

Eolien offshore

Centrale Energies
Paris – 11/10/12



Agenda

- Données de base en France
- Type de fondation
- Schéma d'exécution
- Câbles et raccordement
- Perspectives et prix

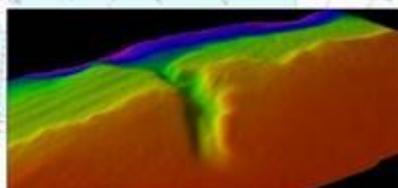
GEOCEAN est un entrepreneur de travaux maritimes



Installation

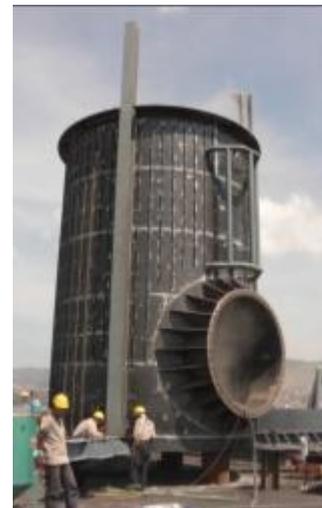


Achat

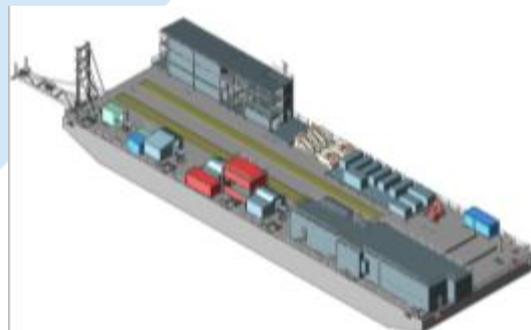


Survey

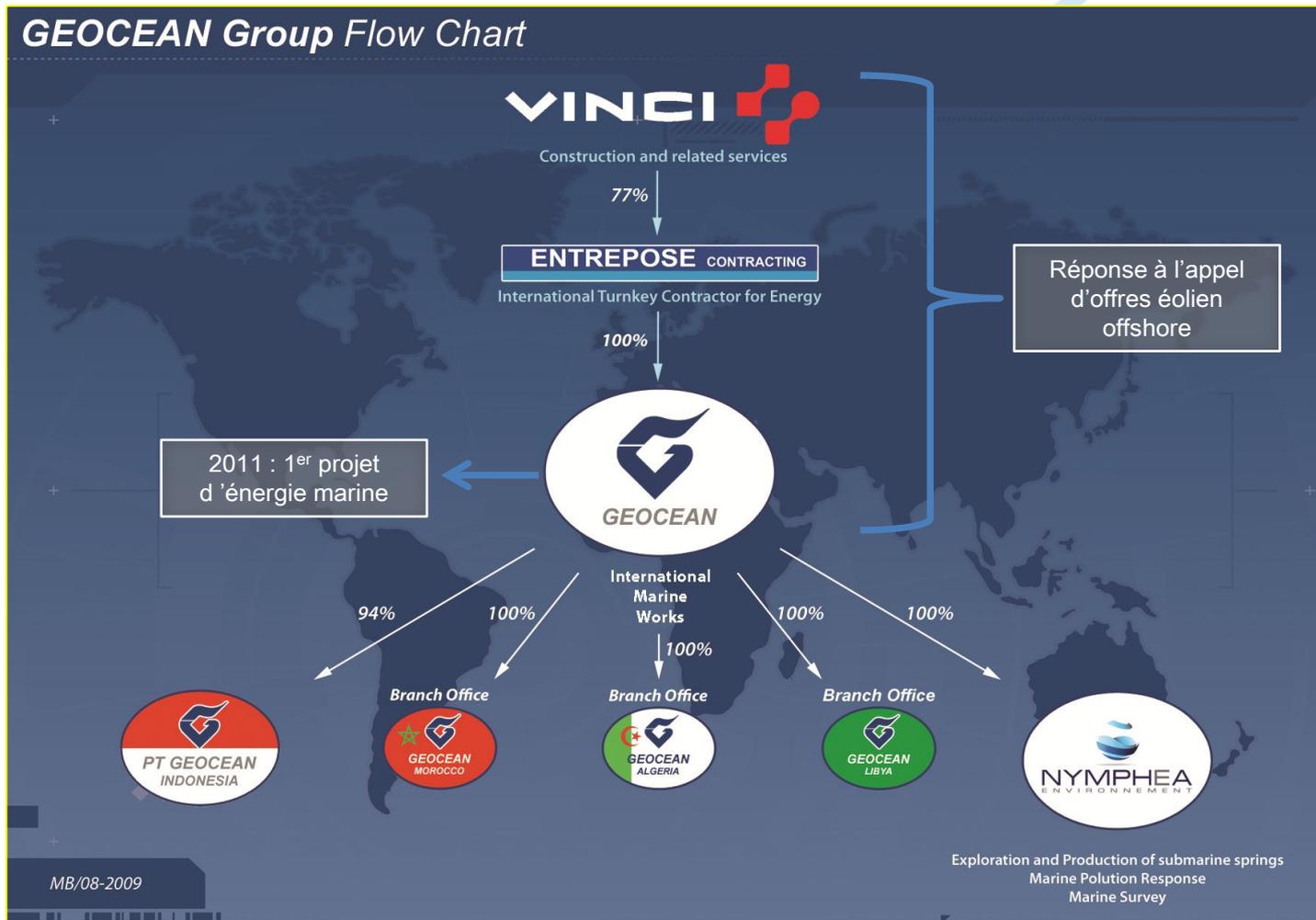
Construction



Ingénierie



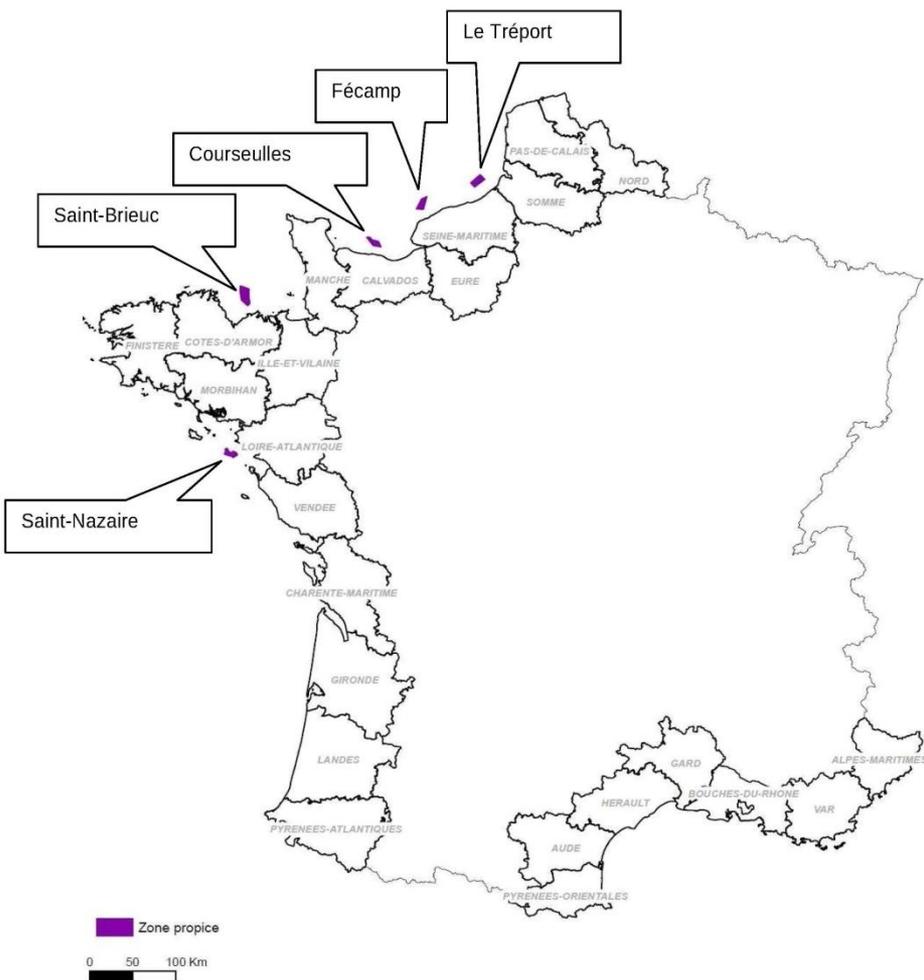
Le groupe GEOCEAN



The image features a black background with several white, wavy, irregular lines that resemble topographical contour lines or abstract brushstrokes. These lines are concentrated in the upper portion of the frame, creating a textured, organic border.

Données de base

Carte d'ensemble : les 5 zones



1^{er} appel d'offre:	3000MW	10 500M€
Le Tréport	110km ²	Pmax=750MW
Fécamp	88km ²	Pmax=500MW
Courseulles	77km ²	Pmax=500MW
Saint Brieuc	180km ²	Pmax=500MW
Saint-Nazaire	78km ²	Pmax=750MW

Océanographie

Bathymétrie

Site	Le Tréport	Fécamp	Courseulle	Saint-Brieuc	Saint-Nazaire
Profondeur (LAT)	-15 à -23 m LAT	-25 à -32 m LAT	-21 à -33 m LAT	-20 à -40 m LAT	-10 à -22 m LAT
Marnage maxi.	10 m	9 m	8 m	12 m	6 m

Surcote

Site	Le Tréport	Fécamp	Courseulles	Saint-Brieuc	Saint-Nazaire
Surcote	1,2 m*	1,4 m	1,2 m	1,1 m	0,6 m

Courants

Site	Le Tréport	Fécamp	Courseulles	Saint-Brieuc	Saint-Nazaire
V_{courant} (coef. 95)	0,82 m/s	1,7 m/s	1,1 m/s	1,4 m/s	0,6 m/s

Océanographie

Houle

Site	Le Tréport	Fécamp	Courseulles	Saint-Brieuc	Saint-Nazaire
H_S (TR=50ans)	6,7 m	6,5 m	5,5 m	7,3 m	12,5 m
T_P (TR=50ans)	12,0 s	11,6 s	11,0 s	10,6 s	15,6 s
H_{max} (TR=50ans)	12,6 m	12,2 m	10,3 m	13,7 m	13,4 m

Morphodynamique

Site	Le Tréport	Fécamp	Courseulles	Saint-Brieuc	Saint-Nazaire
Mouvement sédimentaire	prononcé	faible	Non	Non	Non

DEFINITION DU CAS TYPE

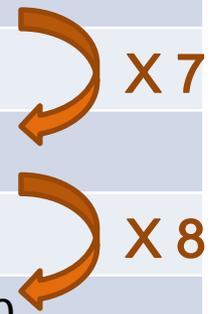
Géophysique & Géotechnique

	LE TREPORT	FECAMP	COURSEULLE	ST BRIEUC	ST NAZAIRE
Nature des sols	<p>Sables Graveleux : 5m à 10m localement 15m</p> <p>Sustratum rocheux : Craie hétérogène avec passages argileux et silex</p>	<p>Substratum Rocheux Craie hétérogène Affleurante</p> <p>Faille de Fécamp</p> <ul style="list-style-type: none"> •Au Nord : Craie Plus riche en nodules de Silex •Au Sud : Craie plus tendre argileuse <p>Présence de Karsts volumes métrique argileux</p>	<p>Sables Graveleux riche en calcaire: ep 10m</p> <p>Substratum rocheux: Alternance de bancs crayeux à tendance argileuse et marnes (ep 40m)</p>	<p>Couche sédimentaire : Gravier faible épaisseur</p> <p>Substratum rocheux hétérogène affleurant ou découvert</p> <ul style="list-style-type: none"> •Nord :Calcaires gérseux •Sud Schistes calcareux puis gros clair. Surmontant schistes et quartzistes en base <p>Forte variabilité topographique</p>	<p>Site hétérogène</p> <p>Données non exploitables</p>

	Le Tréport	Fécamp	Courseulle	Saint-Brieuc	Saint-Nazaire
Profondeur (LAT)	-15 à -23 m LAT	-25 à -32 m LAT	-21 à -33 m LAT	-20 à -40 m LAT	-10 à -22 m LAT
Marnage maxi.	10 m	9 m	8 m	12 m	6 m

Petit calcul : puissance et énergie

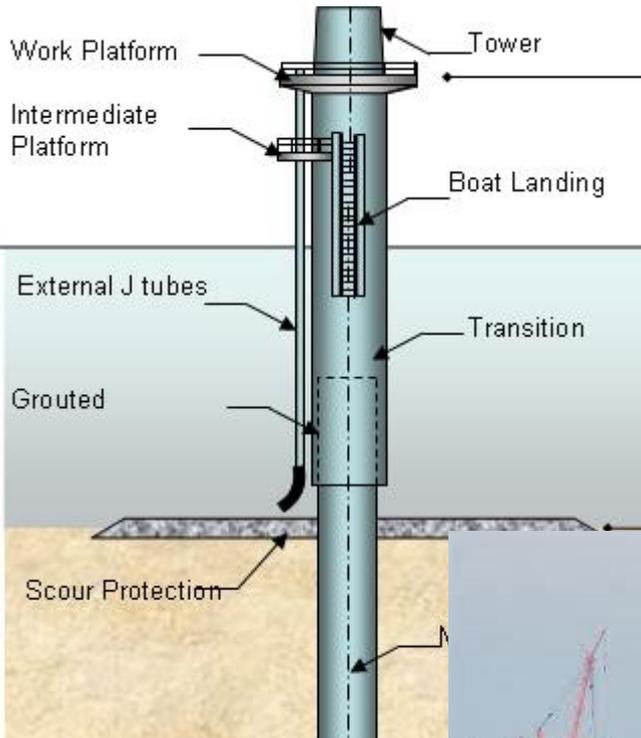
Projet	Puissance U (MW)	Prod h/an	Taille projet (MW)	Energie (MWh)
Eolien onshore	0.75-2	2200	10	69 000
Photovoltaïque	0,5	1200	10	24 000
Eolien offshore	3,6 -5	3500	500	2 250 000
Hydrolienne	1	3000	50	150 000
Réacteur N.	1300	7000	2600	18 200 000



The top portion of the image features several thin, white, irregular wavy lines that resemble topographic contour lines or a stylized horizon. These lines are set against a solid black background and vary in their undulating patterns across the width of the frame.

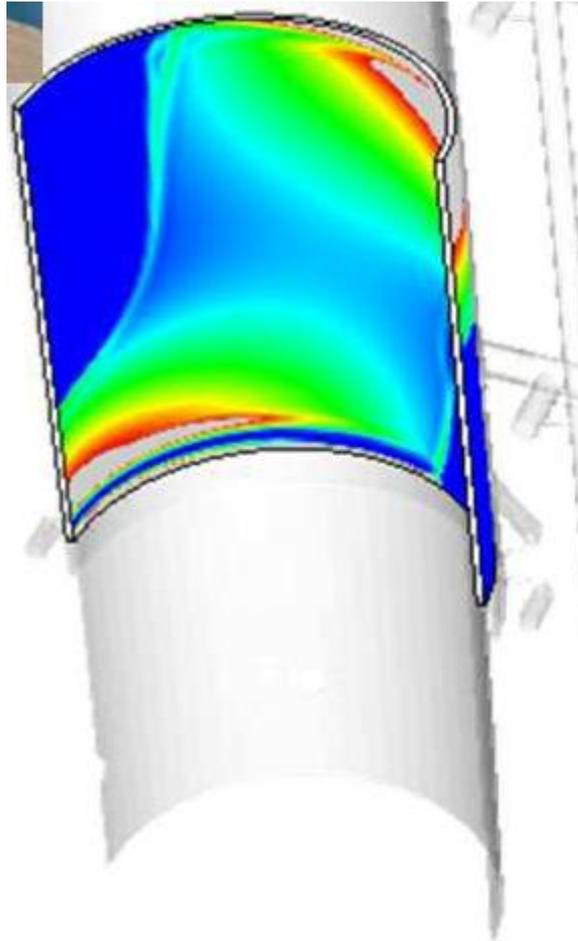
Types de fondation

Monopile : la solution la plus répandue



60% des projets réalisés avec cette fondation

Monopile : REX et taille critique



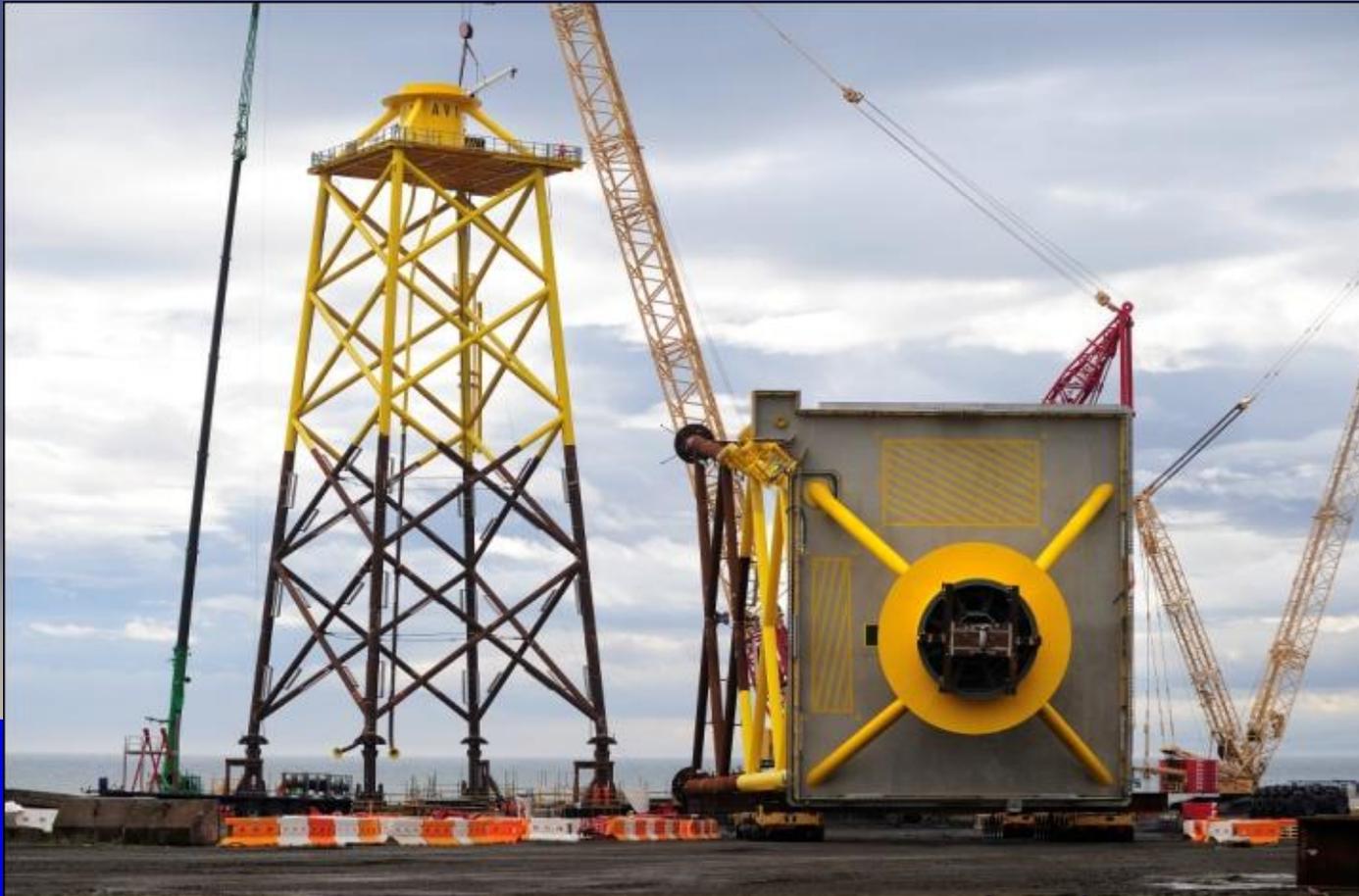
REX : dégradation du grout sous efforts cycliques

Glissement constaté sous effort axial
→ JIP piloté par le DNV et OS J 101 amendé 2011

A partir de 25 m d'eau, souplesse et fréquence propre à gérer

Au-delà de 5m de diamètre, cout d'installation en net augmentation (Dixit le DNV)

Jacket



Jacket : Installation



Rambiz for jackets at Beatrice (post-piled) 2006 and Ormonde/Thornton Bank 2009/2010 (pre-piled)



Thialf for jackets at Alpha Ventus 2009

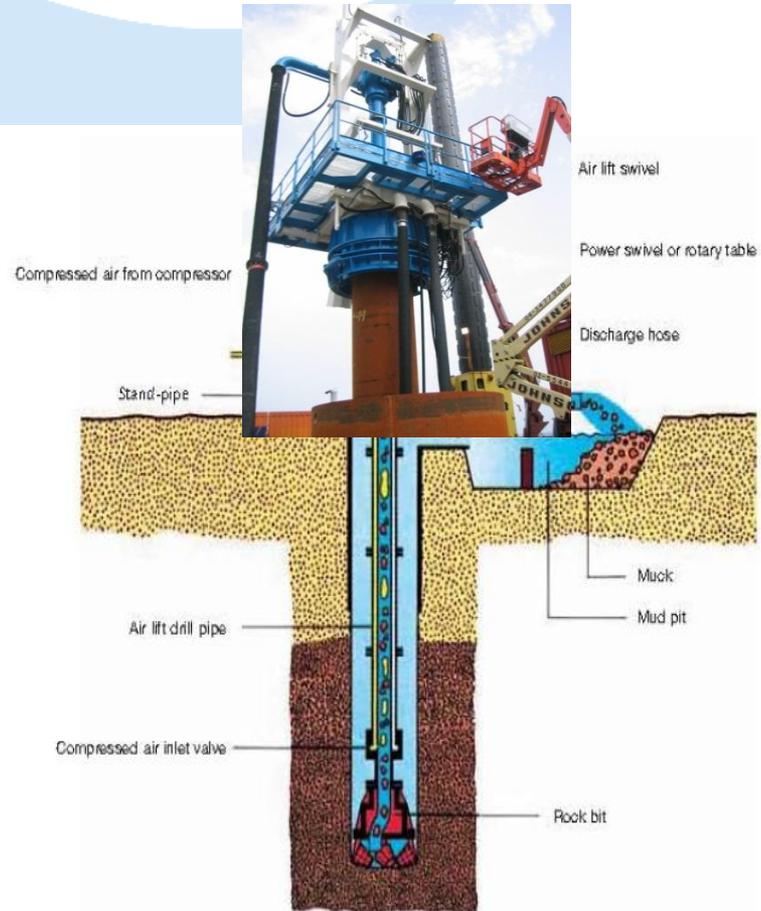
Pieux battus ou forés (forage RCD)

JU avec structure guide de battage.

(Protégé par applications de patente du groupe DEME)



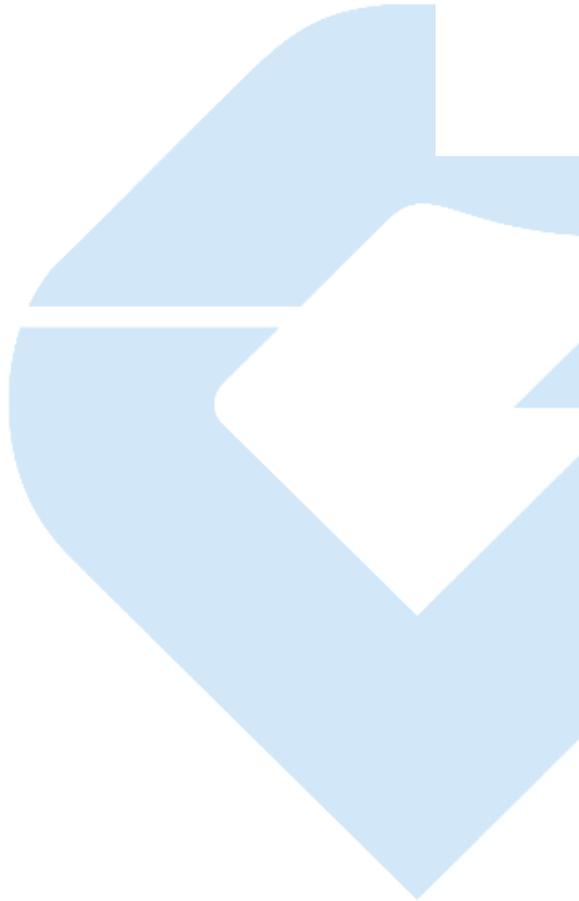
Livraison et déchargement des pieux



Embase gravitaire : économique mais installation critique

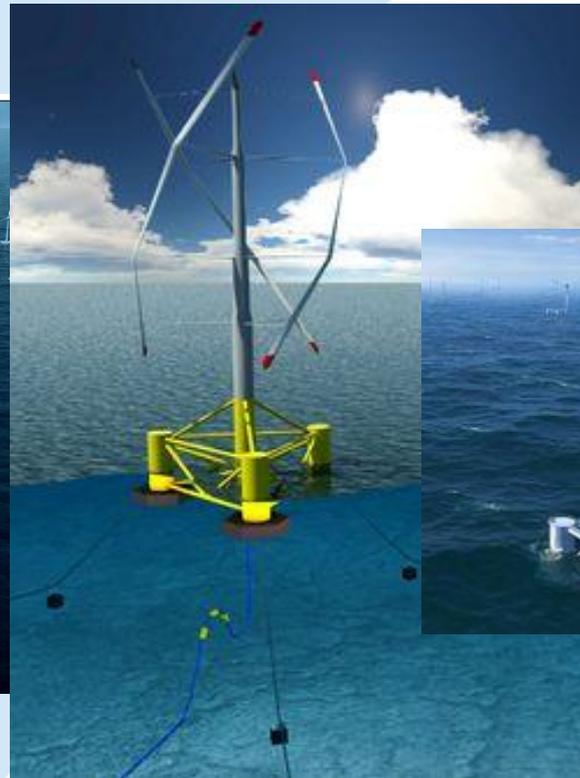
Les principales quantités sont les suivantes :

- béton : 1700 m³
- acier : 320 kg/m³
- précontrainte : 12 000 kg
- ballast : 2850 m³



L'éolien flottant ... plus loin

- On y croit en France car le grand fond est proche !



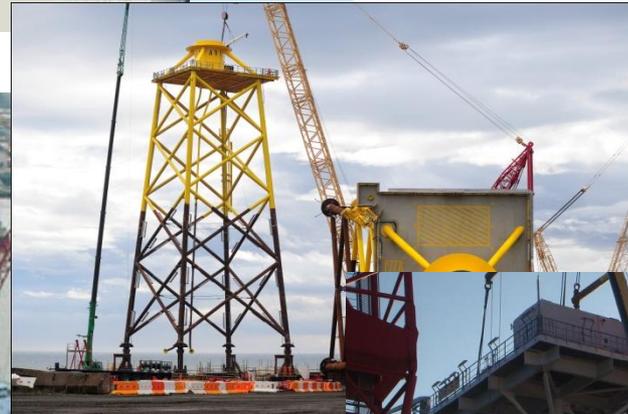
Quand les fondations posées seront trop chères

Schema d'execution :



Construire, transporter, installer

- Des turbines adaptées à l'environnement marin sur une fondation



... recherche optimum éco.

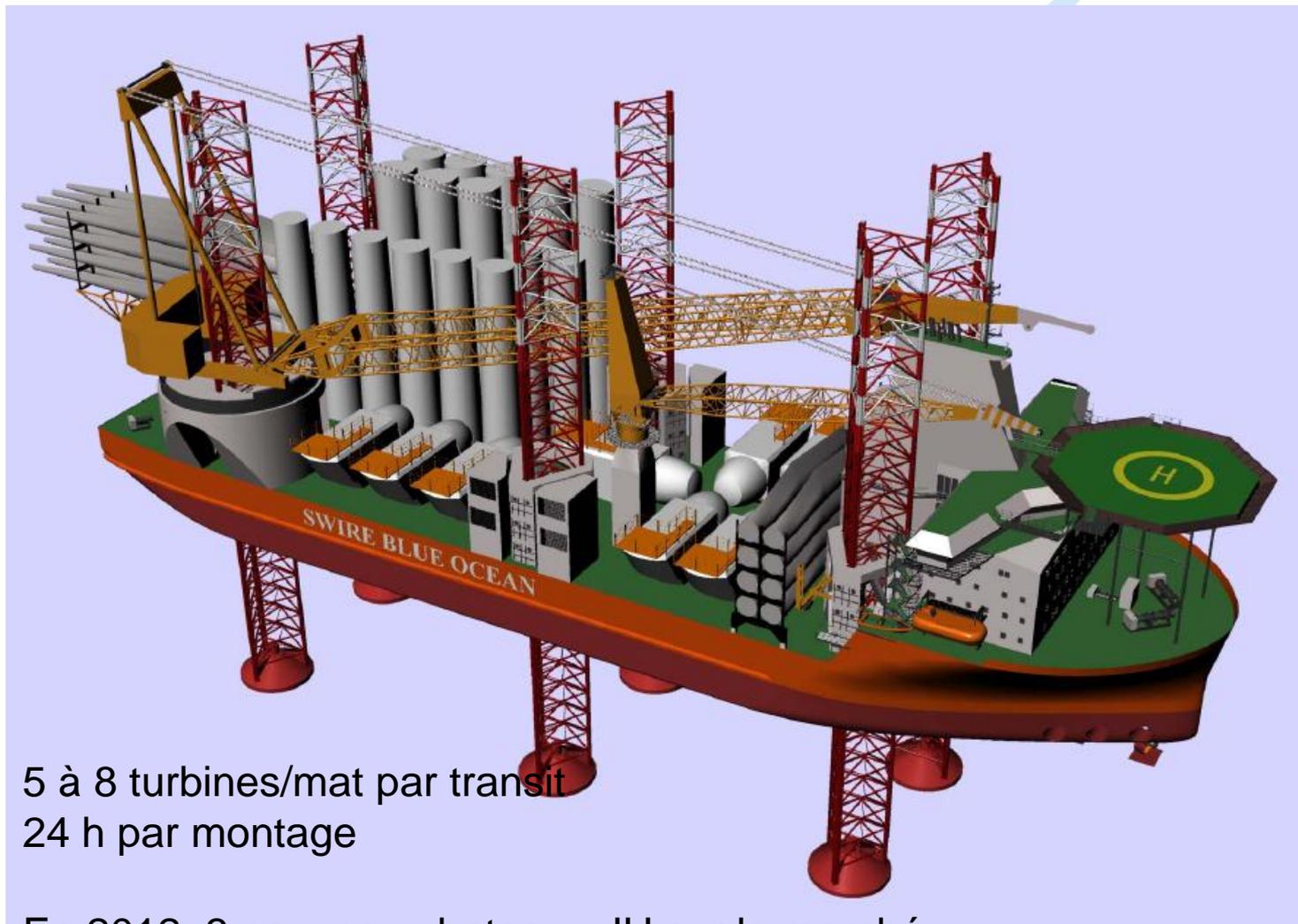
Grands projets adaptation requise

- Dizaines de MW en 2005,
- Centaines de MW en 2010 ...



... Milliers de MW en 2020 (Round 3 UK)

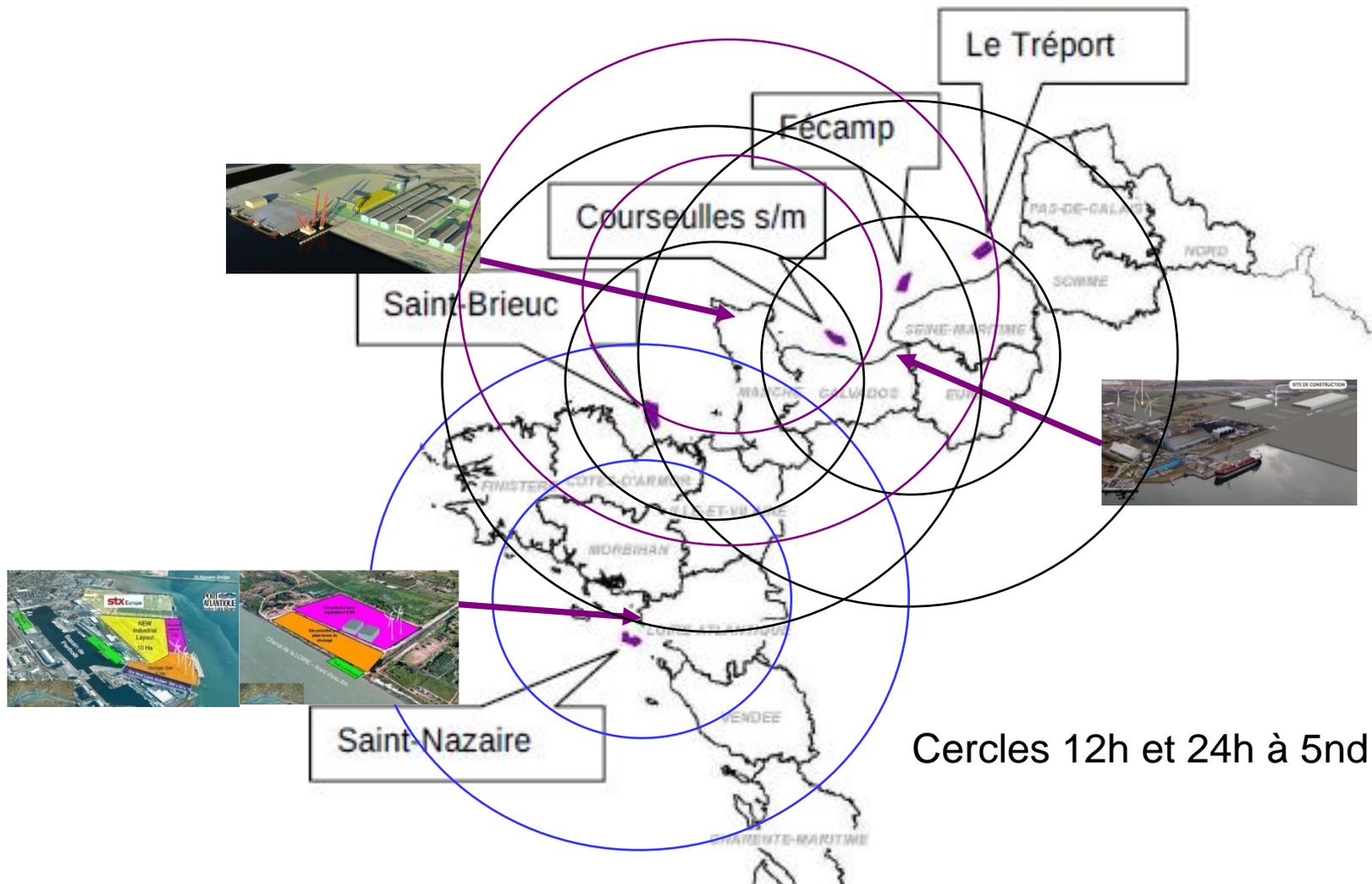
Pose des turbines / Bateaux Jack-ups



5 à 8 turbines/mat par transit
24 h par montage

En 2012, 3 nouveaux bateaux JU sur le marché

Plusieurs ports concernés par le 1^{er} AO





Cables et transformateur(s)

CÂBLES SOUS-MARINS

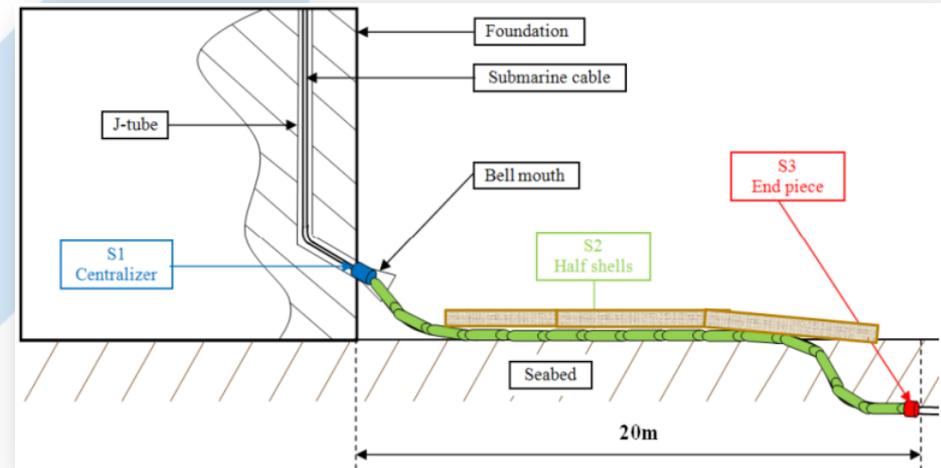
Câbles

- Câbles de qualité, déjà fiabilisés, à très faible champ magnétique (câbles triphasés)



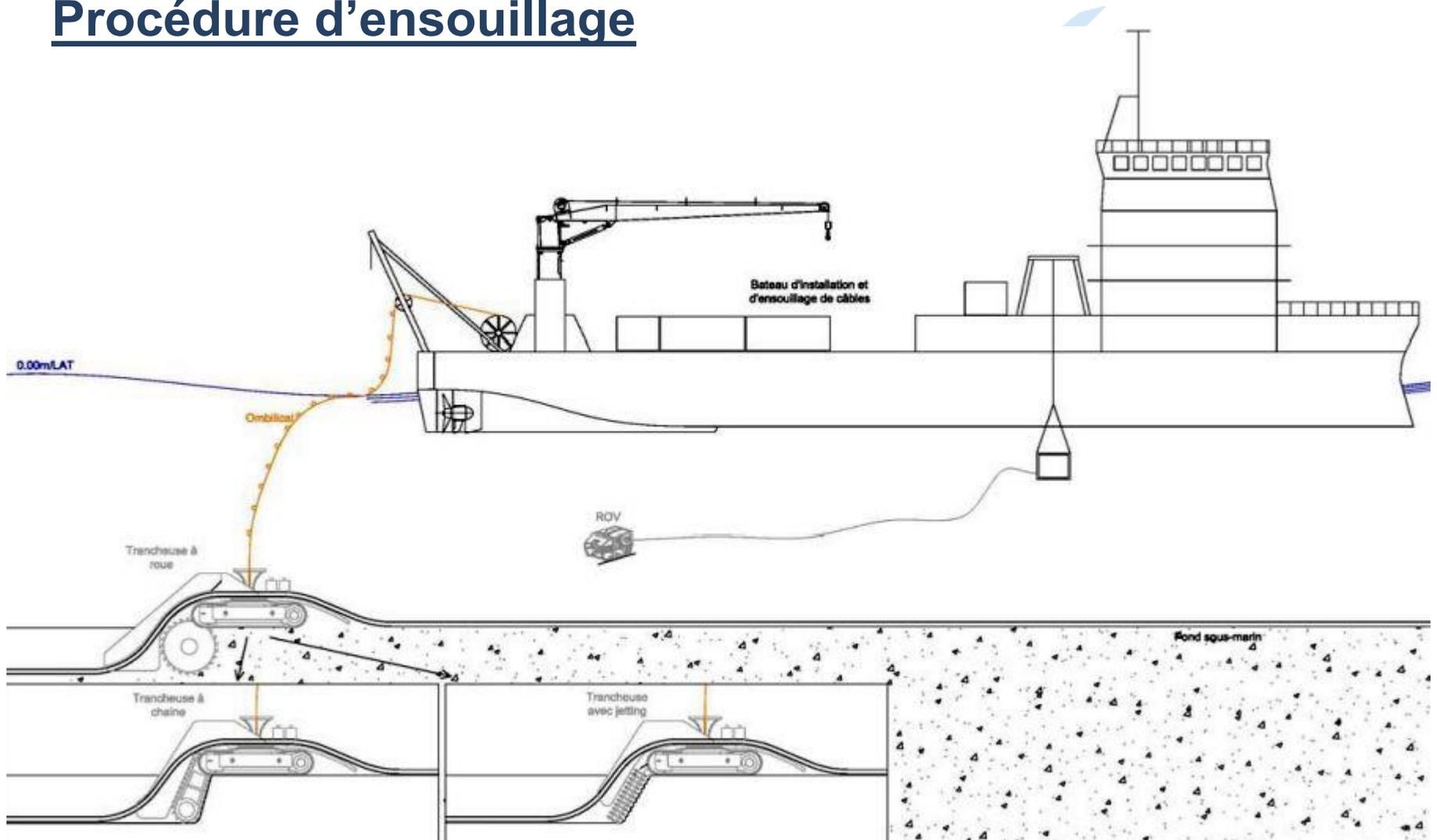
Ensouillage

- Tranchée de 25 cm de large
- 0.8-1,5 m de profondeur
- Si pas possible lié à la nature du sol : couverture matelas béton ou enrochements
- Inspections sous-marines régulières (20 % par an)



CÂBLES SOUS-MARINS

Procédure d'ensouillage





CÂBLES SOUS-MARINS

Exemple raccordement électrique

Longueur installée inter éolienne :
100 km

→ Limitation au maximum des
traversés de câbles.

→ **Risque de croche réduit
permettant la continuité
des arts dormants et traînants**

Survey du câblage

Programme d'inspections sous marines périodiques réalisées au moyen de robots sous-marins Seaye Cougar- XT.

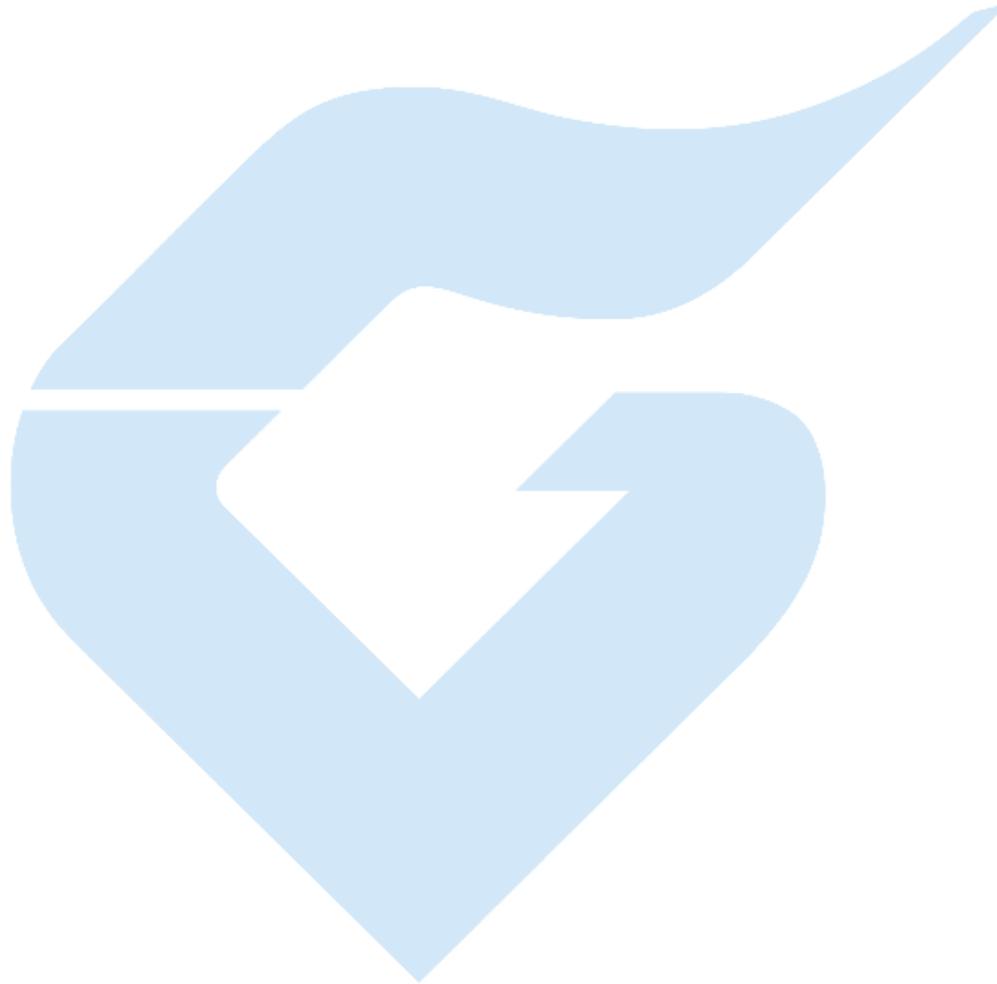
Des campagnes de mesures spécifiques par ondes magnétiques pour localiser précisément les câbles sur l'ensemble du parc.

Un navire de maintenance spécifique sera en charge d'assurer le survey du câblage.

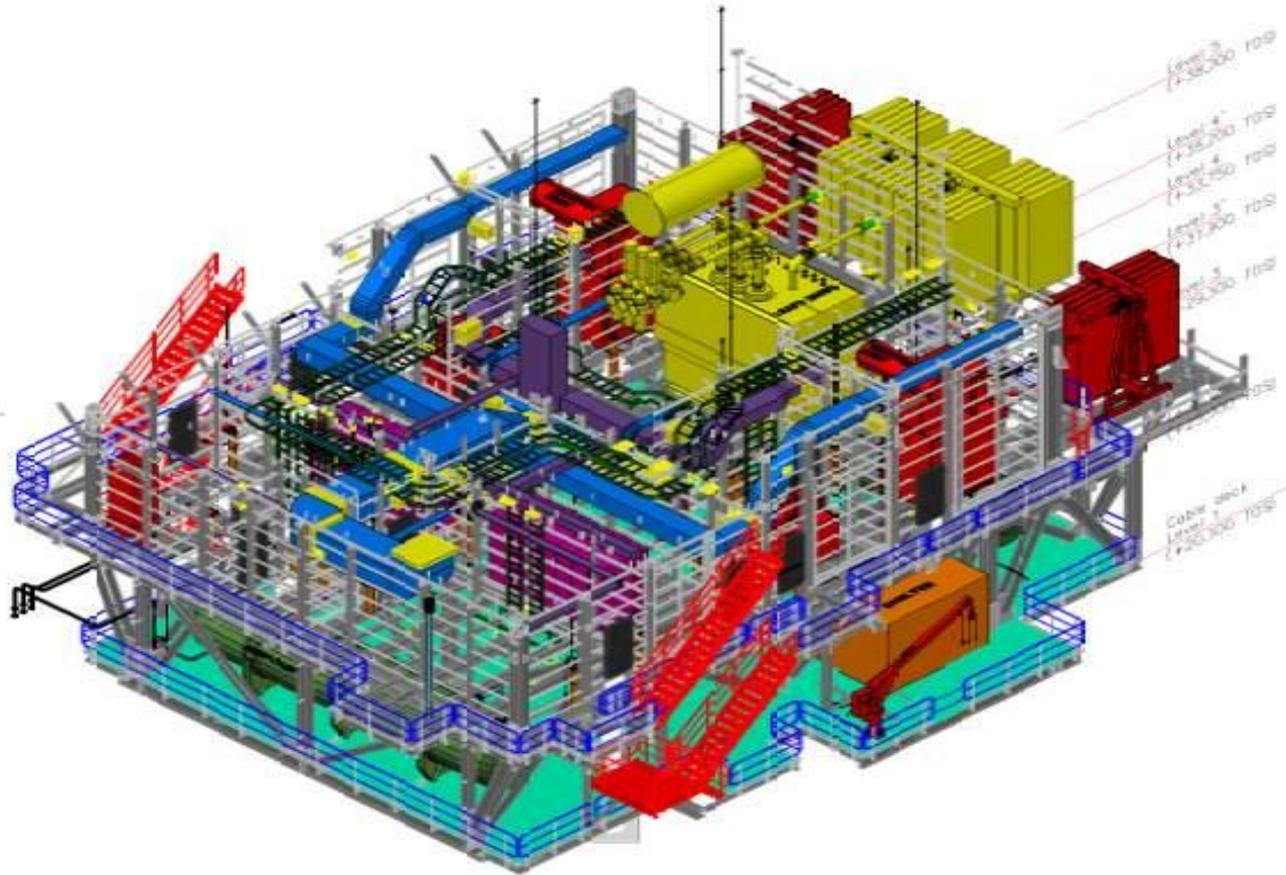
- Une couverture de contrôle de 20% par an de la surface totale du parc, soit 100 % au bout de 5 ans.
- cette fréquence sera ajustée en fonction des contraintes du site.



Unifilaire et sous-station



sous-station : Vue 3D



Assemblage



Projet London Array Phase I
Dimensions (m) 23x20x21
Poids 1.200 tonnes



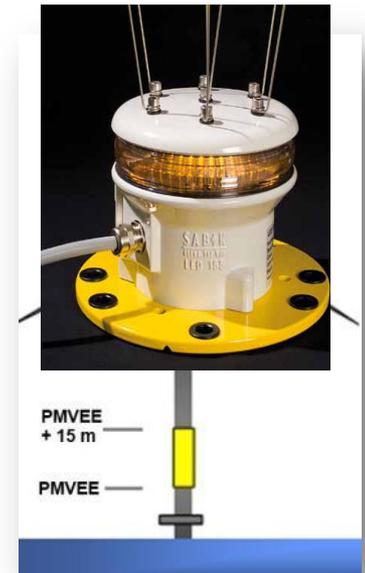
Installation



Balisage Maritime

Balisage périphérique

- Conforme aux recommandations internationales (IALA O-139)
- Éoliennes de coin et périphériques intermédiaires pourvues de feux à éclats jaune (portée 5 MN et 2 MN)
- Et de cornes de brume (portée 2 MN)
- Balises AIS sur une ou plusieurs éoliennes significatives



Balisage individuel

- Toutes éoliennes : peinture jaune de PMVEE à PMVEE +15 m
- Balisage de proximité sur toutes les éoliennes ;
 - Panneaux lumineux alpha - numériques
 - Tubes lumineux



maintenance



The top portion of the image features several white, irregular, wavy lines that resemble a topographic map or a stylized landscape. These lines are set against a solid black background and create a sense of depth and movement.

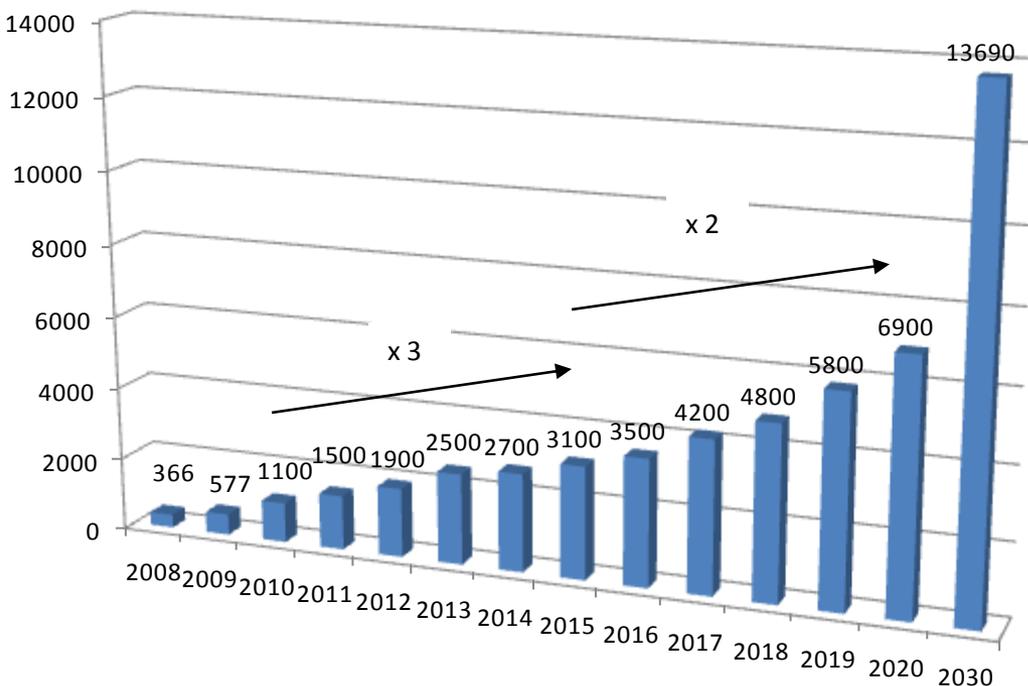
Perspectives et prix

Des perspectives ambitieuses pour l'éolien offshore européen

MW installés / an

Source EWEA

■ MW installés / an

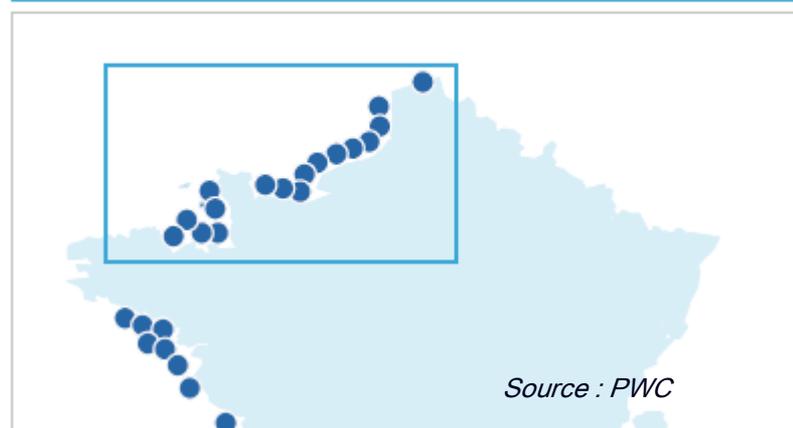


**Objectif : 40 000 MW installés en 2020
dont 6 000 MW en France**

Année	Puissance installée (MW)	Nombre de turbines installées au cours de l'année	Chiffre d'affaires (Milliard €)
2009	577	199	1,5
2010	1100	436	3

Les investissements ont doublé entre 2009 et 2010 !

La façade Manche semble être la zone la plus attractive pour l'implantation de projets éoliens offshore



Source : PWC

La France tiendra t elle ses objectifs ?

Conditions de raccordement	
Coordonnées du point de référence	0°25.3' W 49°25.8' N
Caractéristiques électriques	Puissance maxi 500 MW HVAC 2 liaisons 225kV 1 ou 2 points de livraison en mer
Coût indicatif du raccordement (du point de raccordement au réseau au point de référence)	140-200 M€
Coût kilométrique indicatif du raccordement (du point de référence au(x) point(s) de livraison)	2 M€
Délai indicatif de réalisation du raccordement	66 mois à compter de la signature de la PTF

Première tranche raccordée en été
2018 ?

La France tiendra t elle ses objectifs ?

- Si 2 tranches, 4 projets fully commissioned en 2019
- Si 3 tranches, 4 projets fully commissioned en 2020
- Puissance installée (1928 MW)
- Pour le round 2, on accélère ou on décale à 2021
- Pour le round 3, etc ...

La France tiendra t elle ses objectifs ?

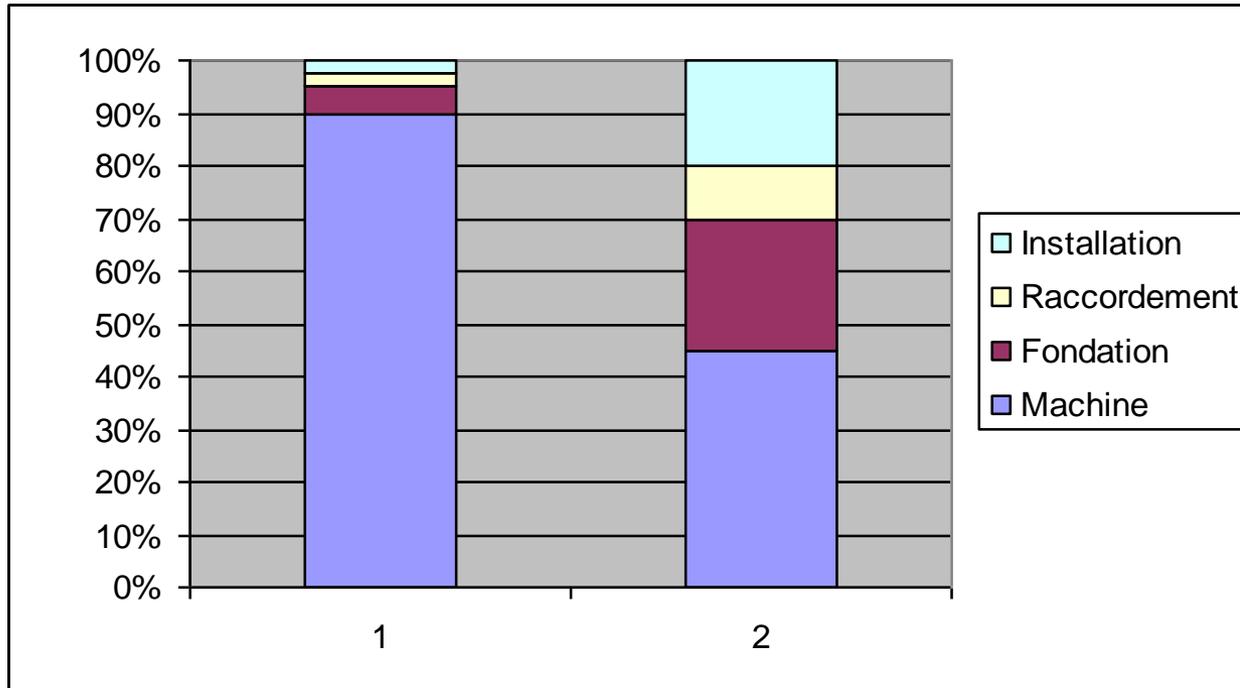
Name	Key Dates		Key Stakeholders			Power			
	Estimated Start Installation Year	Generating Year	Developers	Owners	Operators	Capacity MW (Min)	Capacity MW (Max)	Turbine Model	Turbine MW (Min)
Vendée	2016		wpd Offshore France SAS	wpd Offshore GmbH			580	Not Decided	
Les Grunes	2016		eole RES	eole RES			100	Not Decided	
Neoen	2016	2017	Neoen	Direct Énergie			100	Not Decided	
Portes en Ré	2016		ENERTRAG France	ENERTRAG France			120	Not Decided	
d'Aïse	2016		Nass&Wind Offshore	Groupe Nass&Wind			100	Not Decided	
Des Minquiers	2016		Nass&Wind Offshore	Groupe Nass&Wind			200	Not Decided	
Cote d'Albatre II	2016		ENERTRAG France	ENERTRAG France			400	Not Decided	
Cherbourg	2016		ENERTRAG France	ENERTRAG France			400	Not Decided	
Haute Normandie	2016		Nass&Wind Offshore	Groupe Nass&Wind			280	Not Decided	
3B	2016		Nass&Wind Offshore	Groupe Nass&Wind			210	Not Decided	
Fécamp	2017	2020	Eolien Maritime France	EDF Energies Nouvelles,DONG Energy			498	Haliade 150-6MW (Alstom Power)	
Courseulles-Sur-Mer	2018		Eolien Maritime France	EDF Energies Nouvelles,DONG Energy			450	Haliade 150-6MW (Alstom Power)	
Saint-Brieuc	2016	2017	Ailes Marines SAS	Iberdrola Renovables,eole RES			500	M5000-116 (Areva Wind)	
Saint-Nazaire	2016	2020	Eolien Maritime France	EDF Energies Nouvelles,DONG Energy			480	Haliade 150-6MW (Alstom Power)	

Total 4418 MW ?



Couts et Prix du kWh

Répartition budgétaire – éolien



- Onshore / Offshore

Combien ça coûte ?

Projet	CAPEX €/W	Prod h/an	Tarif (cts €/kWh)
Eolien onshore	1	2300	8,2
PV au sol	1,5	1200	18
Eolien offshore	3,5	2800	13-18
hydrolien	5	3000	18-30 ???

15 cts = prix du kWh hydrolien en France (loi)

13 cts = prix du kWh éolien offshore en France (loi)

27,5 cts = prix du kWh hydrolien en UK ?

Combien ça (nous) coute ?

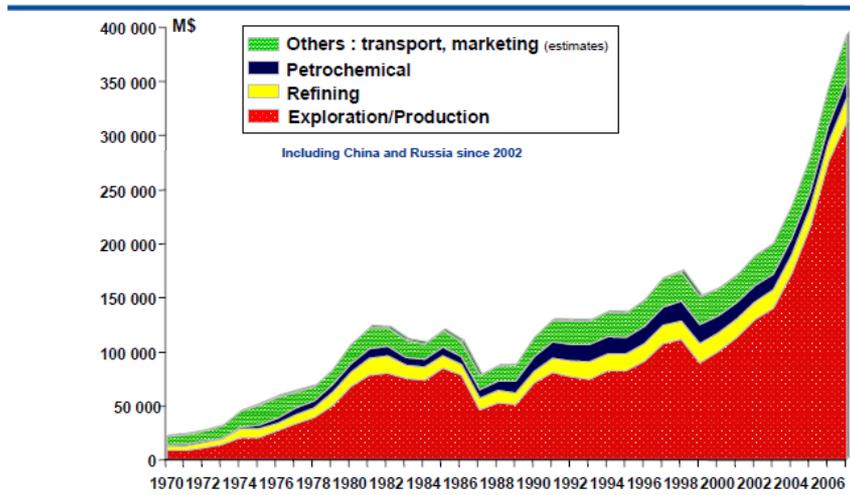
- Eolien offshore : 10 milliards d'investissement à amortir sur 20ans.
→ 25 € par an par foyer.
- Petit calcul : 1 foyer avec une petite voiture en zone périurbaine, 15 cts d'augmentation du litre (sur 20 ans)
→ 75 € par an par foyer

Conclusion



« Tout comme l'âge de pierre ne s'est pas terminé faute de pierres, ... »

- Il va falloir faire des choix sur nos orientations énergétiques



Investissements de l'industrie pétrolière mondiale, en millions de dollars. Source: IFP & CEG, Novembre 2007, in Bauquis, Total Professeur Associés

16 % Europe
60 Milliards \$ 2007
%
3 Milliards €
Éolien offshore 2010

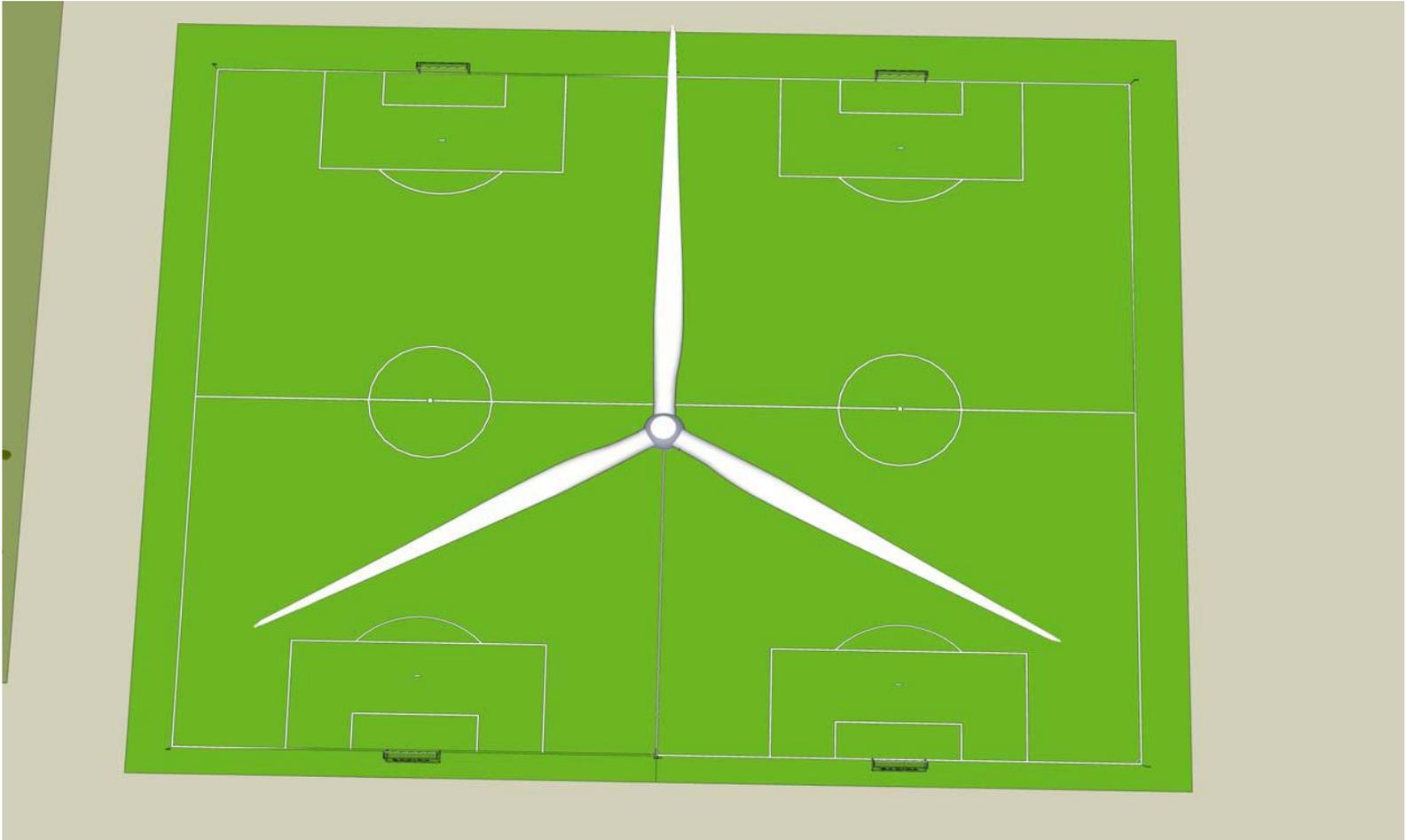
- ... Et les assumer financièrement.

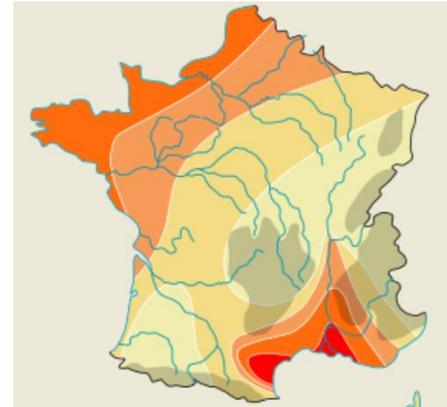
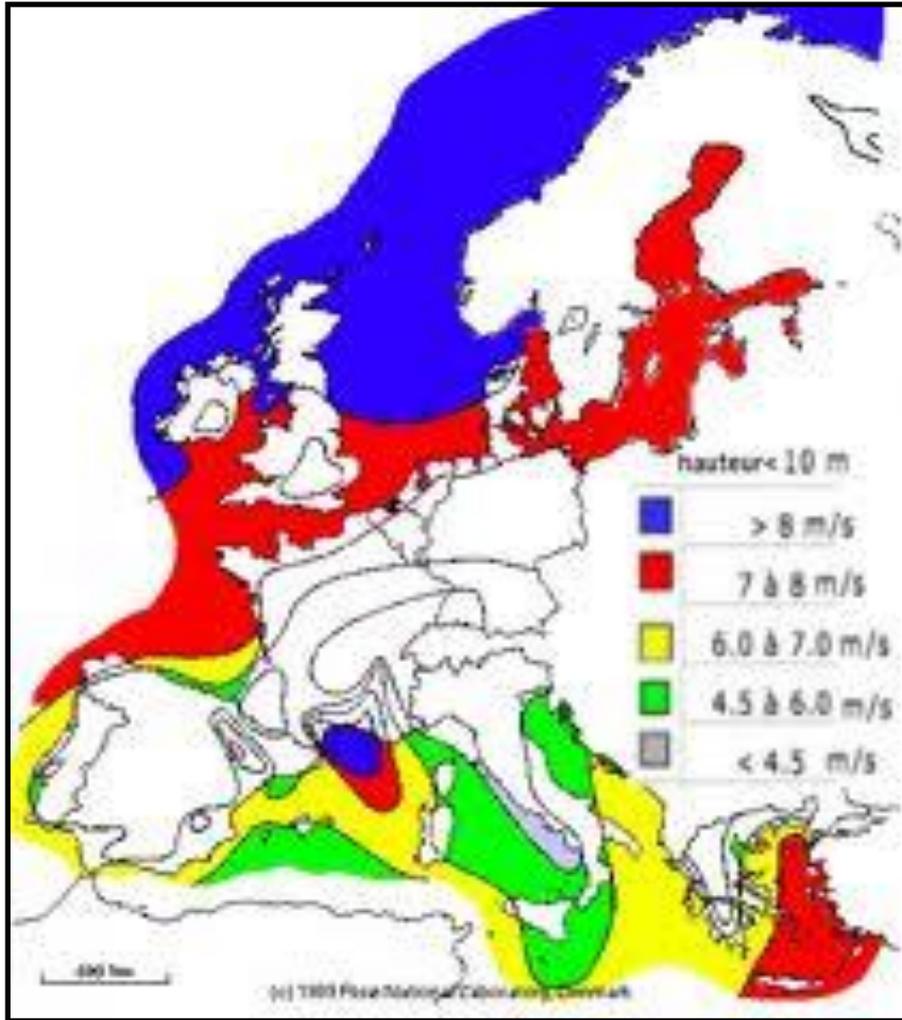
The top portion of the image features several white, irregular, wavy lines that resemble a torn paper edge or a stylized topographical contour. These lines are set against a solid black background.

Merci pour votre attention

The top portion of the image features several thin, white, irregular wavy lines that resemble a stylized horizon or a decorative border. These lines are set against a solid black background.

Back-up





Une image de la
ressource....plus
intense en
Méditerranée

Opération maintenance – des emplois à long terme

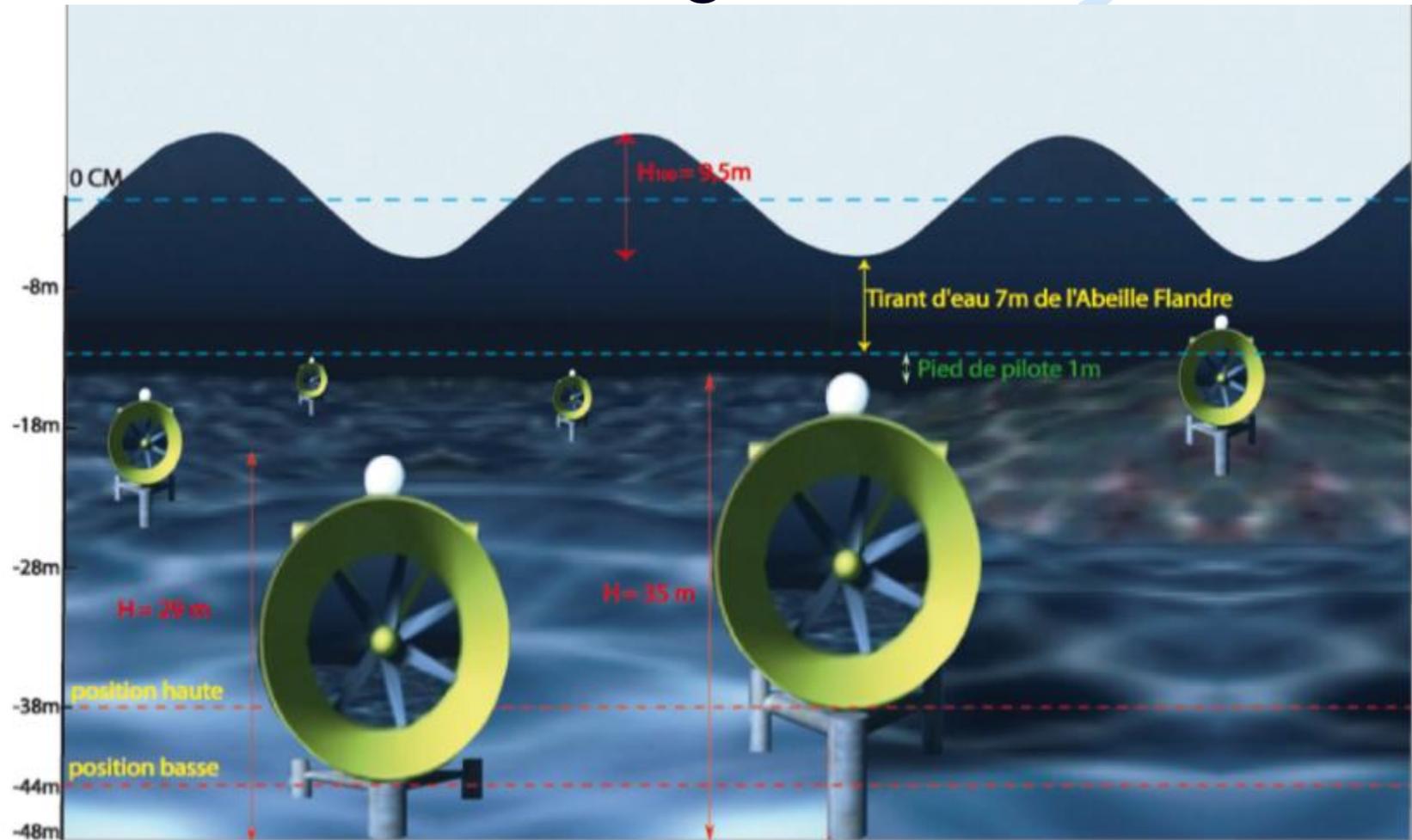
Le potentiel horizon 2020

Scénario normatif IFREMER (exploitation):

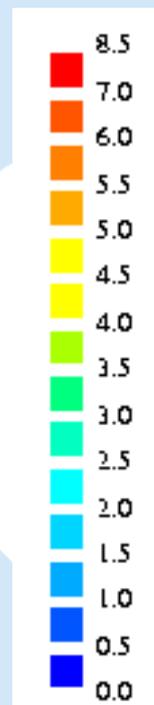
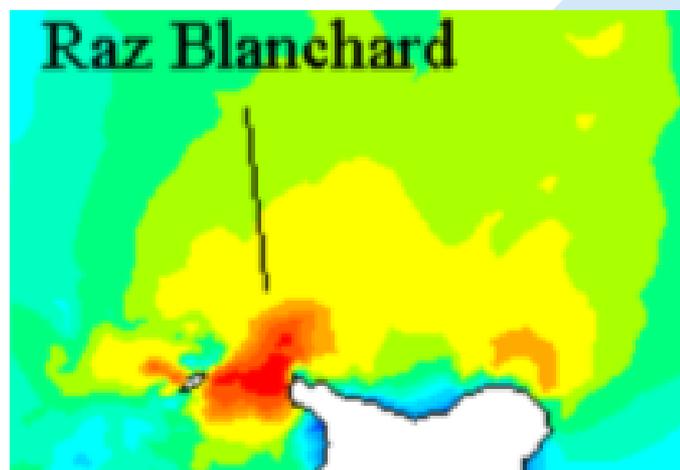
Type d'énergie renouvelable	Puissance nationale installée (MW)	emplois/MW	Emplois directs
Éolien offshore	6000	0.5	3000
Marémoteur	400	0.7	280
Hydrolien	500	0.7	350
Vagues	200	1	200
TOTAL			< 4000

Emploi : 60 k ou 120k par machines

Position dans la veine fluide et navigation



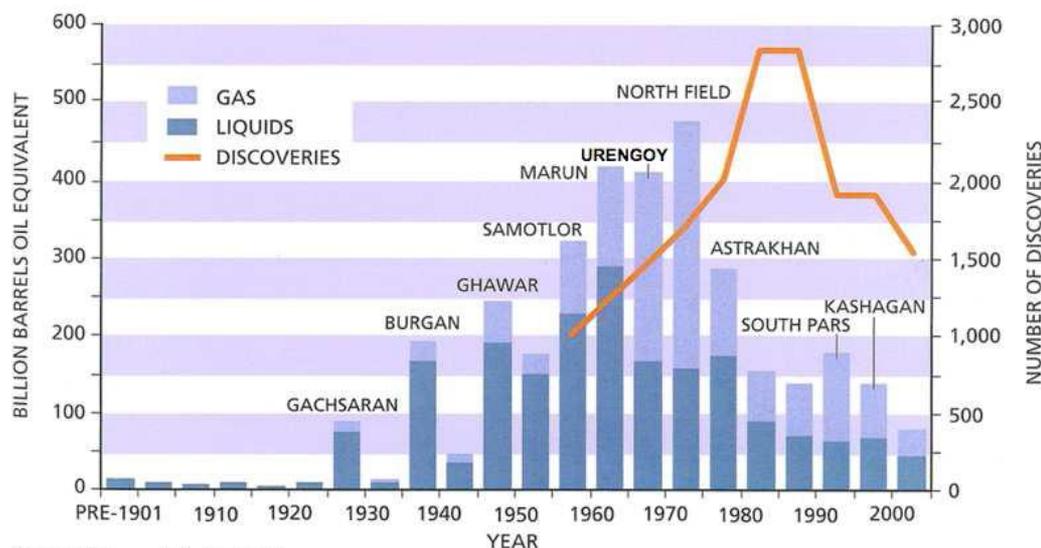
La ressource en France



50% de ressources dans la Manche

Une histoire de développement durable

- Réchauffement climatique (GIEC)
- Nous habitons une planète finie
 - ✓ Club de Rome (Rapport Meadows 1972)



Source: IHS Energy (Bahorich, 2006).

- ✓ Matières premières en quantité finie

Le cap est donné par l'Europe

- Diminuer d'au moins 20 % les émissions de gaz à effet de serre.
- Améliorer de 20 % l'efficacité énergétique.
- Atteindre une proportion de 20 % d'énergies renouvelables dans la consommation finale (23% pour la France)

→ Grenelle de l'environnement

Et tout se termine par une loi ... la PPI

Arrête :

Art. 1^{er}. – Les objectifs de développement de la production électrique à partir d'énergies renouvelables en France sont les suivants :

I. – Pour l'énergie radiative du soleil, en termes de puissance totale installée :

1 100 MW au 31 décembre 2012 ;

5 400 MW au 31 décembre 2020.

II. – Pour la biomasse, en termes de puissance supplémentaire à mettre en service :

520 MW entre la date de publication du présent arrêté et le 31 décembre 2012 ;

2 300 MW entre la date de publication du présent arrêté et le 31 décembre 2020.

Hors production d'électricité à partir de biogaz et valorisation des usines d'incinération d'ordures ménagères, les dispositifs de soutien à la production d'électricité à partir de biomasse privilégient la cogénération.

III. – Pour les énergies éolienne et marines, en termes de puissance totale installée :

11 500 MW au 31 décembre 2012, dont 10 500 à partir de l'énergie éolienne à terre et 1 000 MW à partir de l'énergie éolienne en mer et des autres énergies marines ;

25 000 MW au 31 décembre 2020, dont 19 000 à partir de l'énergie éolienne à terre et 6 000 MW à partir de l'énergie éolienne en mer et des autres énergies marines.

IV. – L'objectif concernant la production hydroélectrique en France métropolitaine est d'accroître l'énergie produite en moyenne sur une année de 3 TWh et d'augmenter la puissance installée de 3 000 MW au 31 décembre 2020.

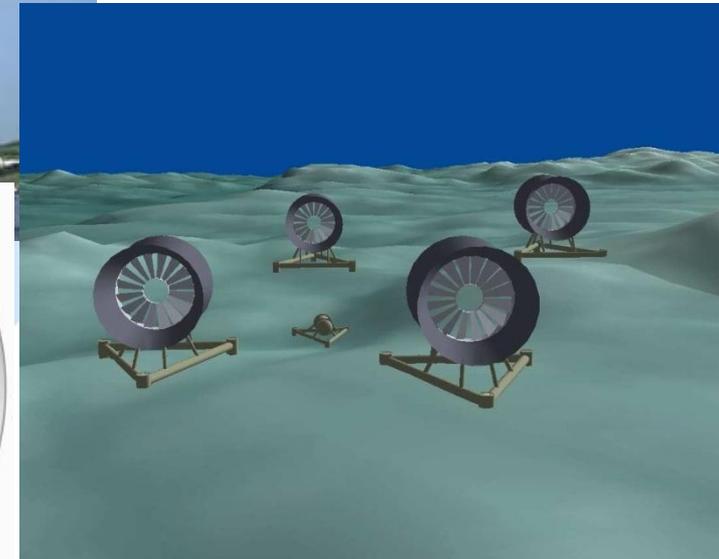
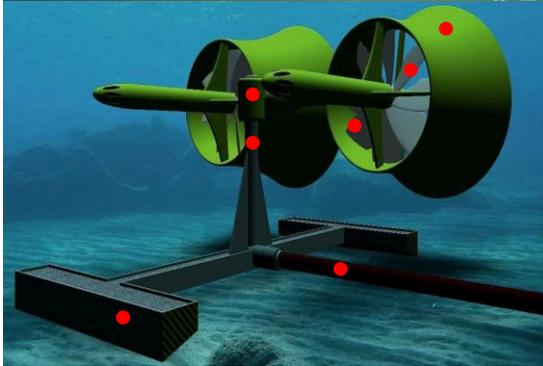
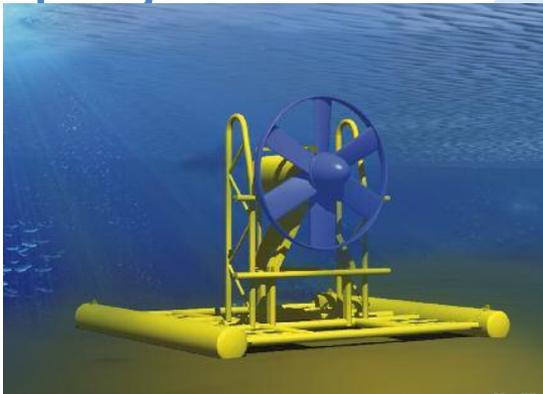
Art. 2. – L'objectif concernant la production d'électricité mise en service à partir de l'énergie nucléaire est un premier réacteur de troisième génération à l'horizon 2012 et un deuxième réacteur de troisième génération à l'horizon 2017, sur des sites nucléaires existants.

Quel chemin à parcourir d'ici 2020 ?

- Consommation annuelle prévue 2020 :
= 530 000 GWh (env.500 000 en 2010)
- **23% EnR = 122 000 GWh**
 - ✓ Production Hydr. 2010 : 68000 GWh)
 - ✓ Production éolien 2010 : 9600 GWh (5600 en 2008)
 - ✓ Production PhV 2010 : 600 GWh (x 15 en 2 ans)
 - ✓ Production biomasse : 4800 GWh
 - ✓ Production ERM 2010 : 540 GWh (usine de la Rance)

Les hydroliennes juste derrière

- 1^{er} projet industriel au Royaume-Uni et premiers projets démonstrateurs en France



➔ Architecture du champs sous-marine

L'énergie marémotrice

- 1^{ère} énergie marine en France !



➔ Impact environnemental significatif observé dans La Rance pose question.

L'énergie des vagues, c'est passionnant

- 10 projets démonstrateurs ... Une centaine de technologies enregistrées à l'EMEC

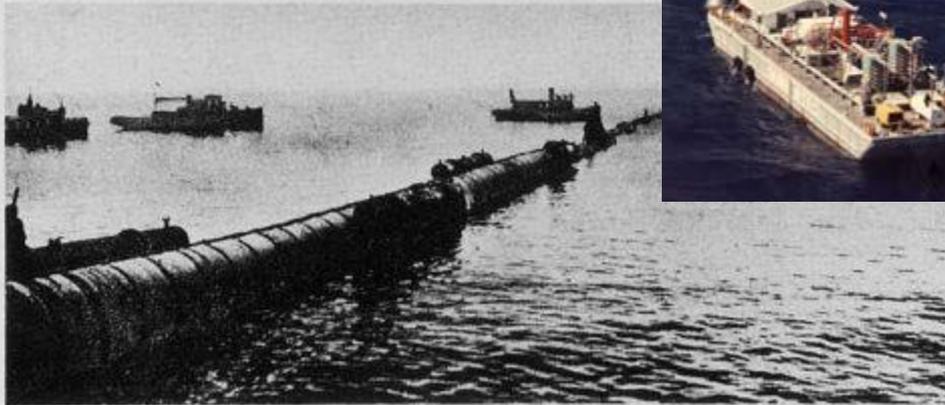


➔ Ressource moins concentrée que les courants
Ouvrage côtier intégrant un convertisseur ?

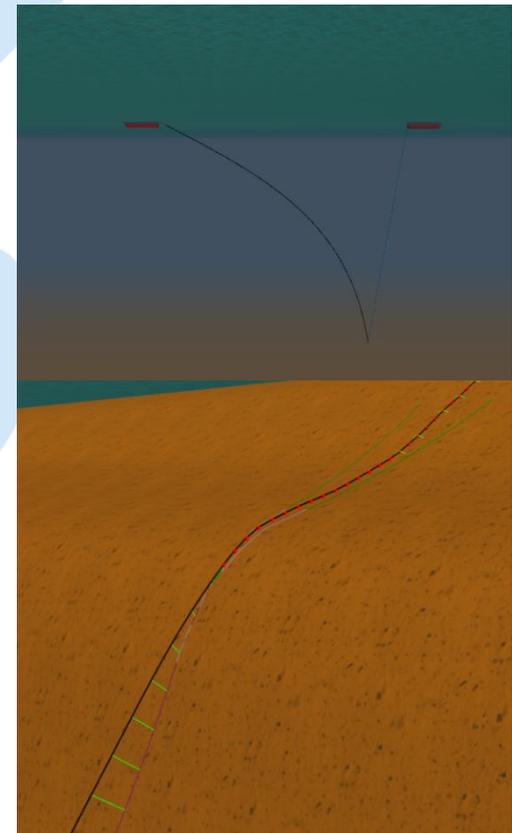
L'énergie thermique des (outr)-mers

- La France en précurseur, les états-unis mettent les moyens.

Energie thermique des mers



1930 : Expérience de mise à l'eau d'un tube de 1,60 m de diamètre et de 2 km de long, à Cuba (Georges Claude).



➔ Gap techno : le tuyau

Le SWAC

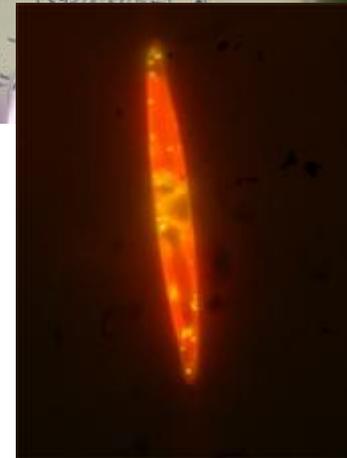
- Faire du froid avec de l'eau de mer. Une idée simple pleine d'avenir



➔ Prix réel du kWh en DOM-POM >> kWh métro

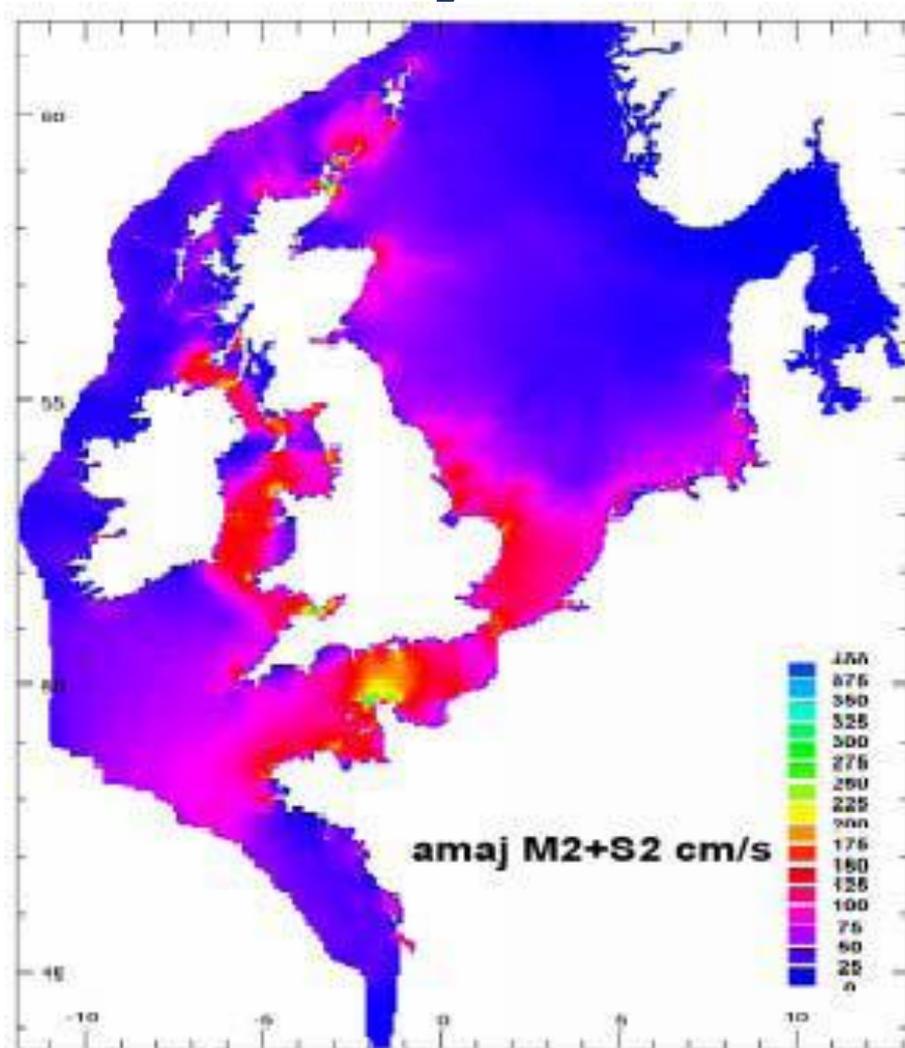
Gradient de salinité et biomasse

- Pour être exhaustif ... mais pas significatif.



➔ Biomasse = Seule EMR à carburant liquide

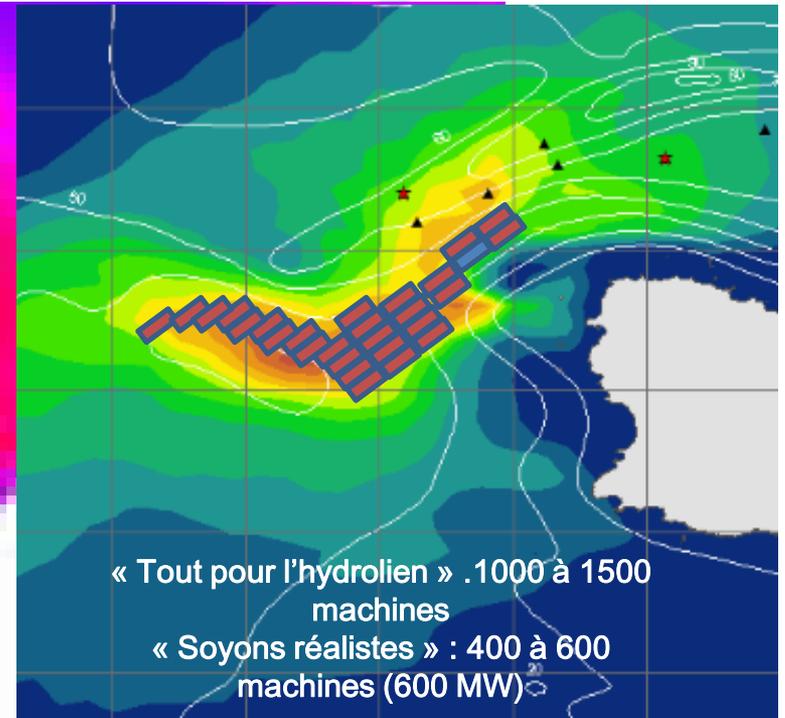
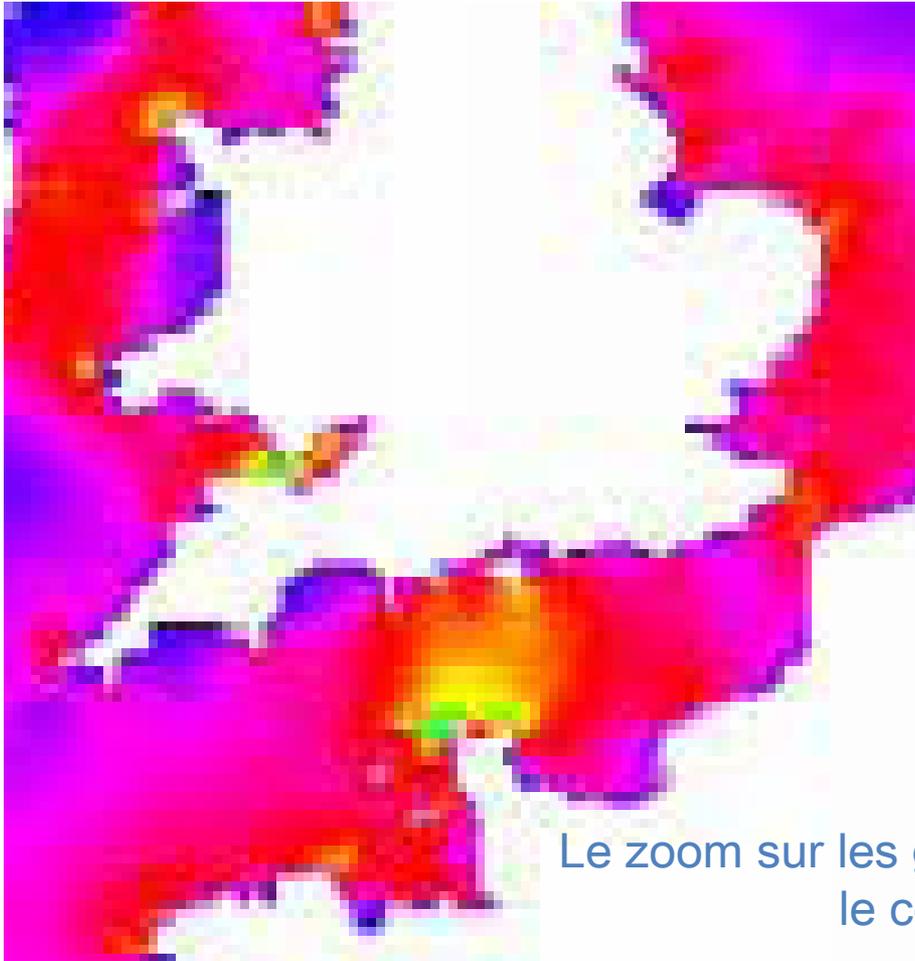
Et l'hydrolien européen ?...



Un rapport de 1 à 10 avec l'éolien offshore

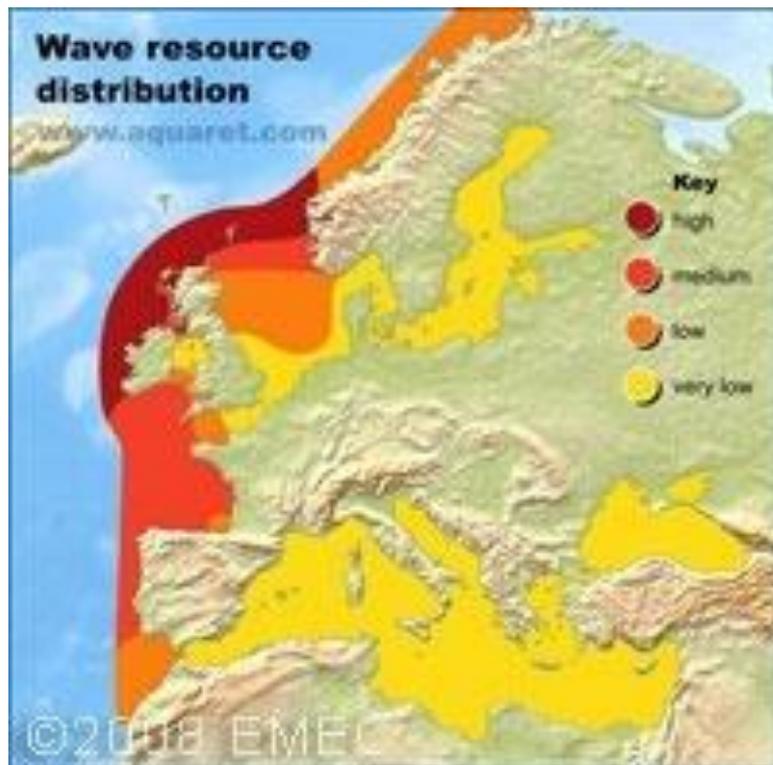
Une ressource de 60.000 MW !
Si on récupère 10% de tout ce qui passe : 6.000 MW installés

Il est un peu Normand ?



Le zoom sur les grosses taches vertes le confirme !

Et L'énergie des vagues ?...



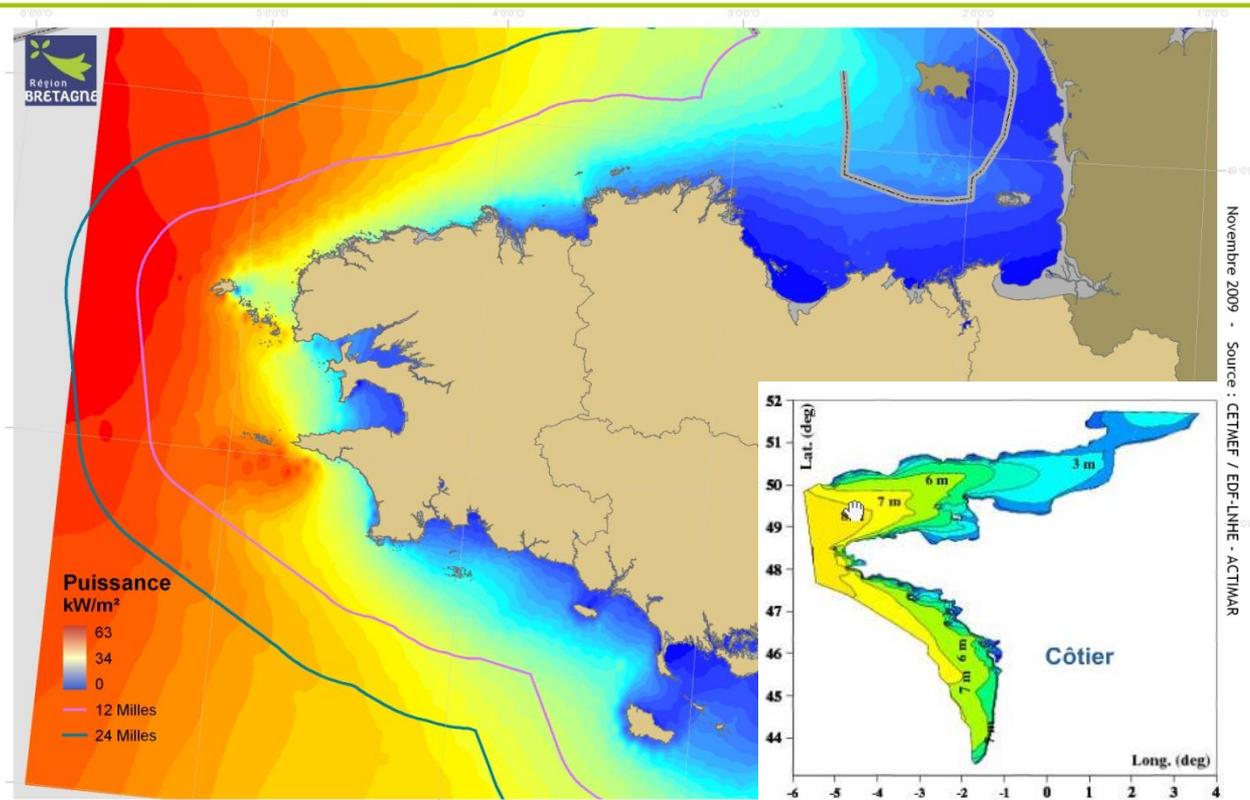
Premiers UK, Irlande.
Espagne, Islande, Norvège,
France, Portugal suivent.

Une ressource de 40 kW/m approx.
Si on récupère 5% de tout ce qui passe
entre Brest et Bayonne : 2.000 MW
installés ?

...Petit zoom sur la France....

...Elle est un peu Bretonne .

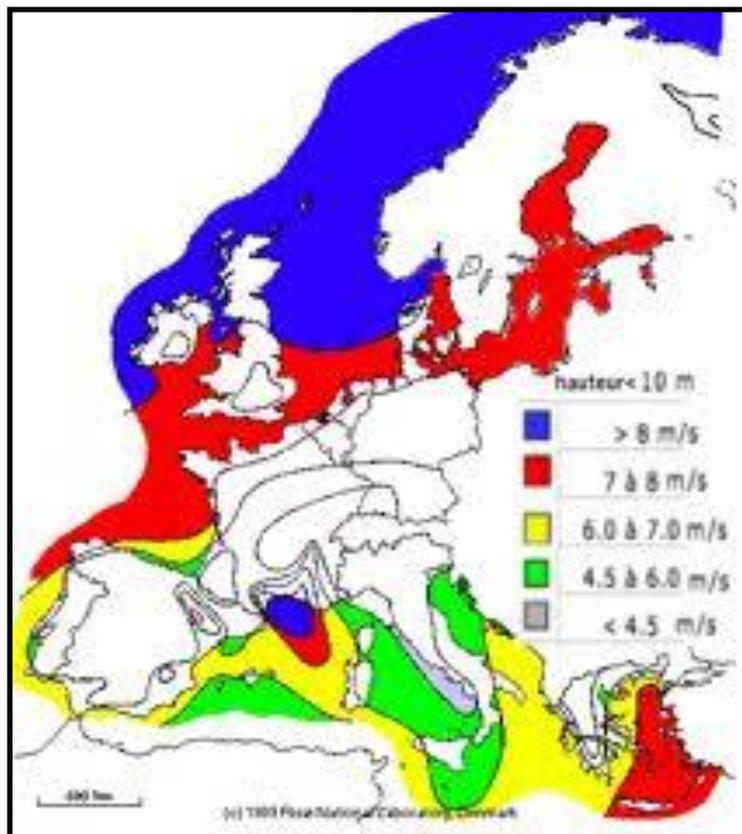
Puissance moyenne annuelle des vagues



2 raisons de commencer en Bretagne :

- La motivation pour les EMRs,
- La ressource.

Et le vent ??...il est un peu chez nous !



Plus le gisement est bon ...moins cher est le kilowattheure produit.

Quelques plateaux mais très vite les fonds sont très profonds

...le meilleur gisement est en Méditerranée....