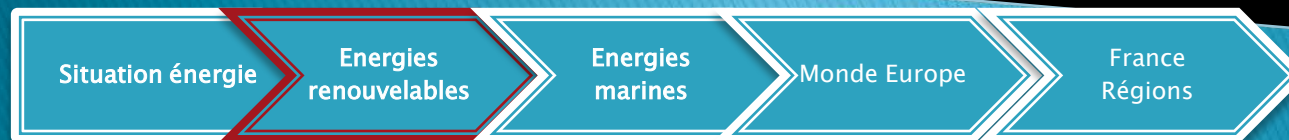




Les énergies marines

Dans le monde, en Europe,
en France et en Régions

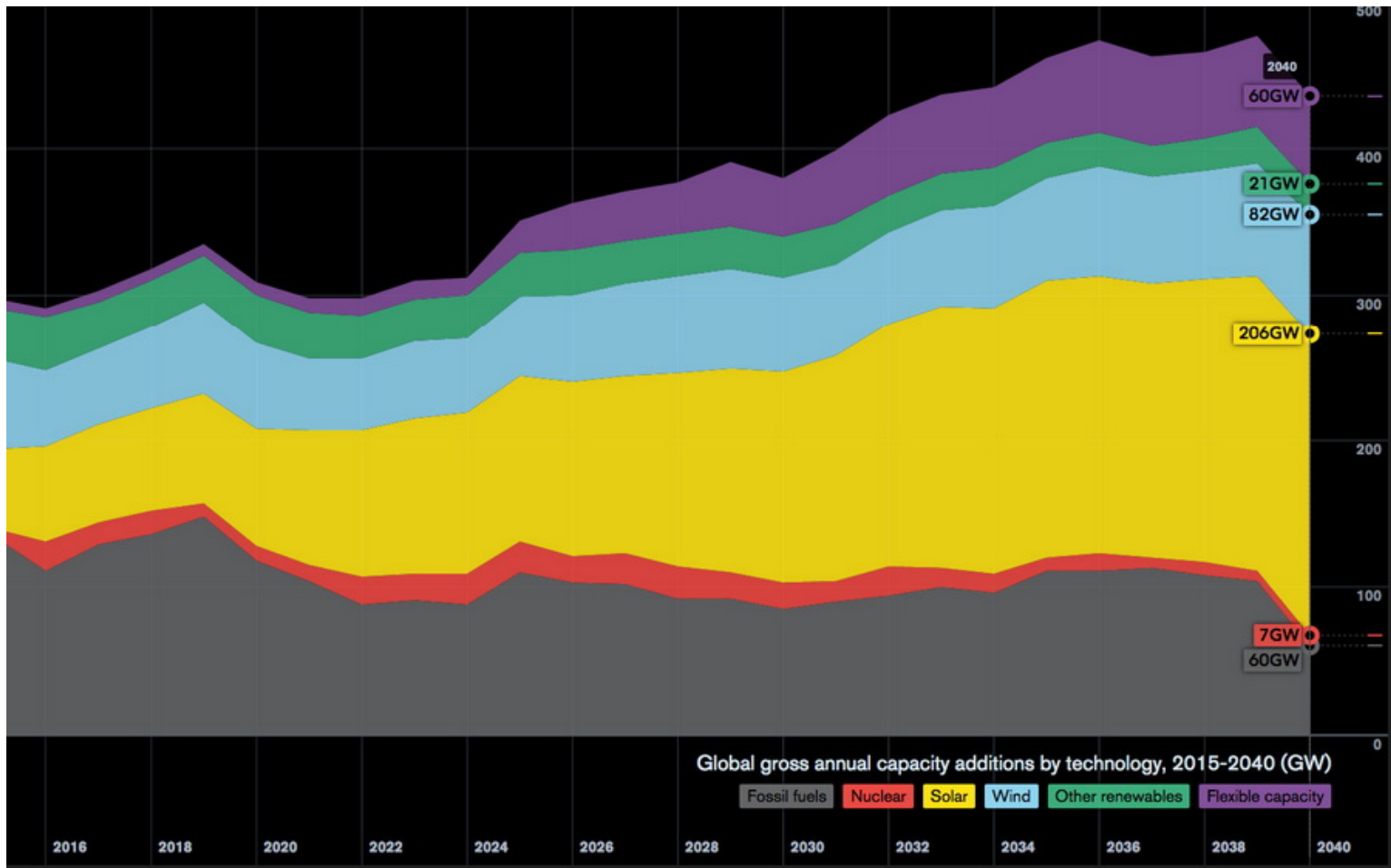




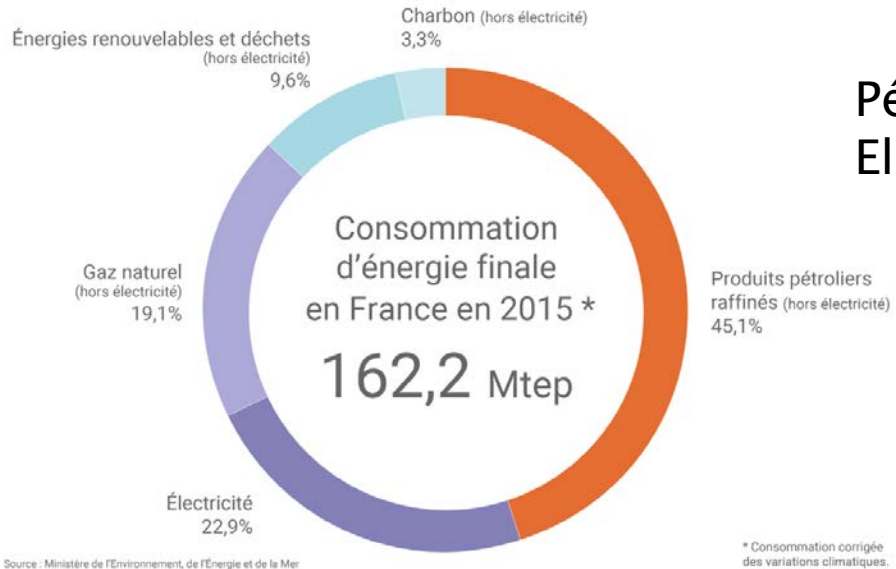
Situation énergie monde

- ▶ La **production mondiale d'énergie** commercialisée était en 2016, de 13 276 Mtep , en progression de 18 % depuis 2006
- ▶ Elle se répartissait en **33,0 % de pétrole**, **27,5 % de charbon**, **24,2 % de gaz naturel**, **4,5 % de nucléaire** et **10,7 % d'énergies renouvelables** (hydroélectricité 6,9 %, éolien 1,6 %, biomasse et ...)
- ▶ Les perspectives pour 2040 fort développement de l'énergie solaire, éolienne terre et mer, énergies marines. Baisse énergies fossiles et nucléaire

Prévisions énergies monde 2040



Situation énergie France



Pétrole + Gaz + charbon = 67,5%
Electricité = 22,9%

Energies renouvelables 19,1% dans le Mix Français de production électrique objectif de 40% à l'horizon 2030

Nucléaire (72,3%)

Hydraulique (12,0%)

Gaz (6,6%)

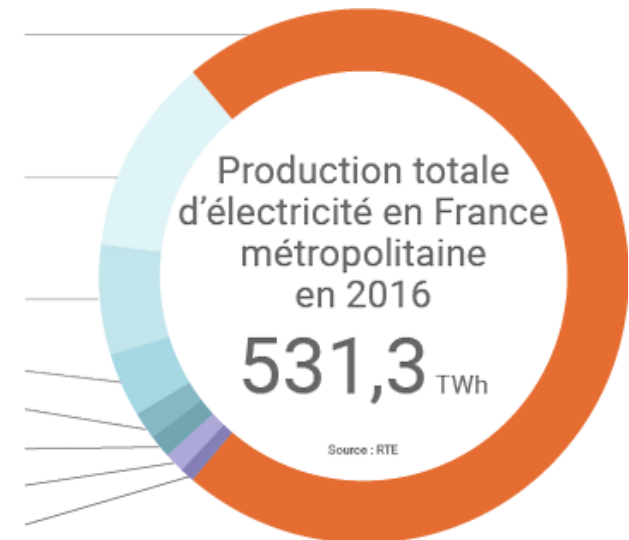
Éolien (3,9%)

Solaire (1,6%)

Bioénergies (1,6%)

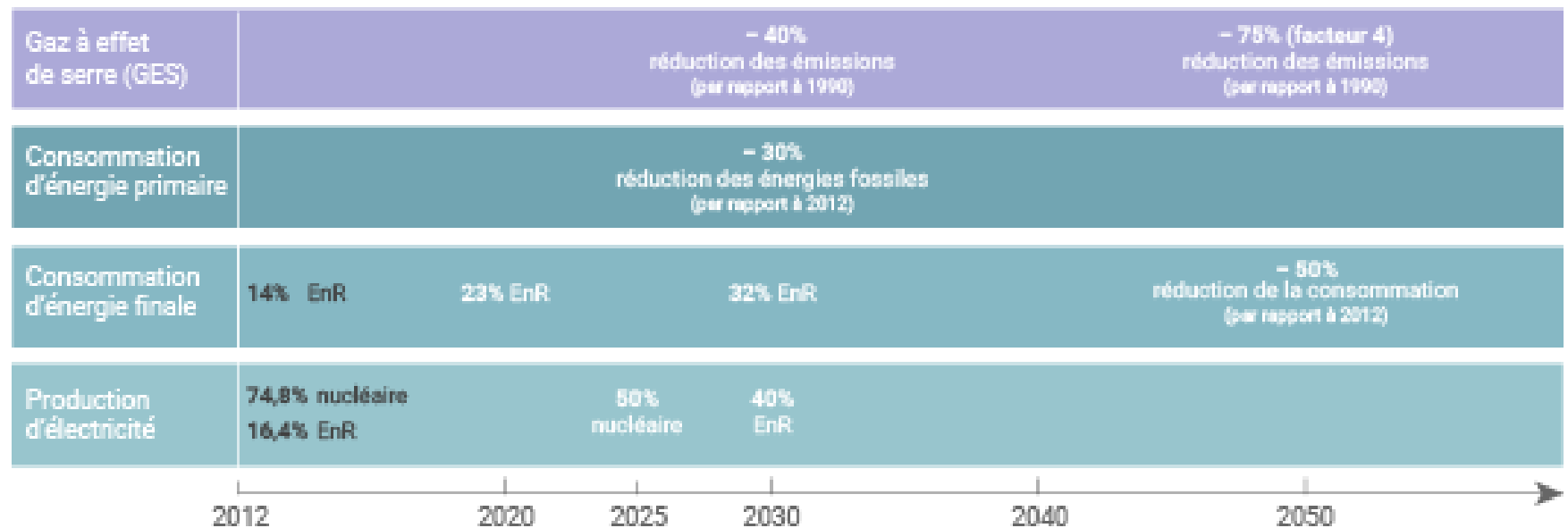
Charbon (1,4%)

Fioul (0,6%)



Loi transition énergétique

Les grands objectifs de la loi de transition énergétique en France



Source: Loi de transition énergétique

 © 2015 - connaissance des énergies.org

Scénario ADEME 2050 électricité 100% renouvelables + stockage

Le scénario ADEME électricité 100% renouvelable en 2050 donne une place importante

à l'éolien en mer posé ou flottant

= 25 GW

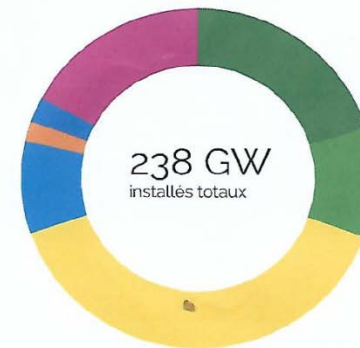
et aux énergies marines renouvelables

= 6 GW

07/01/2018

Énergie Renouvelable

France
Métropolitaine



48 GW	Éolien terrestre
25 GW	Éolien en mer
93 GW	Solaire
21 GW	Hydraulique
4 GW	Biomasse
< 1 GW	Géothermie
6 GW	Énergies marines renouvelables
41 GW	Stockage

Rappel sur la puissance et l'énergie

Le Watt est l'unité de base de la puissance électrique

Le Watt/h est l'énergie électrique produite en 1heure

1 Kilowatt (KW) = 1000 watts (W) , 1 Mégawatt (MW) = 1000 KW

1 Gigawatts (1 GW) = 1000 MW et 1 Téra watt (TW) = 1000 GW

En énergie éolienne les unités les plus utilisées pour indiquer **la puissance installée** sont le MW et le GW. Le champs prévu à Saint Briec aura une puissance installée de 496 MW soit 62 éoliennes de 8MW.

Ces éoliennes vont produire pendant une année de l'énergie électrique qui correspondra au nombre d'heures de fonctionnement multiplié par la puissance installée. Le nombre d'heure dans une année est 8760h. Si une éolienne du parc de Saint Briec produit pendant 3240 heures dans l'année elle produira 25 920 MWh/an soit 25,92 GWh/an. Le parc entier produira 1607 GWh/an soit 1,6 TWh/an.

Le rapport heures de fonctionnement sur total heures de l'année 3240/8720 constitue le facteur de charge il est ici de 0,37 pour un parc terrestre il est environ de 0,24. Pour le solaire autour de 0,15. En comparaison pour le nucléaire c'est autour de 0,72

Pour remplacer 1 tranche de 1000 MW de nucléaire il faut donc 4 parcs éoliens en mer de 500 Mw soit aujourd'hui 248 éoliennes. Mais le rendement peut encore augmenter et la puissance des turbines également.

Potentiel EMR éolien offshore Monde, Europe, France

Potentiel mondial

Éolien posé

8450 TW/h/an



Potentiel Europe

Éolien posé

Potentiel exploitable
250 GW



Potentiel France

Éolien posé

Potentiel exploitable
15 GW



Potentiel mondial

Éolien flottant

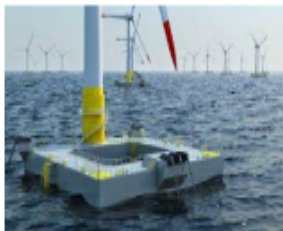
10 000 TW/h



Potentiel Europe

Éolien flottant

Potentiel exploitable
600 GW



Potentiel France

Éolien flottant

Potentiel exploitable
50 GW



Le potentiel mondial en éolien en mer posé ou flottant est de :
18 450 TWh par an

En Europe de 850 GW soit
2750 TWh par an (facteur de charge 0,37)

En France de 65 GW soit
210 TWh par an

Pour mémoire la production nucléaire est de **420 TWh/an** et la production totale électrique de **540 TWh/an**

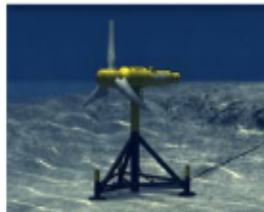
Scénario ADEME 2050
25 GW éolien en mer =
80 TWh

Potentiel EMR hydrolien : Monde, Europe, France, Bretagne

Potentiel mondial

hydrolien

800 TWh/an



Potentiel Europe

hydrolien

Potentiel exploitable
14 GW



Potentiel France

hydrolien

Potentiel exploitable
3 GW



Potentiel Bretagne

hydrolien

1GW



Potentiel
Normandie

hydrolien

Potentiel
exploitable
2 GW



Potentiel UK

hydrolien

Potentiel exploitable
9 GW



Le potentiel hydrolien mondial est estimé à **800 TWh/an**

Le potentiel européen à 14 GW soit **56 TWh/an** avec un facteur de charge de **0,46**

En France 3 GW soit **12 TWh/an**

Éolien posé en Europe

EUROPE

Des États engagés, un développement rapide

À ce jour, la capacité installée d'éolien offshore s'élève à 12,6 GW, répartis dans dix États membres. En 2016, l'Allemagne, les Pays-Bas et le Royaume-Uni ont connu de nombreuses mises en chantier.

La taille des parcs européens s'agrandit; en moyenne de 380 MW contre 50 MW il y a dix ans. Ils disposent de machines de plus en plus puissantes (+15% par rapport à 2015), pouvant atteindre jusqu'à 8 MW. Leur taux de charge moyen annuel est de 34 à 44%. « 3 500 MW supplémentaires sont planifiés pour 2017 (et autant pour les années suivantes, jusqu'en 2020), au Royaume-Uni, en Belgique et au Danemark. En Allemagne et aux Pays-Bas, un accord engage les acteurs à réduire les coûts de 40% d'ici 2020, en échange d'appels d'offres annuels de 700 MW », indique Pierre Tardieu, Chief Policy Officer de Wind Europe. Avec 18 milliards d'euros, l'année 2016 a battu des records. Les investisseurs se sont diversifiés même si les deux-tiers des investissements sur fonds propres restent réalisés par les producteurs d'électricité.

CHIFFRES CLÉS

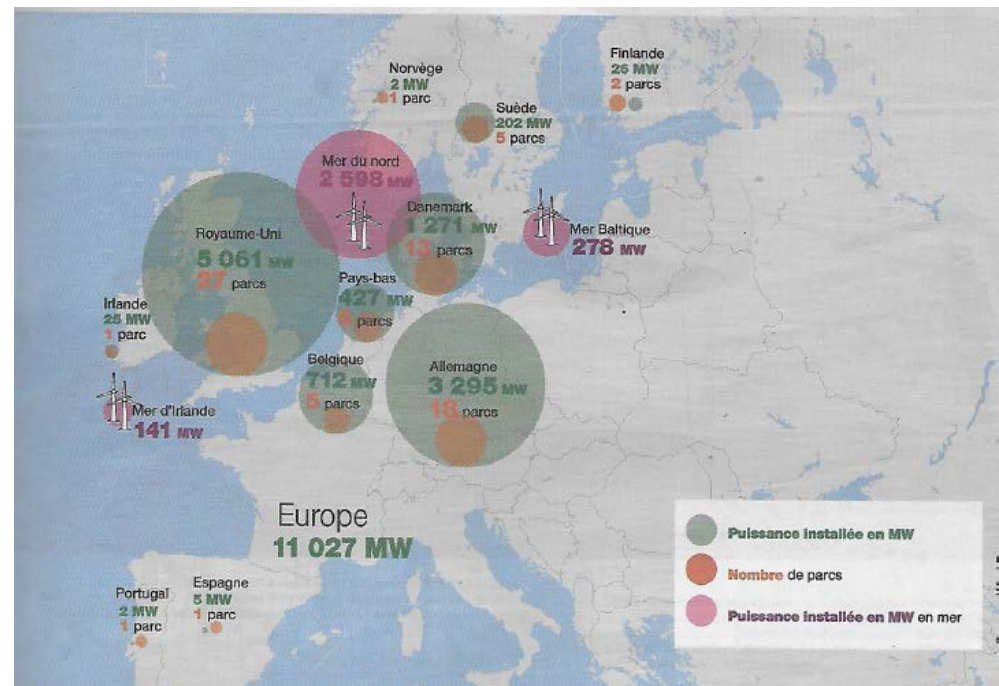
12,6 GW

d'éolien offshore installés en Europe en 2016

380 MW

c'est la puissance moyenne des parcs installés aujourd'hui

Le potentiel Techniquement exploitable (PTE) en Europe est estimé à 250 GW pour l'éolien en mer posé



Aujourd'hui la puissance installée est de plus de 14 GW surtout en Mer du Nord, Mer Baltique et Mer d'Irlande.

L'Allemagne et le Royaume Uni ont des dizaines de Parcs en projet pour les prochaines années

Siemens domine largement le secteur des développeurs et constructeurs européens avec 63% + les 7% d'Adween Areva rachetée





Le port de Bremerhaven est le plus connu pour les EMR en Allemagne il prévoit un agrandissement vu le nombre de parcs à construire les prochaines années



Les besoins en foncier portuaire et en infrastructures sont énormes pour les 25 prochaines années.

Rotterdam va construire un polder de 30 ha pour les EMR avec des quais 10tonnes/m2 dans une 2^{ème} phase il passera à 70 ha avec des quais supplémentaires et une zone pour la déconstruction (navires et plateformes oil/gas)



LES ÉNERGIES RENOUVELABLES EN MER EN FRANCE : PANORAMA DES PROJETS LES PLUS AVANCÉS



3 appels d'offre successifs

4 parcs dans le premier : St Brieuc, Saint Nazaire Courseulles-sur-Mer, Fécamp
1900 MW 7 milliards d'€

2 dans le second : Yeu-Noirmoutier et le Tréport :
1000 MW 3,5 milliards d'€

2 dans le 3^{ème} : Dunkerque et Oléron : 1000 MW 3 à 3,5 milliards d'€

Total = 3900 MW pour 2025 et au total environ 14 milliards d'€ d'investissement

Objectif initial 6000 Mw en 2020

L'éolien posé rencontre beaucoup d'obstacles en France les industriels s'orientent vers l'éolien flottant. 4 fermes expérimentales pré-commerciales : Groix, Gruissan, Leucate, Framaran (Fos sur Mer)

La nouvelle entité Siemens-Gamesa a décidé « d'arrêter l'industrialisation du modèle de turbine 8 MW développé par Adwen (ex-Areva) qui devait équiper les parcs éoliens en mer des îles d'Yeu et Noirmoutier et de Dieppe-Le Tréport. Siemens-Gamesa propose désormais au porteur de projet sa turbine D8 de 8 MW ».

Siemens-Gamesa confirme que « ce changement n'a aucun effet sur l'intention d'Adwen de construire une usine de nacelles et une usine de pales au Havre ». **750 emplois sont à la clé.**

Une partie du tissu industriel français s'inscrit maintenant dans des stratégies européennes et mondiale sous l'égide de GE et Siemens

La construction de l'usine d'assemblage d'hydroliennes de Naval Group/open hydro est confirmée pour début 2018. **Capacité de 25 hydroliennes /an et 40 emplois.**

Construction des pâles des hydroliennes Lorient ?



STX St Nazaire construit des sous-stations électriques pour les champs éoliens européens et les futurs parcs français. Construction également de 2 parties des jackets métalliques du parc de St Briec la base et l'assemblage devant être faits à Brest



Avantages de l'éolien flottant

- ▶ **L'éolien fixe compte aujourd'hui plus de 3600 machines en service dans le monde, quasi-exclusivement en Europe du nord.**
- ▶ **Mais on ne peut pas installer de tels parcs au-delà de 40 mètres de profondeur et la plupart des sites propices ont déjà été développés ou sont en cours de développement. Le flottant offre une nouvelle frontière, car il permet de s'affranchir de toute contrainte de profondeur.**
- ▶ **On peut donc ouvrir le marché de l'éolien en mer à tous les pays du monde, plus seulement quelques zones peu profondes concentrées pour l'essentiel dans les eaux européennes.**
- ▶ **Le flottant permet aussi d'exploiter au mieux les ressources offertes par le vent, sur les sites plus éloignés des côtes, là où les gisements éoliens sont les meilleurs. Et puisqu'on s'éloigne du littoral, on résout les problèmes liés à la pollution visuelle et aux conflits d'usage, par exemple avec les pêcheurs.**
- ▶ **Enfin, sur le plan industriel, l'un des grands atouts de cette technologie est de pouvoir réaliser presque tous les travaux à terre. Contrairement à l'éolien posé, il n'y a plus à utiliser des navires d'installation, coûteux, soumis aux aléas météo et qu'il faut réserver longtemps à l'avance. Le flottant permet donc de réduire les coûts et les risques, tout en améliorant l'acceptabilité du développement de l'éolien en mer**

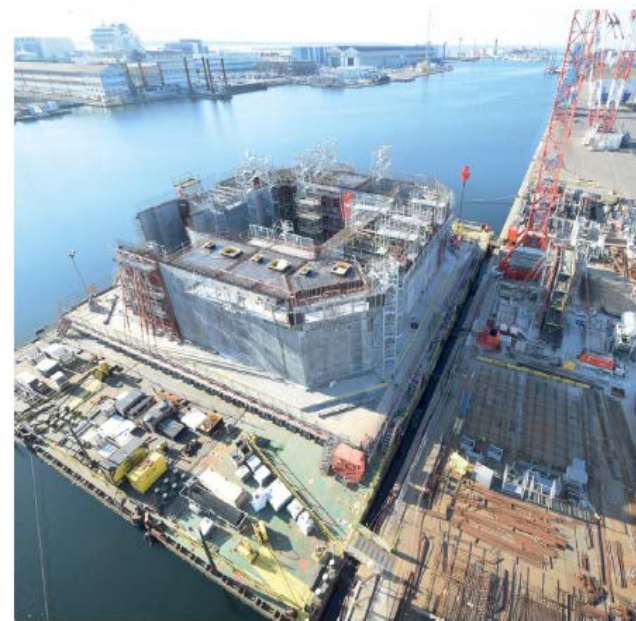


Eolien flottant projets

le 5 août 2015 l'ADEME a lancé des appels à projet éolien flottant sur 4 zones (1 en Bretagne, 3 en Méditerranée).

EOLFI a remporté, aux côtés de CGN EE, un appel à projets pour une ferme pilote d'éoliennes flottantes située **en Bretagne, au large de l'île de Groix** avec des turbines Haliades General Electric (GE) et des flotteurs de conception DCNS fabriqués en collaboration avec VINCI.

La ferme pilote sera composée de 4 éoliennes, ancrées entre 13 et 14 kms de la côte la plus proche ; elle sera connectée au réseau électrique par un câble sous-marin et bénéficiera d'un contrat d'achat d'électricité pour une durée de 20 ans.



« La fondation flottante Ideol qui équipera l'éolienne Floatgen en construction sur le port de Saint-Nazaire (photo prise le 18 avril 2017).

Eolmed consortium piloté par le groupe Quadran réalisera une ferme pilote de 4 éoliennes flottantes de 6 MW à **15 km au large de Gruissan (Languedoc Roussillon)**. Les partenaires : Senvion pour la turbine de 6 MW, Bouygues Tavaux Publics et Idéol (ingénierie, construction et installation du flotteur).
Phase commerciale 300 emplois directs
Port de base: Port La Nouvelle où seront construits les flotteurs et assemblées les éoliennes de la ferme pilote.
La fondation flottante Ideol équipe l'éolienne flottante expérimentale Floatgen construite à St Nazaire

Eolien flottant projets (suite)

Le projet Provence Grand Large (PGL) porté par EDF EN, qui se compose de 3 éoliennes de 8 MW avec des turbines Siemens et des flotteurs SBM/IFPEN

Ce sera sur la zone de Faraman au large du Golfe de Fos en Méditerranée.

RTE raccordera ce parc au réseau avec un câble de sous marin et souterrain de 63 000 volts sur 30 Km

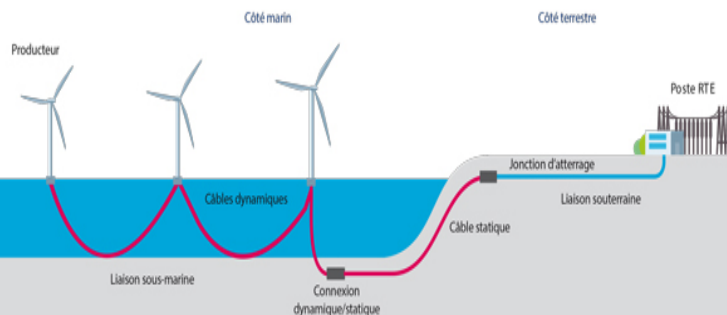


A Leucate (Aude) Méditerranée Le projet des Eoliennes Flottantes de Golfe du Lion (EFGl) porté par Engie, le Portugais EDPR, la Caisse des dépôts, est prévu avec 4 éoliennes de 6 MW de GE-Alstom et des flotteurs semi submersibles d'Eiffage métal/PPI.

La technologie Winfloat est développée par Principal Power (Aix en Provence) avec probablement une Haliade 150. Les infrastructures portuaires de la Région seront utilisées pour les opérations d'assemblage et de maintenance.

Rte

PRINCIPE DE RACCORDEMENT D'UN PARC ÉOLIEN FLOTTANT «PILOTE»



Pour tous ces projets, la démonstration devra durer au moins deux ans. En cas de succès technico-économique de la ferme pilote, les durées d'exploitation prévues seront de l'ordre de 15 ou 20 années.

Eoliennes flottantes le gigantisme

Les éoliennes flottantes, quelque soit la technologie choisie, ont des poids et des dimensions qui vont dans la phase industrielle nécessiter des infrastructures portuaires, des zones d'assemblage et de stockage adaptées à ce gigantisme.

- ▶ **Les cinq éoliennes Hywind de 6MW** installées en Ecosse pèsent **11200 tonnes** et le ballast immergé fait **78m** de long, la hauteur de l'éolienne **98m** avec des pales de **78m** pour un diamètre de rotor de **154m**.
- ▶ Le « flotteur » de l'éolienne Floatgen du projet Eolmed est un **carré de 53m de côté et dix mètres de hauteur pesant 9800 tonnes**. Il accueillera une éolienne de **176m** de haut d'une puissance de **6MW**.



La problématique portuaire française

Comme activité en mer, les EMR ont besoins des ports. Une large activité portuaire est liée aux opérations d'installation dans les différents champs avec le choix de ports adaptés de proximité

Le nombre de ports concernés par le pré-montage est étroit associant proximité et capacité, car il faut stocker et manutentionner des colis lourds et accueillir des navires spécialisés.

En outre, des ports accueilleront encore des fabrications de pièces de fondations ou leur stockage. On peut y ajouter le câblage des champ pour RTE qui utilisera aussi des ports de proximité.

Pour les technologies innovantes les ports accueillent déjà le montage des différents démonstrateurs (exemple Cherbourg, Brest, St Nazaire).. Ce sera aussi bientôt le cas en Méditerranée avec les fermes pilotes éolien flottant Plus localement des petits ports seront dédiés à la maintenance des champ d'éoliennes.

Enfin le dernier volet portuaire est celui de l'accueil d'unités industrielles ce qui signifie des revenus fonciers pour les ports et des viviers d'emplois pour les territoires.

Ce tissu industriel émergent est en partie issu de la diversification d'acteurs existants (STX, DCNS, CMN, Eiffage...) et de nouvelles usines de spécialistes du secteur avec leurs implantations nouvelles ou futures.

Un tissu industriel et des ports en phase d'organisation

Saint Nazaire **La double usine Alstom/GE** est la seule en France. Elle a débuté sa production des turbines et nacelles : 6 pour les USA en 2016, 66 pour l'Allemagne en 2017/2018 en attendant les 238 pour les champs français d'EDF EN

Les EMR ce sont aussi la diversification du chantier de STX France/chantiers de l'Atlantique qui grâce à un soutien public a construit une usine dédiée baptisée Anemos, consistant en un atelier d'assemblage de sous ensemble et un atelier peinture pour les grands volumes accompagnés d'une aire de pré-montage.

Le constructeur a fait le choix de fabriquer des sous station électriques (jacket, topsid) avec une première livraison en 2015 et 2 en 2018.

S'ajoute la construction d'une première éolienne flottante (Floatgen) installée fin 2017 sur le site SEM-REV au large du Croisic. Des espaces portuaires sont dédiés aux EMR au Carnet

Cherbourg **seconde place française des EMR**, avec une usine de pâles du Danois LM Wind Power (GE) + une usine de mâts + unité d'assemblage des hydroliennes de Naval Group Open Hydro pour la ferme pilote du Raz Blanchard et le futur parc ainsi que celui près de l'île anglo-normande d'Aurigny. On peut noter également l'engagement de CMN dans l'hydrolien fluvial et estuarien d'HydroQuest

Le Havre Siemens/Gamesa ont décidé de construire deux usines de fabrication de pâles et de nacelle au quai Johannès Couvert. Le port accueillera également une usine de fondation gravitaire pour le champ de Fécamp et il développe pour EDF EN un « hub » accolé à la forme écluse Joubert pouvant accueillir des navires jack-up

Brest **La zone dite du Polder** est appelée à accueillir des sites de fabrication et d'assemblage. Plusieurs chantiers sont envisagés : les jackets métalliques pour le champ de Saint Briec, les hydroliennes de Sabella, des éoliennes flottantes test pour Eolfi à Groix et surtout la construction des flotteurs et l'assemblage pour les 3 parcs éolien flottants de 500 MW prévus en Bretagne (2 au Nord 1 au sud) + la maintenance des parcs du Nord Bretagne celle de Groix et du Parc Sud étant confiée au **Port de Lorient**

Un tissu industriel et des ports en phase d'organisation (suite)

Plusieurs autres ports à proximité des futurs parcs vont également être orientés vers les EMR

Dunkerque : a déjà procédé en 2011 au pré-assemblage de 100 éoliennes V90 de 3MW du parc éolien offshore britannique de Thanet. Entrepouse (Groupe Vinci) spécialiste de la chaudronnerie lourde ambitionne une position industrielle. Il sera sans doute le port d'assemblage pour le Parc défini dans le 3^{ème} appel d'offre

La Rochelle Le GPM entend bien être la zone logistique du futur parc d'Oléron

FOS sur Mer Eiffage Métal 2 s'engage dans les structures flottantes pour les parcs test de Méditerranée (partenariat avec Engie)

En Méditerranée, **Port La Nouvelle, Sète voir Toulon** peuvent être en lien avec les futurs parcs d'éolien flottant.

Avec les EMR, le territoire portuaire est soumis à des processus logistiques nouveaux compte tenu de la taille et du poids des éléments qui constituent les éoliennes en mer posées et flottantes.

Avec des activités spécifiques comme le pré-assemblage, c'est à dire la préparation des grands composants des éoliennes (mâts, nacelle, pâles) avant leur pose sur des navires spécialisés.

Les EMR ont donc besoin d'espace pour le stockage et de quais spécialisés (10t/m²), d'équipements de levage... de navires spécialisés pour la pose et la maintenance. Il faut se préoccuper aujourd'hui de ces questions.



Merci de votre attention

