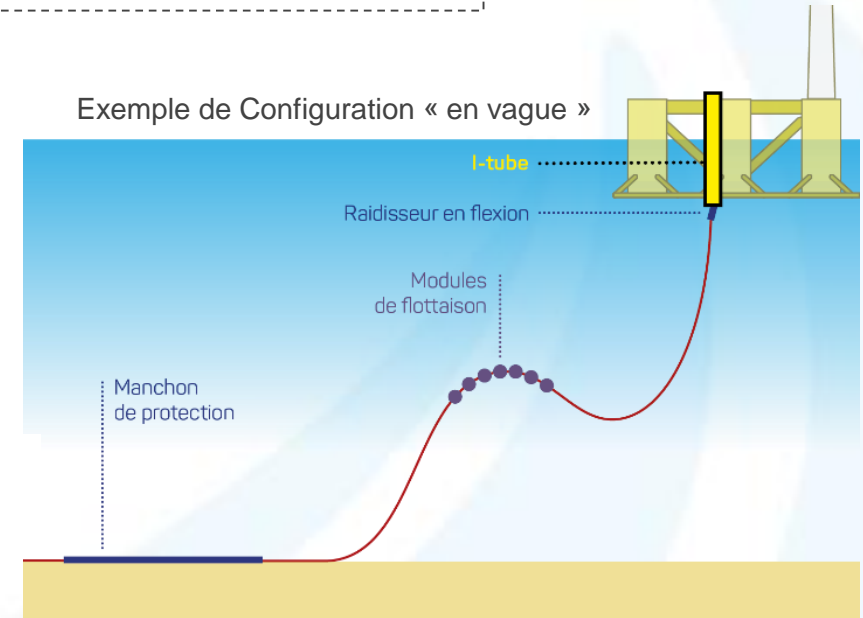


De nombreux câbles dynamiques ont été installés sur les plateformes flottantes dans l'industrie pétrolière. Il s'agit, dans le cadre de l'éolien flottant d'adapter les configurations et armures aux mouvements spécifiques de chaque flotteur

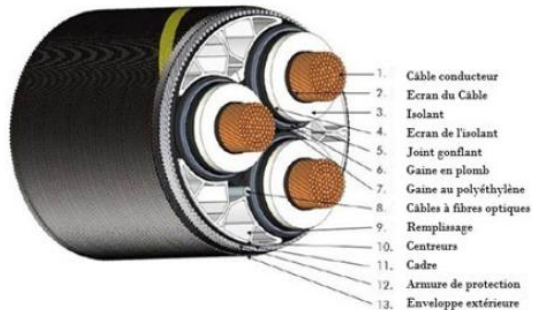
Exemple de vue en élévation (ferme pilote EFGL)



Exemple de Configuration « en vague »



Section de câble « dynamique », avec armures métalliques



Raidisseur en flexion



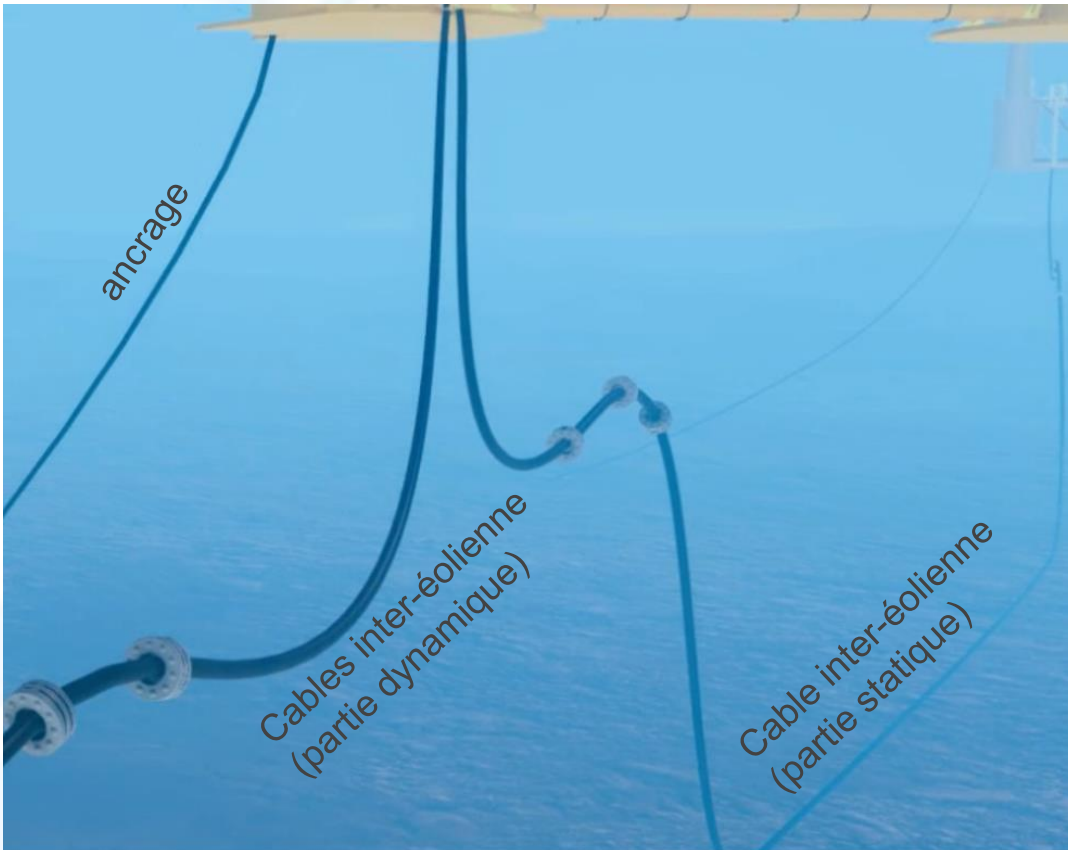
Module de flottaison



Les enjeux de conception Ancrage/Cable spécifiques à l'éolien flottant



Exemple de vue sous marines (ferme pilote EFGL)



- Assurer la **sécurité** des installations et des usagers de la mer dans des **conditions environnementales extrêmes**
- **Couplage fort** éolienne, flotteur, ancrage... modélisation complexe
- Charges sur ancrages augmentant avec **la taille des éoliennes**
- Adapter les types d'ancrage **aux conditions de sols, aux profondeurs**
- **Limiter les excursions du flotteur** pour faciliter la conception des cables inter-éoliennes
- **Réduire** la charge sur le flotteur (exemple ancrage synthétique)
- **Faciliter la déconnexion / reconnexion** des lignes d'ancrage et cables inter-éoliennes
- **Limiter les pertes** de production d'électricité
- **Réduire au maximum l'empreinte** au sol (contraintes environnementales, espacement entre les éoliennes...)
- Et bien sur, optimiser les **coûts**...

A large offshore wind turbine with a white tower and yellow base, situated in the ocean under a blue sky with white clouds. The tower has a red stripe near the top. A yellow platform with railings is attached to the base of the tower. In the background, other wind turbines are visible on the horizon.

Merci de votre attention

www.info-efgl.fr

Facebook : efglLeucateleBarcares

Twitter : @EFGLgolfedulion

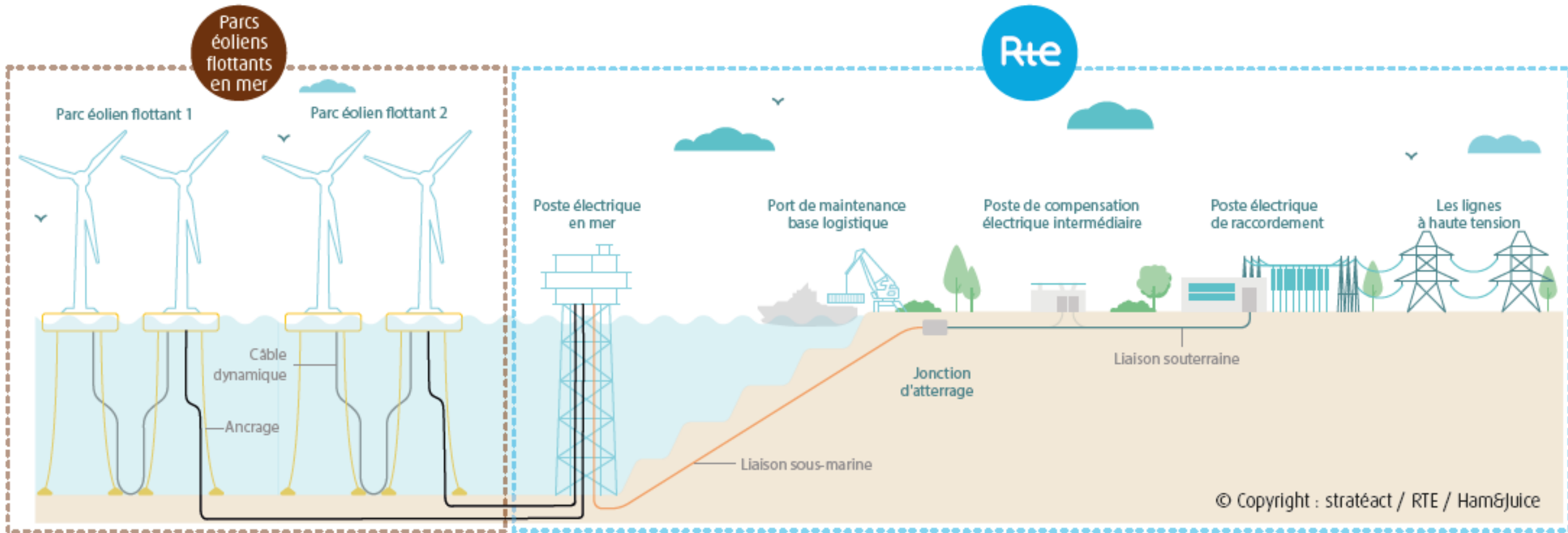
QUELS SONT LES OPTIONS POUR L'ANCRAGE ET LE RACCORDEMENT DES ÉOLIENNES ENTRE ELLES ET À TERRE ?

Yannick BOCQUENET

Responsable de projets, RTE



CONSISTANCE TECHNIQUE D'UN RACCORDEMENT



© Copyright : stratéact / RTE / Ham&Juice

En Mer

- 1 Liaison tripolaire pour 250 MW
- 3 Liaisons pour 750 MW

HVAC

A Terre

- 3 Liaisons « simples » séparées de 6 à 10m,
- ou 1 Liaison Simple + 1 Liaison double

Un poste électrique en mer de Raccordement mutualisé pour les 2 parcs

Une liaison Sous-Marine 225 kV simple, plus 2 autres à terme

Une jonction d'atterrage, plus 2 autres à terme

Un poste intermédiaire de compensation proche de l'atterrage

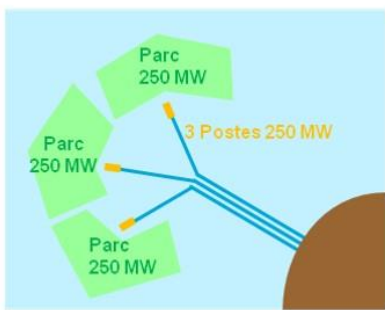
Une liaison Souterraine 225 kV simple, plus 2 autres à terme

Raccordement dans un poste 400kV ou 225 kV existant

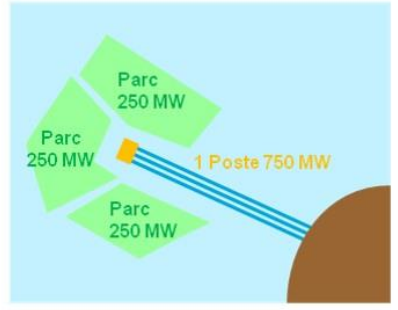


Poste posé

Raccordements non mutualisés

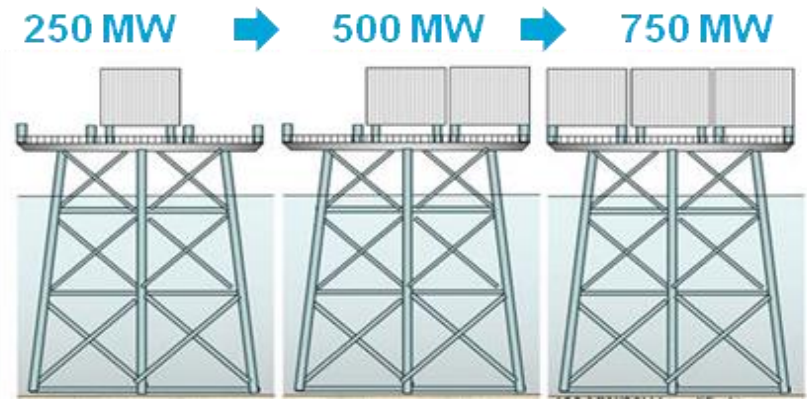


Raccordements mutualisés

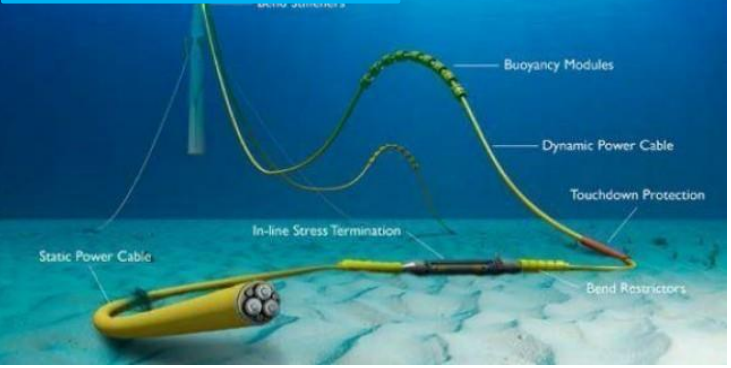


Poste flottant

Une plateforme modulaire



Câble dynamique





Débat EOS Eoliennes flottantes

Quelles énergies en Méditerranée ?



ÉCHANGES AVEC LES PARTICIPANT.E.S



Débat EOS Eoliennes flottantes

Quelles énergies en Méditerranée ?



SESSION 2

LA POLITIQUE INDUSTRIELLE : LES ACTEURS ET LE MODELE ECONOMIQUE DE L'ÉOLIEN FLOTTANT EN FRANCE

LA FILIÈRE DE L'ÉOLIEN FLOTTANT EN FRANCE

Matthieu MONNIER

Adjoint au délégué général



Débat public Eoliennes flottantes en Méditerranée

Atelier en ligne « Politique industrielle et
territoires »

30 août 2021

France Energie Eolienne (FEE) – en quelques mots

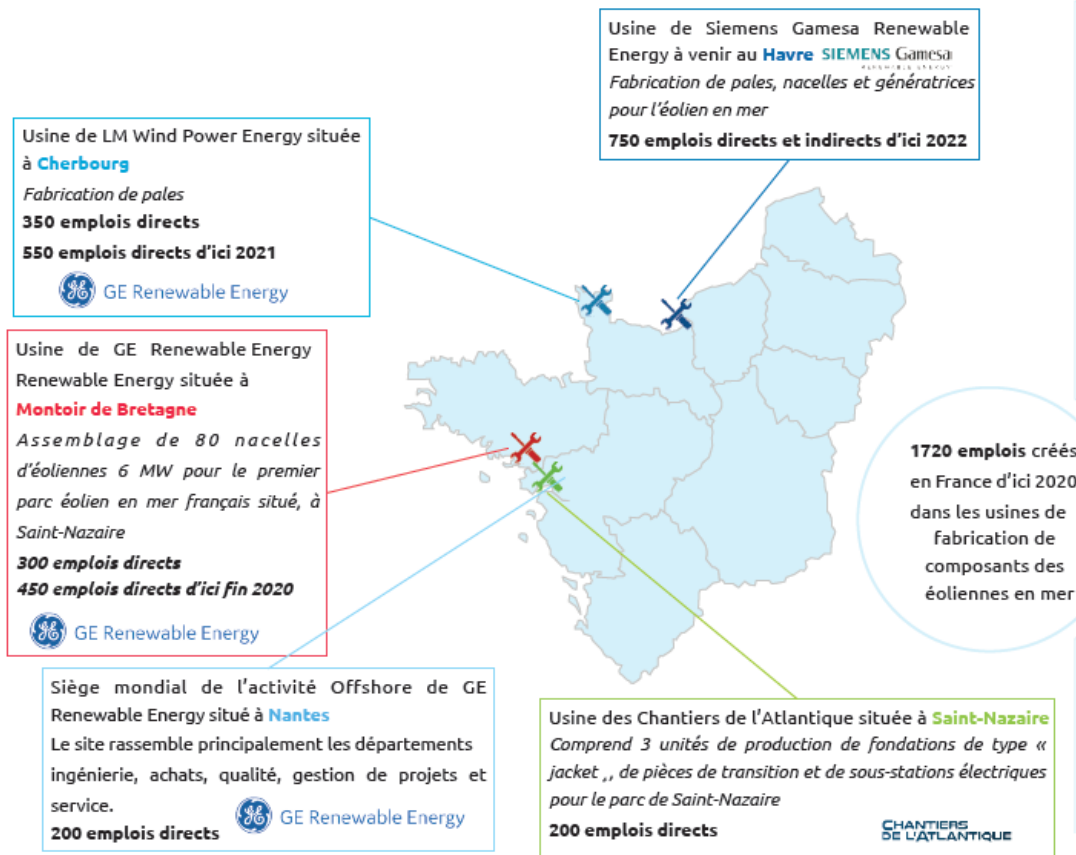
➤ France Energie Eolienne, représentant de la filière éolienne en France

- Association loi 1901, créée en 1996, basée à Paris et représentée dans toutes les régions (groupes régionaux)
- 19 administrateurs (dont le Président : Nicolas Wolff), 15 permanents
- 9 commissions : **Offshore**, Industrie, Exploitation, Economique, Lois & Réglementations, Communication...
- 7 groupes régionaux (GR) dont le Sud (régions Sud et Occitanie) : délégué régional offshore → Olivier Guiraud
- **315 structures** adhérentes en août 2021;
- Les membres de FEE ont construit plus de 90% des éoliennes en France, ils en exploitent plus de 85%.

L'éolien en France

- **20 200 emplois directs et indirects**, non délocalisables, en France, à la fin 2019 ([Observatoire de l'éolien 2020](#), CapGemini Invent pour FEE);
- **8,8 % de l'électricité consommée** en France en 2020 (Panorama de l'électricité renouvelable 2020 – RTE);
- **17,616 GW** d'éolien terrestre installés et raccordés au 31.12.2020
- **Près de 3,6 GW de projets éoliens en mer attribués par AO / AAP**; AO4 (~1 GW – posé), AO5 (250 MW – EOF), AO6 (250 MW x2) et AO7 (500-1000 MW – posé) en préparation.

Une structuration de la filière éolien en mer à l'œuvre en France



Source : Etude FEE

- Forte structuration de la filière industrielle française en lien avec le lancement de la construction des six premiers parcs éoliens en mer (AO1-2).
- Un tiers des unités de production européennes de production de composants (pales, nacelles, sous-stations électriques, etc.) dédiées à l'éolien en mer sont localisées en France.
- Une localisation des infrastructures industrielles au plus proche des futurs parcs de Normandie, des Pays de la Loire et de Bretagne.

Des retombées concrètes pour les territoires



GE France @GE_France · 21 av. ...

Les 40 premières nacelles d'éoliennes en mer destinées au parc #EolienEnMer de Saint-Nazaire sont sorties de notre usine ! Une étape clé que nous célébrons avec nos équipes chez @GERenewables, @EDF_RE et @Enbridge
@EolienMerSNA



Maquette de l'usine de Siemens Gamesa Renewable Energy au Havre



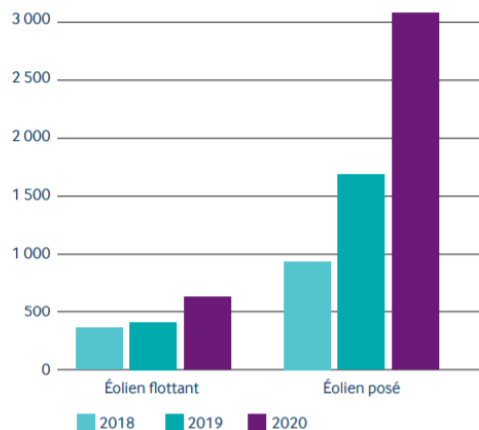
Une forte dynamique en termes d'investissements et de créations d'emplois



	Organismes de recherche et/ou formation	Développeurs Exploitants	Entreprises prestataires et/ou fournisseurs de la chaîne de valeur	Acteurs institutionnels et gestionnaires de port	TOTAL
Nombre d'ETP* <small>*emplois équivalent temps plein</small>	233 (-9%*)	576 (+32%)	3 992 (+72%)	58 (+22%)	4 859 (+59%)
Chiffre d'affaires 2020 (k€)	11 660 (+21%)	8 955 (+4 378%)	806 474 (+174%)	6 448 (+268%)	833 537 (+173%)
Investissements 2020 (k€)	4 314 (+60%)	1 228 052 (+324%)	153 481 (+87%)	71 523 (-3%)	1 457 370 (+222%)
Répondants	23 (-28%)	20 (+33%)	217 (+6%)	30 (-23%)	290 (=)

*% d'évolution sur un an

ÉVOLUTION DE L'EMPLOI DANS L'ÉOLIEN EN MER



Source : [Observatoire des énergies de la mer](#) 2021, juin 2021

- En 2020, le nombre d'emplois dans le secteur des EMR a connu une croissance annuelle historique de 59% avec 4 859 emplois fin 2020. Avec 3 715 ETP, l'éolien en mer comptabilise 93% des emplois, dont 77% pour l'éolien posé (+4 points) et 16% pour l'éolien flottant (-1 point).
- De même, les investissements annuels dans le secteur ont connu une croissance de 222% en 2020 pour atteindre 1,46 milliards d'euros.
- Cette forte dynamique est la conséquence directe du lancement de la construction des premiers parcs éoliens en mer français.
- Elle devrait être encore amplifiée avec la mise en service des premiers parcs en 2022/2023 et la construction de nouveaux parcs éoliens en mer.

La France est l'un des pays pionniers de l'éolien flottant dans le Monde

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

- La France est probablement **le pays qui a investi le + sur l'éolien en mer flottant**, avec 4 projets de fermes pilotes éoliennes flottantes;
- Elles permettront de tester **la viabilité économique, les interactions avec le milieu marin et nombre d'hypothèses techniques**, dans des conditions pré-commerciales;
- Elles constituent de **véritables retours sur expérience** en amont du développement des projets commerciaux.

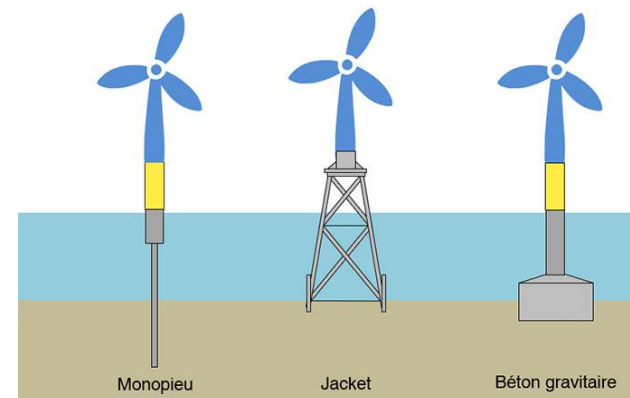
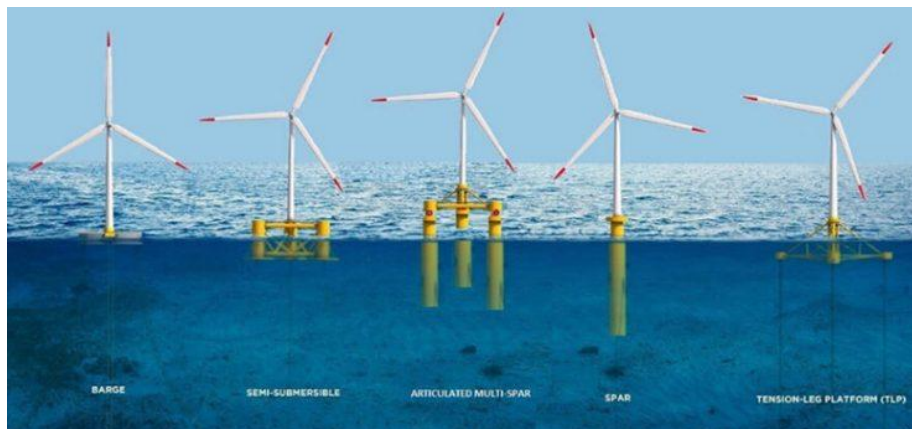


FLOATGEN, 1^{er} démonstrateur d'éolienne flottante en France, installée en 2018
Objectif : confirmer la performance de la combinaison de l'éolienne et de la fondation flottante
Capacité : 2 MW (Vestas V-80)
Site d'installation : Le Croisic
Profondeur d'eau : 33 mètres
Production : 6 GWh en 2019
Consortium :

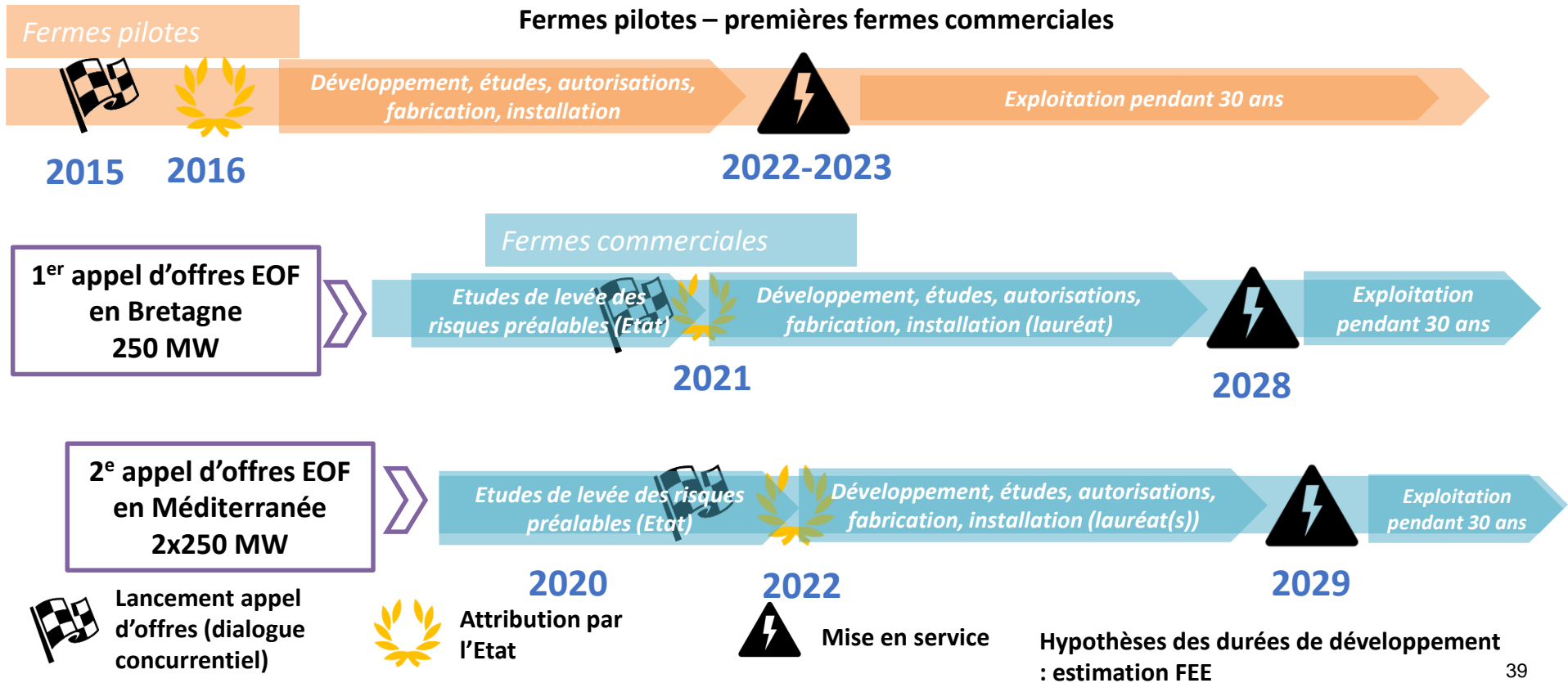
Projet	Caractéristiques	Partenaires industriels
Provence Grand Large	3 éoliennes - 24 MW	EDF, OF FERRIS, SIEMENS Gamesa
Groix-Belle Ile	3 éoliennes - 28,5 MW	EDF, CGN, VINCI, NATAL, MV
Eolmed	3 éoliennes - 30 MW	Qair, ideal, RSK, MV
Eoliennes Flottantes du golfe du Lion (EFGL)	3 éoliennes - 30 MW	OW, RSK, PIRACAP, MV

Les spécificités de l'éolien en mer flottant

- La spécificité de l'éolien en mer flottant vis-à-vis de l'éolien en mer posé réside dans son **système de flottaison et d'ancrage aux fonds marins**.
- Le flotteur, les câbles dynamiques et le système d'ancrage aux fonds marins sont les principales différences avec l'éolien en mer posé.
- Par ailleurs, **le montage du système éolienne-flotteur et les opérations de maintenance les plus lourdes (rares) peuvent avoir lieu directement au sein des ports** dans le cas de l'éolien en mer flottant.
- Pour autant, **80% de la chaîne de valeur des deux sous-filières est commune**.



Chronologie de développement de l'éolien en mer flottant en France
Fermes pilotes – premières fermes commerciales



→ Une période d'environ 7 ans (estimation) entre la mise en service des fermes pilotes méditerranéennes (2022-2023) et des parcs commerciaux (2029-2030) devrait permettre de tirer d'importants retours d'expérience (environnementaux notamment) et de gagner en compétitivité.

L'importance clef des infrastructures portuaires



- Les ports des Régions Occitanie et Sud-Provence-Alpes-Côte d'Azur investissent massivement pour permettre le déploiement de la filière éolien en mer flottant sur le bassin méditerranéen.
- **Construction d'un terminal dédié aux EMR sur le port de Port-la-Nouvelle en Occitanie** pour permettre l'acheminement des composants, l'assemblage des éoliennes, le lancement à l'eau et la maintenance des parcs.
- **Les ports constitueront les épices des projets commerciaux** : il s'agira avant tout de chantiers sur terre (= chantiers navals) avant d'aller implanter les éoliennes flottantes déjà assemblées, en mer. Des adaptations dans les infrastructures s(er)ont à prévoir.

Le modèle économique de l'éolien en mer : vers une parité avec les marchés de l'électricité

- Au moment de l'appel d'offres, chaque candidat propose un prix cible (en €/MWh et hors raccordement (pris en charge par RTE)) qui correspondra à des revenus garantis s'il est sélectionné.
- Une fois un lauréat retenu et le parc mis en service, la rémunération du producteur se décompose en deux parties :
 - ⌘ **Le prix de marché de l'électricité** sur lequel le producteur vend l'électricité produite.
 - ⌘ **Le complément de rémunération garanti par l'Etat** correspondant à la différence entre le prix cible proposé par le lauréat et le prix de marché de l'électricité. Il peut être une source de revenus pour l'Etat (voir le cas du projet de Dunkerque / AO3 – CRE).
- **Rémunération (€/MWh) = Prix-cible = Prix de marché + Complément de rémunération.**
- **Prix cible visé pour les deux premiers parcs méditerranéens de 120 €/MWh.**
- **Objectif d'atteindre la parité-prix** entre l'éolien en mer posé et l'éolien en mer flottant dans les projets attribués **d'ici la fin de la décennie, à la condition de volumes suffisants.**

FOCUS SUR LES RÉGIONS PACA ET OCCITANIE

Patricia MARIN

Responsable Energies Marine Renouvelables



Animation de la filière

- **+ de 500** Entreprises et laboratoires identifiés sur la façade Méd avec une centaine de confirmés: annuaires numériques en préparation
- De nombreux projets de R&D dédié à la filière: + 60 projets pour environ 170 M€
- Un salon international dédié à la filière né en Méd



1. DÉVELOPPEMENT DU PROJET

- R&D
- CONSULTANT / CABINET DE CONSEILS
- DÉVELOPPEUR
- CONCERTATION
- ÉTUDES GÉOPHYSIQUES, MÉTÉOCEAN ET CARACTÉRISATION DE SITE
- COLLECTE / ANALYSE DE DONNÉES
- INGÉNIERIE / DESIGN ÉQUIPEMENT
- FINANCEMENT
- CERTIFICATION, RÉGLEMENTATION ET ASSURANCE

2. FABRICATION

- TURBINIERS / COMPOSANTS
- RACCORDEMENT
- ÉQUIPEMENT MARINE
- ÉQUIPEMENT ET SERVICES ÉLECTRIQUES / ÉLECTRONIQUES
- ÉQUIPEMENTS ET SERVICES MÉCANIQUES / HYDRAULIQUES
- SYSTÈMES DE CONTRÔLES / OPTIMISATION / AUTOMATISMES
- PRÉPARATION, TRAITEMENT DE SURFACE
- USINAGE
- FABRICATION MÉTALLIQUE / CHAUDRONNERIE

CHAÎNE DE VALEUR ÉOLIEN OFFSHORE FLOTTANT

5. AUTRES

- ADMINISTRATIONS, COLLECTIVITÉS PÔLES ET CLUSTERS
- FORMATIONS
- ACADÉMIQUES / LABORATOIRES
- AUTRES

4. EXPLOITATION

- MAINTENANCE
- INSPECTION
- SERVICES MARITIMES ET LOGISTIQUES
- TRANSPORTS MARITIMES
- GESTION DES PARCS
- SYSTÈMES DE MAINTENANCE
- OPTIMISATION DE LA PRODUCTION
- DATA / MONITORING
- HYGIÈNE ET SÉCURITÉ

3. CONSTRUCTION, ASSEMBLAGE ET DÉPLOIEMENT

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ LOGISTIQUE, SERVICES PORTUAIRES ■ GÉNIE CIVIL ■ RACCORDEMENT ■ LEVAGE / TRANSPORT ■ CONSTRUCTION ■ PRÉ-ASSEMBLAGE | <ul style="list-style-type: none"> ■ ASSEMBLAGE ÉOLIENNE ■ ASSEMBLAGE ÉOLIENNE ET FLOTTEUR ■ INSPECTION ■ COMMISSIONNING (MISE EN SERVICE) ■ OPÉRATIONS MARITIMES |
|--|--|

LE MODÈLE ÉCONOMIQUE DE L'ÉOLIEN FLOTTANT EN FRANCE

Victoire CHEMINEE

Chargée de mission Energies renouvelables





COMMISSION
DE RÉGULATION
DE L'ÉNERGIE

30 AOUT 2021

Débat public EOS – éoliennes flottantes en Méditerranée

Le modèle économique de l'éolien en mer

Victoire CHEMINEE

Chargée de mission au département dispositifs de soutien aux énergies renouvelables et aux consommateurs

Commission de régulation de l'énergie

RÔLE DE LA CRE

- La CRE participe au développement de l'éolien en mer en tant qu'autorité administrative indépendante à deux titres :

1. La sélection du lauréat à travers la procédure du dialogue concurrentiel
2. La régulation incitative des investissements de RTE

1. La CRE participe à différentes étapes du dialogue concurrentiel :

- Elle reçoit les candidatures des entreprises ou groupements d'entreprises souhaitant participer au dialogue concurrentiel et propose au gouvernement une liste de celles correspondant aux critères qu'il a fixés.
- Elle donne un avis au gouvernement sur le projet de cahier des charges défini au cours du dialogue concurrentiel.
- Elle reçoit les candidatures, les instruit et propose au gouvernement un lauréat.

2. La CRE encadre l'investissement lié au raccordement :

- Elle fixe un budget cible.
- RTE est financièrement incité à le respecter.

LES COÛTS DE L'ÉOLIEN EN MER

ÉOLIEN EN MER POSÉ

L'éolien en mer posé et l'éolien en mer flottant : deux technologies complémentaires à des stades de développement différents et à des coûts différents

Prix des parcs éolien en mer posés prévus

- Les six premiers parcs (3 sur la façade normande, 1 en baie de Saint-Brieuc, 1 à Saint-Nazaire et 1 à Yeu-Noirmoutier) ont été attribués en 2011 et 2013 à des prix de l'électricité de l'ordre de **165 à 200 €/MWh** puis renégociés par l'Etat en 2018 à des prix de l'ordre de 130 à 150 €/MWh
- Le parc de Dunkerque a été attribué en 2019 au prix très compétitif de **44 €/MWh**
- Une nouvelle procédure d'appel d'offres a été lancée pour attribuer un parc en Normandie ; la PPE indique un prix cible de **60 €/MWh**

Baisse du niveau du soutien

Cette baisse – qu'on retrouve dans d'autres pays européens – procède de plusieurs phénomènes :

- L'augmentation de la taille des pales (plus d'énergie du vent captée)
- L'augmentation de la hauteur des éoliennes (moyenne de vents plus importante)
- L'augmentation de la puissance des génératrices (plus d'énergie électrique produite en cas de vents forts)
- Une amélioration des conditions de financement (baisse des taux)
- L'industrialisation de la filière et les effets d'échelle

LES COÛTS DE L'ÉOLIEN EN MER

ÉOLIEN EN MER FLOTTANT

Prix des parcs éolien en mer flottants prévus

- Quatre parcs expérimentaux (~ 30 MW chacun) ont été attribués en 2016 dans le cadre du plan investissement d'avenir piloté par l'ADEME et bénéficient d'un tarif de **240 €/MWh**
- Une procédure d'appel d'offres débute pour attribuer le premier parc éolien flottant commercial en Bretagne Sud (250 MW) ; la PPE indique un prix cible de **120 €/MWh**
- Pour les parcs en Méditerranée (2 x 250 MW), objets du présent débat public, la PPE indique un prix cible de **110 €/MWh**

Evolution du niveau du soutien

L'éolien en mer flottant est moins mature que l'éolien en mer posé mais présente un potentiel important.

Le même phénomène de baisse que pour l'éolien en mer posé devrait s'observer dans les prochaines années avec, à moyen terme, une convergence des prix de l'éolien en mer posé et flottant.

Il y a une incertitude sur le prix des premières procédures concurrentielles.

QUEL SOUTIEN POUR LE PROJET ?

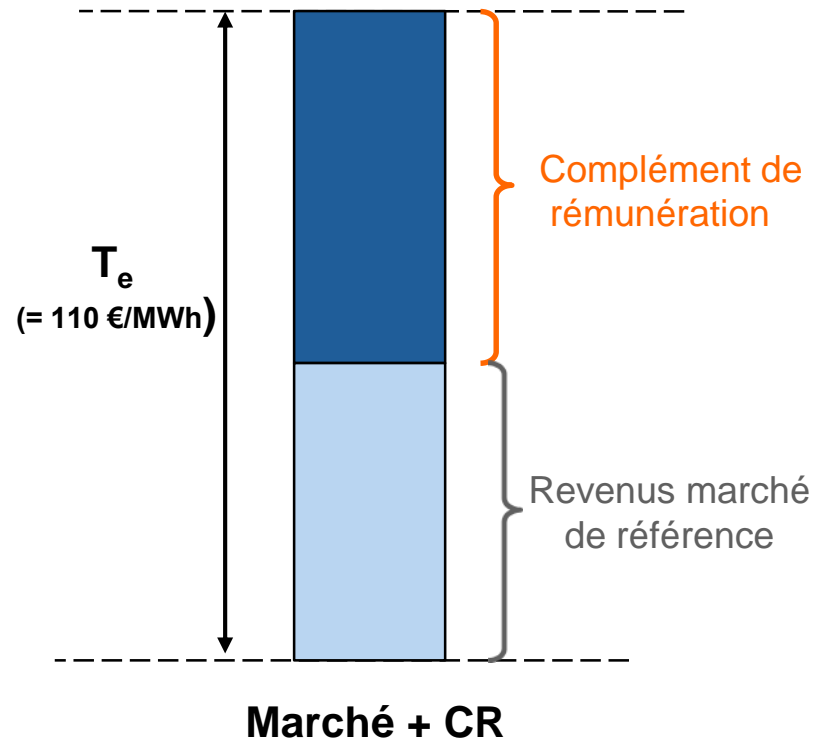
- La production d'électricité et le raccordement au réseau sont financés et subventionnés de manière distincte

- Le producteur investit dans les éoliennes en mer à partir de ses fonds propres et d'emprunts
- Le soutien aux producteurs d'électricité à partir d'énergies renouvelables est financé par le **budget de l'État**
 - Depuis 2016, ce soutien **n'est plus financé** par les consommateurs d'électricité à travers leurs factures (taxe CSPE)
 - Les dépenses de l'État ne sont pas affectées à des recettes (principe d'universalité budgétaire)

- RTE investit dans les ouvrages de raccordement et le coût est porté par les **consommateurs d'électricité** à travers le tarif d'utilisation des réseaux publics d'électricité (TURPE)
 - Ce cadre est spécifique aux éoliennes en mer (dans les autres cas, le producteur paie le coût du raccordement au réseau qui est inclut dans le soutien financé par le budget de l'État)

LE FONCTIONNEMENT DU COMPLÉMENT DE RÉMUNÉRATION

- Le complément de rémunération prend la forme d'une assurance quant aux revenus touchés par le producteur pendant **20 ans**, le producteur exploitera ensuite les éoliennes pendant une dizaine d'années sans soutien public
- Pour chaque unité d'électricité livrée sur le réseau, le producteur obtient un revenu égal au tarif de référence (cible de 110 €/MWh pour les parcs en Méditerranée)



- Le coût du soutien supporté par l'État est la différence entre :
 - le niveau du soutien accordé, T_e
 - le prix de marché de l'électricité, dont le niveau est peu prévisible
- Avec une hypothèse de productible de 4000 h/an pour un parc de 250 MW, ce coût est de l'ordre de **60 M€/an**, soit **1,2 Md€ sur 20 ans** (pour un prix de marché de 50 €/MWh)

COMMENT S'OPÈRE LA SÉLECTION DU LAURÉAT ?

Les parcs éoliens en mer commerciaux sont attribués par le biais d'**appels d'offres** : le fait d'être désigné lauréat pour réaliser le parc donne droit à la conclusion d'un contrat de complément de rémunération.

Les critères d'examen des offres sont définis dans le cahier des charges arrêté par la ministre chargée de l'énergie, la CRE est le service instructeur.

- Le **critère prix** est prépondérant : la pression concurrentielle permet de matérialiser la baisse des coûts des technologies éoliennes en mer et de minimiser le coût du soutien supporté par l'État
- D'autres critères sont introduits pour prendre en compte notamment :
 - Les **enjeux sociaux et de développement territorial**
 - Les **enjeux environnementaux**

LE COÛT DU RACCORDEMENT

- Le coût du raccordement aux parcs éoliens en mer est payé par les consommateurs d'électricité à travers le TURPE (tarif d'utilisation des réseaux publics d'électricité)
 - Le TURPE permet de financer l'entretien et le développement des réseaux de transport et de distribution d'électricité
 - Il représente environ 1/3 de la facture d'électricité des ménages

- Pour fixer le budget cible du raccordement à RTE, la CRE fait auditer par un tiers le budget présenté par RTE
- A titre d'exemple, le budget cible du raccordement du parc au large de Saint-Nazaire (500 MW) a été fixé à **285 M€**. Si RTE dépasse de plus de 10 % ce budget cible, une partie (20 %) du surcoût ne sera pas compensée ; de manière symétrique, RTE gagnera une partie des économies s'il coûte 10 % de moins que le budget cible

- Pour connaître le coût total de production et d'acheminement de l'électricité pour la collectivité, il faut **additionner le coût de production et le coût du raccordement** rapporté à l'énergie produite

ANNEXE

FORMULE EXACTE DE CALCUL DU COMPLÉMENT DE RÉMUNÉRATION

$$CR = \left[\sum_{i=1}^{i=12} E_i \times (T - M_{0,i}) \right] - Nb_{\text{capa}} \times Pref_{\text{capa}}$$

- E_i est l'énergie produite mensuellement
- T est le tarif de référence indexé
- $M_{0,i}$ est le prix de marché de référence mensuel
- Nb_{capa} est le nombre de certificats de capacité
- $Pref_{\text{capa}}$ est le prix de référence de la capacité

- Le tarif de référence est indexé pour protéger le producteur contre certains risques :
 - L'évolution du prix des matières premières utilisées (acier, béton, etc.)
 - L'évolution des conditions de financement « sans risque »
 - L'évolution du coût du travail et du prix de l'industrie

- Par ailleurs, pour l'appel d'offres de Dunkerque par exemple, l'Etat a inscrit une contrepartie aux assurances qu'il apporte au producteur : si sa rentabilité est supérieure à celle qu'il espérait dans son offre, les gains supplémentaires sont partagés entre l'Etat et le producteur

- Le prix de marché de référence est défini mensuellement comme la moyenne des prix de marché spot de l'électricité positifs ou nuls pondérée au pas horaire par la production éolienne nationale
 - La référence de prix est calculée chaque mois car c'est le rythme de paiement de la subvention d'EDF OA au producteur
 - Le prix de marché *spot* est formé pour chaque heure de la journée par la rencontre entre l'offre et la demande d'électricité sur une place de marché le jour précédent
 - Les prix de marché spot peuvent être négatifs, cela signifie que le vendeur d'électricité paie le consommateur. Le producteur ne recevra pas de complément de rémunération pour ces heures
 - L'objectif est que le complément de rémunération complète le chiffre d'affaires que le producteur peut espérer en vendant l'électricité sur le marché. Ce chiffre d'affaire est simulé en tenant compte de la production heure par heure de toutes les éoliennes en France
 - Une référence de production normative est utilisée plutôt que la production réelle du parc éolien pour des raisons pratiques
 - S'il n'y a pas de vent en France au cours d'une heure dans le mois, le prix de marché *spot* de cette heure n'est pas pris en compte dans la référence

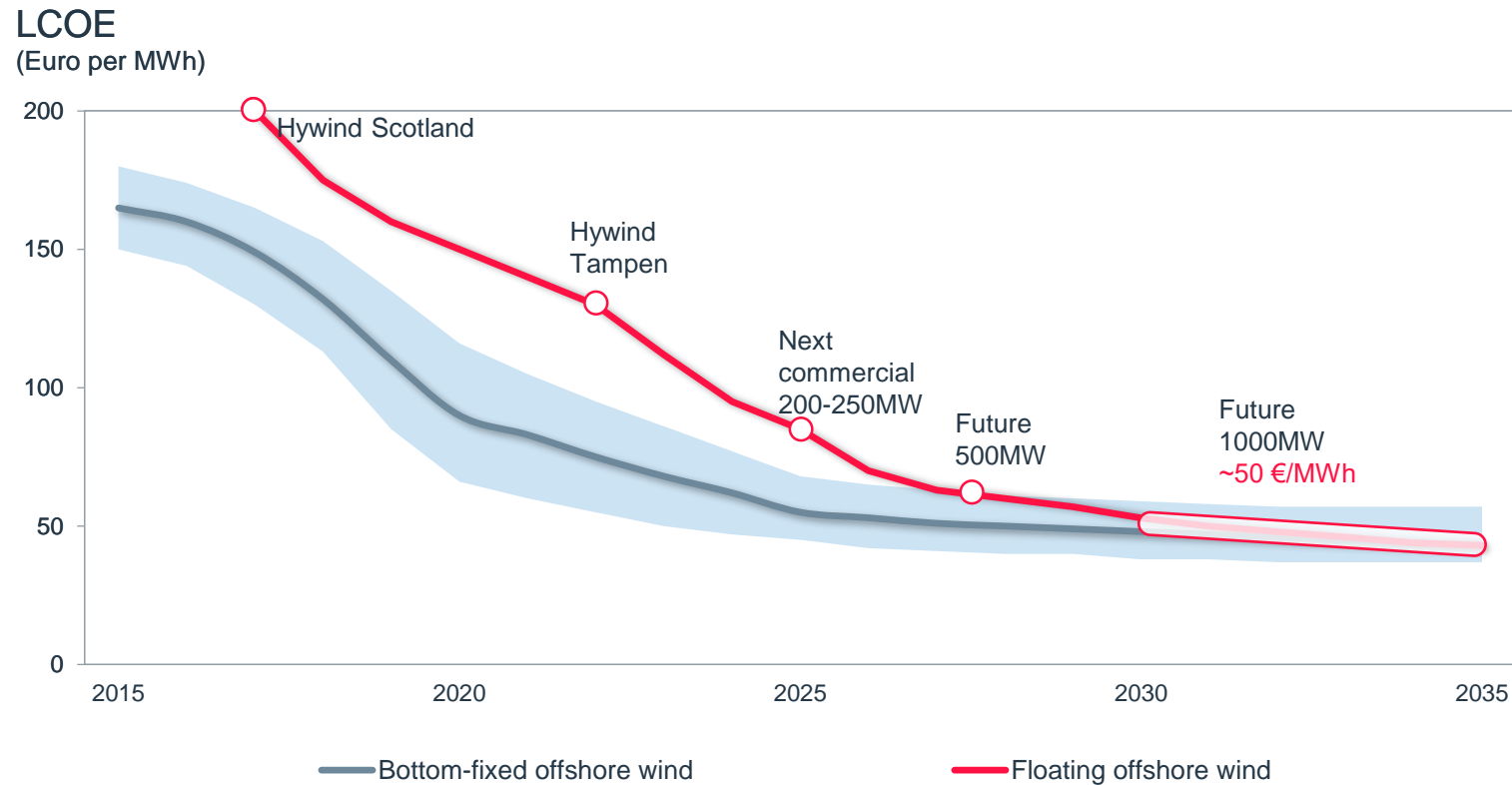
FOCUS SUR LES PERSPECTIVES DE LA FERME HYWIND EN ÉCOSSE

Alexis DARQUIN

Chef de projet Energies Renouvelables - Eolien Offshore



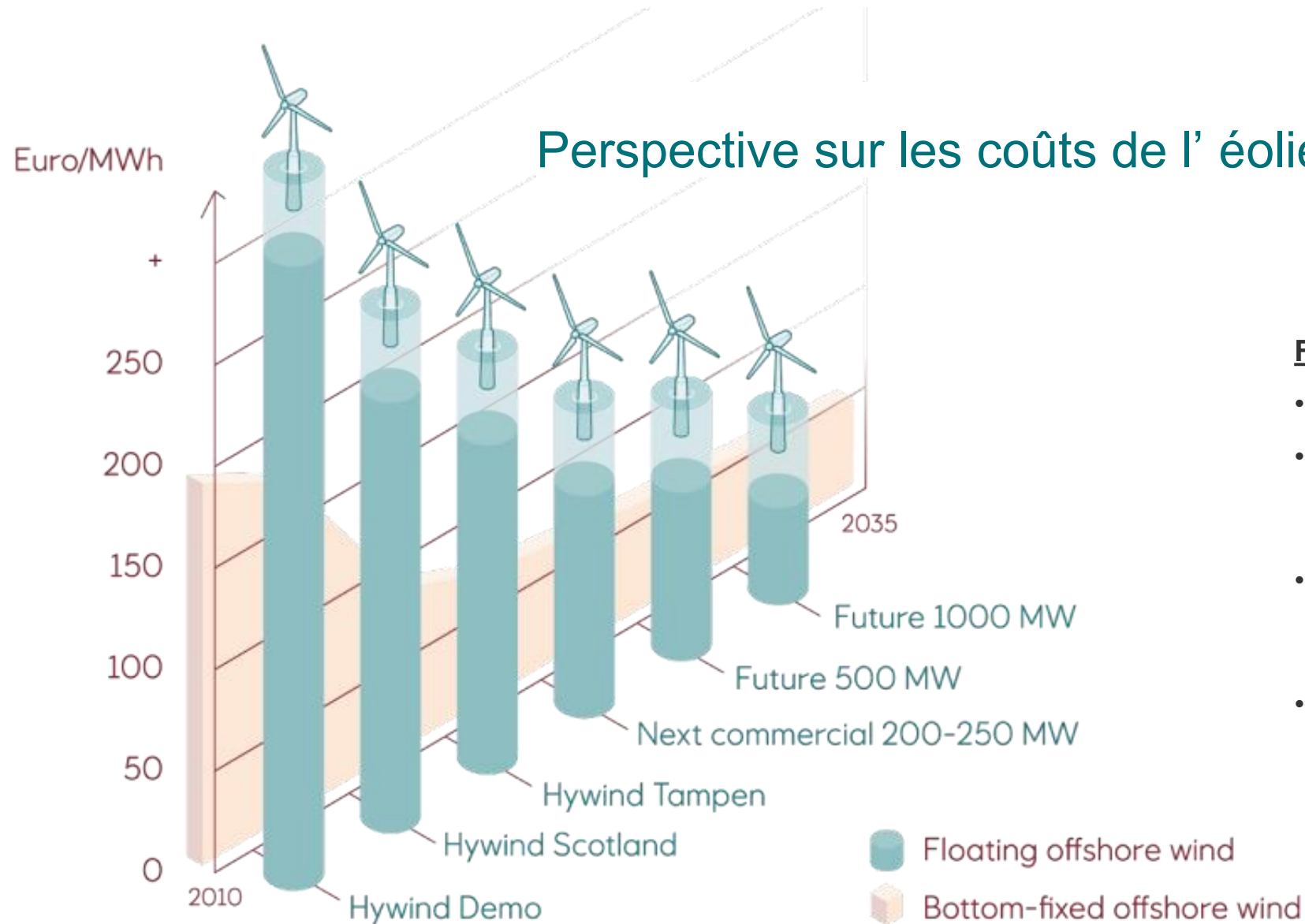
Perspective sur les coûts de l' éolien flottant



Facteurs de reduction des coûts:

- **Expérience**
- **Economies d'echelle**
 - Taille de turbines
 - Taille de projets
- **Maturité de l'industrie**
 - Standards opérationnels
 - Production de masse
- **Développements technologiques**
 - Optimisation des flotteurs
 - Innovation des ancrages
 - Nouveaux matériaux
 - Nouveaux concepts

Perspective sur les coûts de l'éolien flottant



Facteurs de reduction des coûts:

- **Expérience**
- **Economies d'échelle**
 - Taille de turbines
 - Taille de projets
- **Maturité de l'industrie**
 - Standards opérationnels
 - Production de masse
- **Développements technologiques**
 - Optimisation des flotteurs
 - Innovation des ancrages
 - Nouveaux matériaux
 - Nouveaux concepts



Débat EOS Eoliennes flottantes

Quelles énergies en Méditerranée ?



ÉCHANGES AVEC LES PARTICIPANT.E.S



Débat EOS Eoliennes flottantes

Quelles énergies en Méditerranée ?



AU REVOIR ET À TRÈS BIENTÔT !

Suivez le débat sur les réseaux sociaux et sur notre site internet !



www.eos.debatpublic.fr

✉ eos@debat-cndp.fr

