

EOLIENNES OFFSHORE: FIXES(Rappel) ET FLOTTANTES

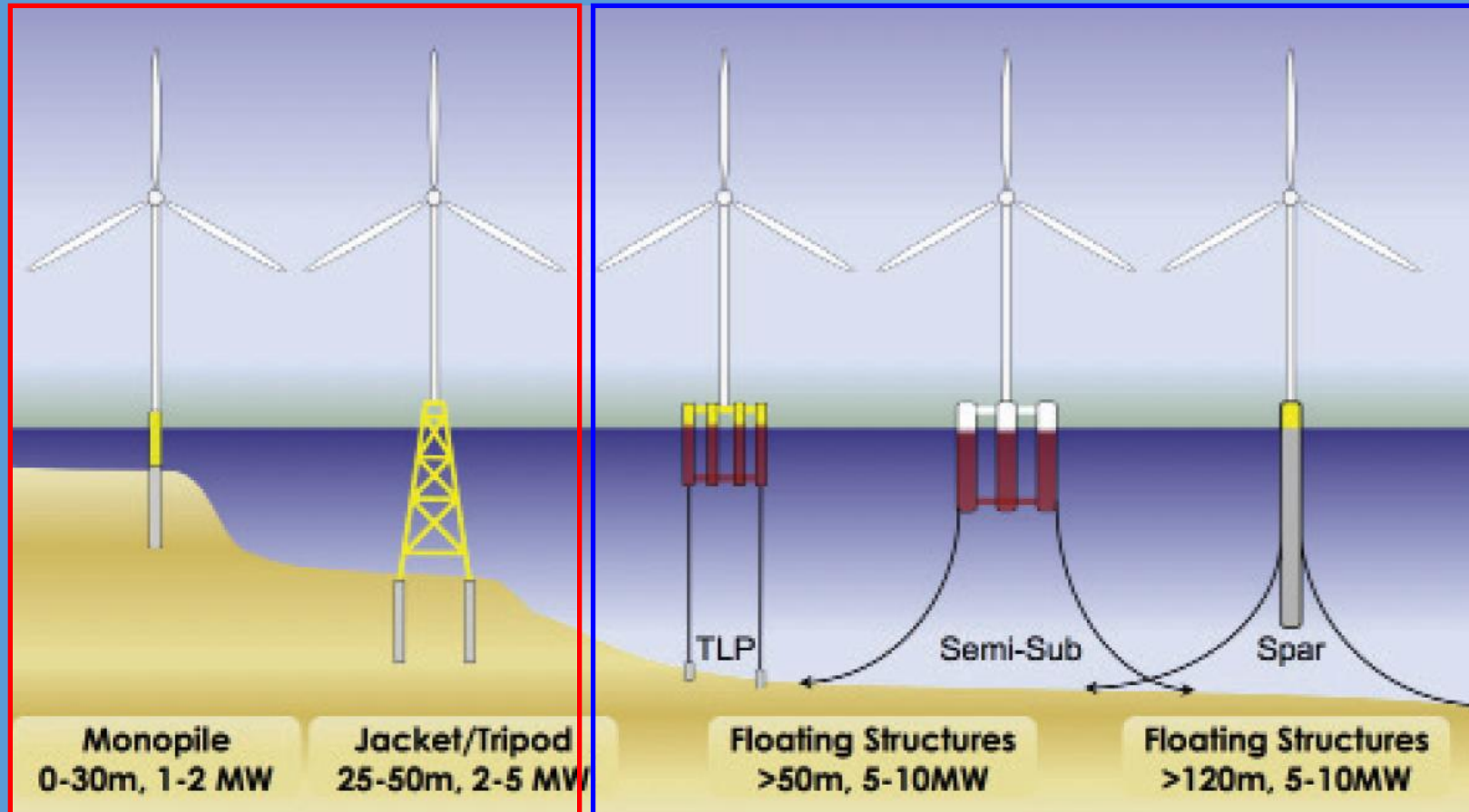
Les enjeux
Les vues de quelques projets
Le potentiel et les couts

Jean PEPIN-LEHALLEUR

Janvier 2016

Les différentes technologies EMR

✓ Eoliennes



Eoliennes fixes

Eoliennes flottantes

Où est le vent?

Ressources éoliennes à 50 (45) m au-dessus du terrain

Couleur	Terrains avec obstacles	Terrains dégagés	Au bord de la mer	Mer ouverte	Collines et crêtes de colline
	<i>m/s</i> <i>W/m²</i>	<i>m/s</i> <i>W/m²</i>	<i>m/s</i> <i>W/m²</i>	<i>m/s</i> <i>W/m²</i>	<i>m/s</i> <i>W/m²</i>
■	>6.0 >250	>7.5 >500	>8.5 >700	>9.0 >800	>11.5 >1800
■	5.0-6.0 150-250	6.5-7.5 300-500	7.0-8.5 400-700	8.0-9.0 600-800	10.0-11.5 1200-1800
■	4.5-5.0 100-150	5.5-6.5 200-300	6.0-7.0 250-400	7.0-8.0 400-600	8.5-10.0 700-1200
■	3.5-4.5 50-100	4.5-5.5 100-200	5.0-6.0 150-250	5.5-7.0 200-400	7.0-8.5 400-700
■	<3.5 <50	<4.5 <100	<5.0 <150	<5.5 <200	<7.0 <400



EOLIENNES OFFSHORE FIXES EN EUROPE

Mai 2013 en Europe: nombre de parcs opérationnels

(capacité en MW, nombre d'éoliennes)

Norvège 1 parc, 2 MW, 1 éolienne

Finlande 3 parcs, 32 MW, 11 éoliennes

Suède 6 parcs, 168 MW, 76 éoliennes

Danemark 13 parcs, 1 274 MW, 517 éoliennes

Royaume-Uni

20 parcs, 3 321 MW,
973 éoliennes

Irlande

1 parc, 25 MW,
7 éoliennes

Pays-Bas

4 parcs, 247 MW, 128 éoliennes

Belgique 3 parcs, 380 MW, 91 éoliennes

Allemagne 6 parcs, 320 MW, 76 éoliennes

Portugal 1 parc, 2 MW, 1 éolienne

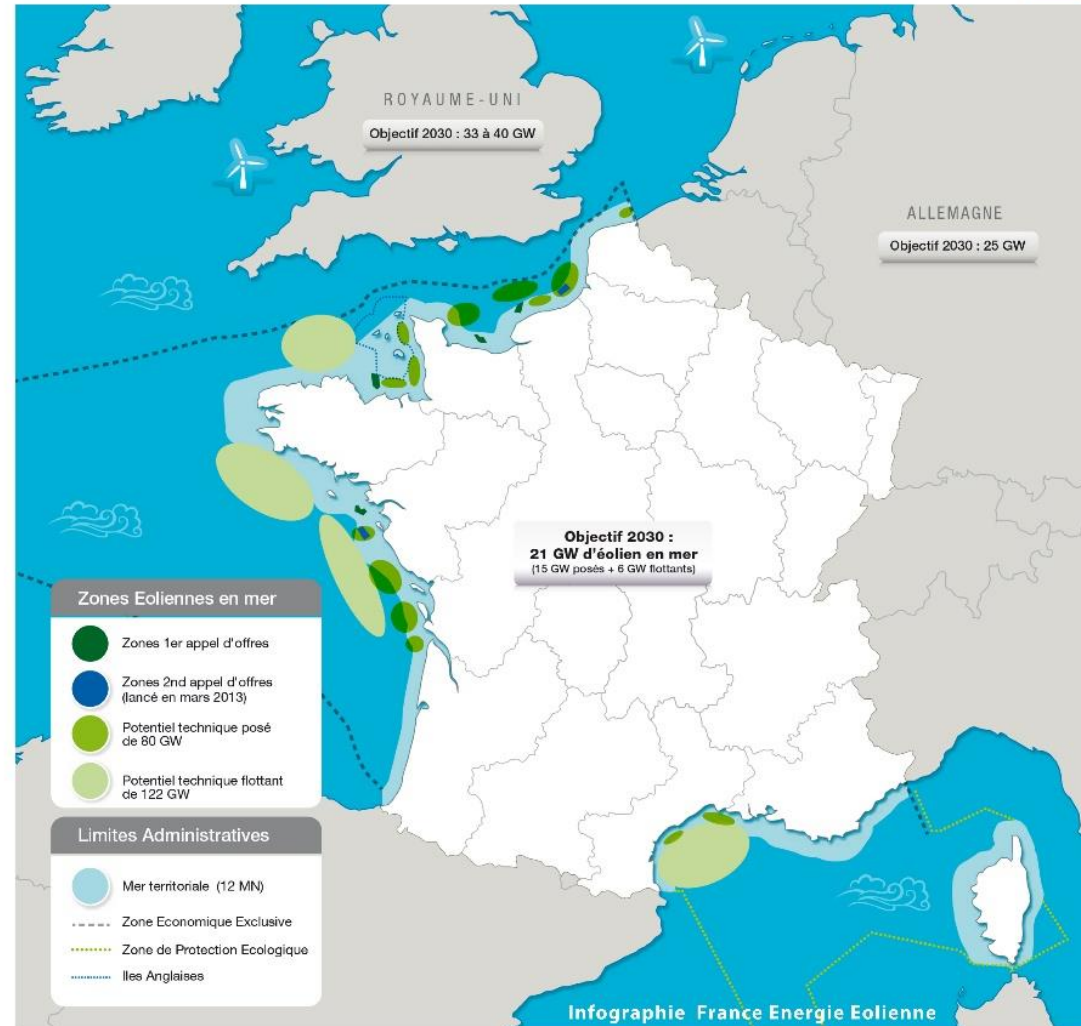
EOLIENNES OFFSHORE FIXES ET FLOTTANTES EN MARS 2014

Pays	Puissance	Nb d'éoliennes fixes	Eoliennes flottantes	
Royaume Uni	4420 MW	1301	Projet HYWIND Ecosse 30 MW (2017)	
Danemark	1271 MW	513	0	Objectif 2050 :50% électricité par éoliennes onshore et offshore.
Allemagne	1120 MW	227	Projet GICON Baltique 2MW	
Suède	212 MW	91	0	
Pays-Bas	247 MW	124	0	
Belgique	712 MW	182	0	
Finlande	26 MW	9	0	
Irlande	25 MW	7	0	
Portugal	2MW	1	1 proto WINFLOAT 2MW;projet 3 à 5 unités	
France	0	0	0	Projets :5 Sites Eoliennes fixes;A.O.3 sites éoliennes flottantes :3à6x5MW mini(Faraman/Martigues, Groix/Quiberon, Gruissan/Baccarès , Leucate/port La Nouvelle)
JAPON ,USA				Proto et projets

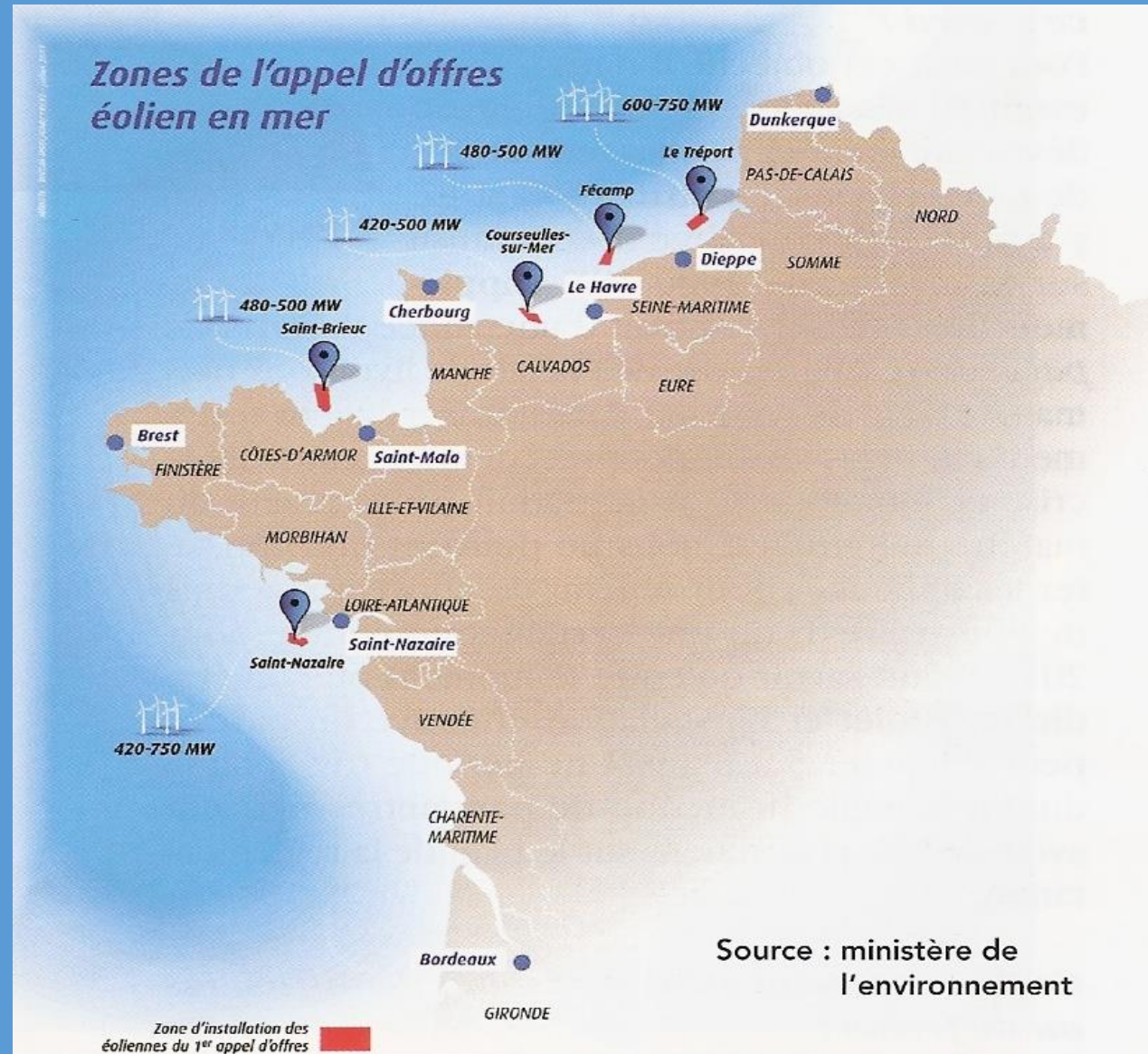
SITES EOLIENNES OFFSHORE EN FRANCE



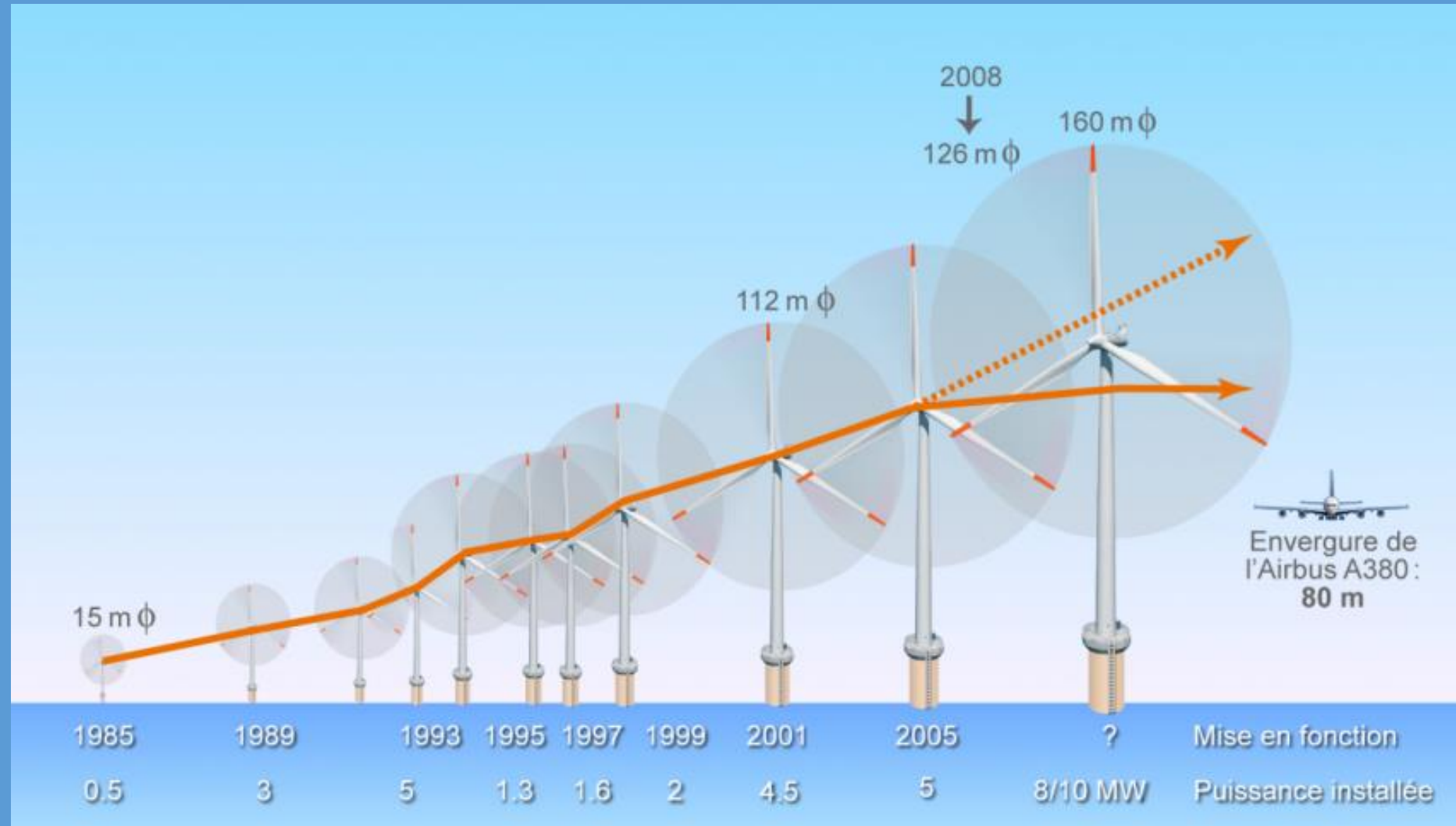
Zones favorables à l'éolien en mer posé et flottant



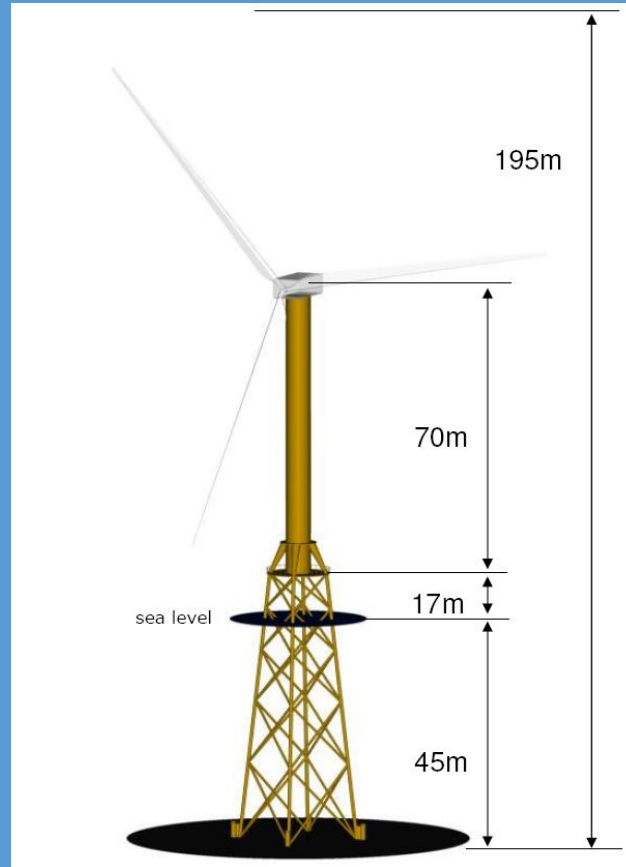
Eoliennes en mer: A.O. pour 5 sites(3000MW) en juillet 2011: 4 sites attribués (2000MW)
;A.O.pour 2 sites en septembre 2012: 2 sites attribués(1300 MW)



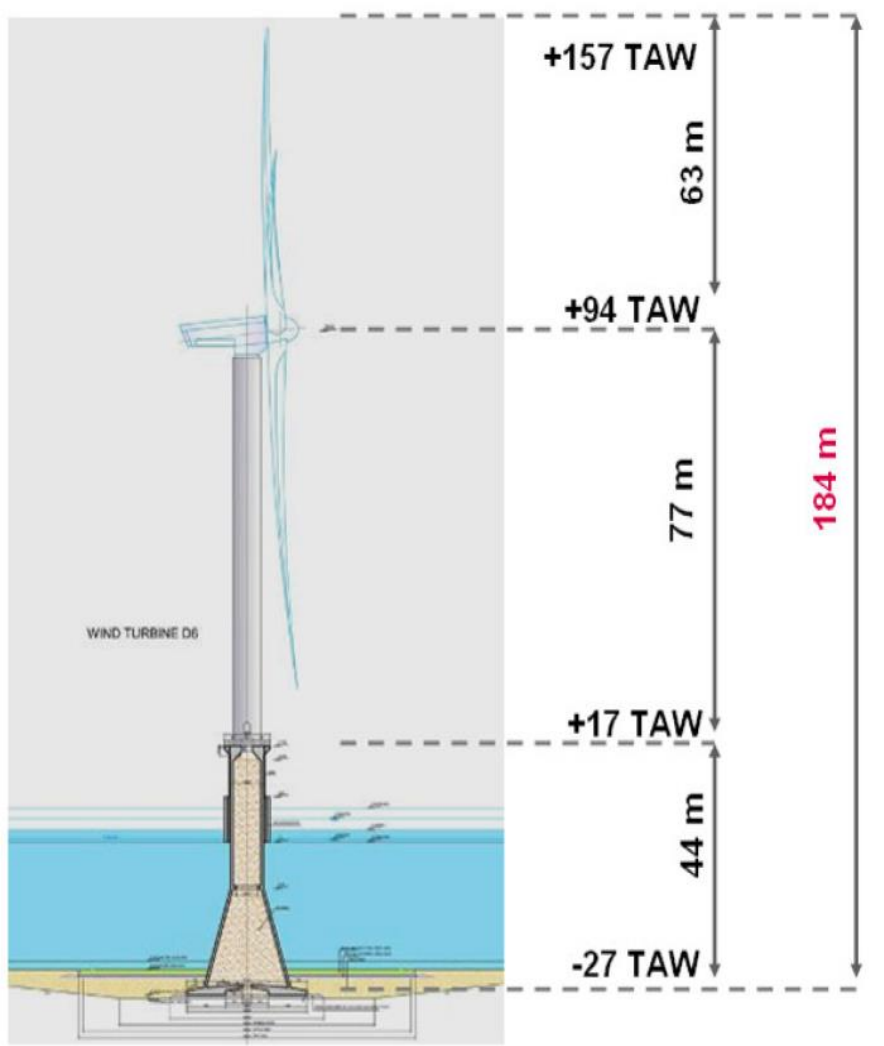
EOLIENNES OFFSHORE : quelles limites?



Eoliennes fixes



Eoliennes fixes



EOLIENNES FLOTTANTES

- Cout actuels
- Cout objectifs
- Le Potentiel de développement

EOLIENNES FLOTTANTES

- **Les difficultés techniques:**
- Extrapolation de l'offshore pour le flotteur, l'ancrage et les câbles S/M
- Mouvements de la nacelle (tenue mécanique des équipements et accès)
- Maintenance (nacelle, pales)

- **Particularités :**
- Très grandes dimensions possibles (grandes puissances unitaires)
- Mais ,quid du Tirant d'eau à quai (Fjord?)
- Comment réduire les couts ???

Projets d'EOLIENNES FLOTTANTES dans le monde aujourd'hui

- **En France :**

Appel d'offre de l'ADEME :17 Juillet 2015/4 avril 2016 pour 3 à 6 éoliennes mini 5 MW. 3 Sites (Atlantique et Méditerranée).

Plusieurs concepts et prototypes en développement.

Au Portugal :

Prototype 2 MW Vestas en 2011;projet 3 à 5 unités de 5 à 8 MW

Au Japon :

Prototype 2 MW devant Fukushima. Projet 3 unités (154 M€) puis 140 unités(parc de 1 GW)

Ecosse:

Projet HYWIND lancé pour 5 unités de 6 MW(215 M€) (prototype en Norvège en 2009)

PROJET FLOATGEN :Proto2MW ,flotteur IDEOL ; à essayer sur site SEM-REV ;Profondeur 30 m,19 Km de la cote, Diamètre : 80m.
Partenaires: GAMESA (Esp),IDEOL(Fr),IWES (All), RSK (UK),ZABALA(Esp),Ecole Centrale de Nantes.



Projet WINDFLOAT:EDP (Portugal);2MW Vestas ,1200t de structure ; déplacement 2750 t; ballastage 1300t;Prototype(2011):20M€.

Projet 3 à 5 unités de 5 à 8 MW en cours. INDFLOAT :prototype de 2MW au Portugal



WINDFLOAT :Prototype 2MW au Portugal.



Projet SEAREED (DCNS ,ALSTOM)

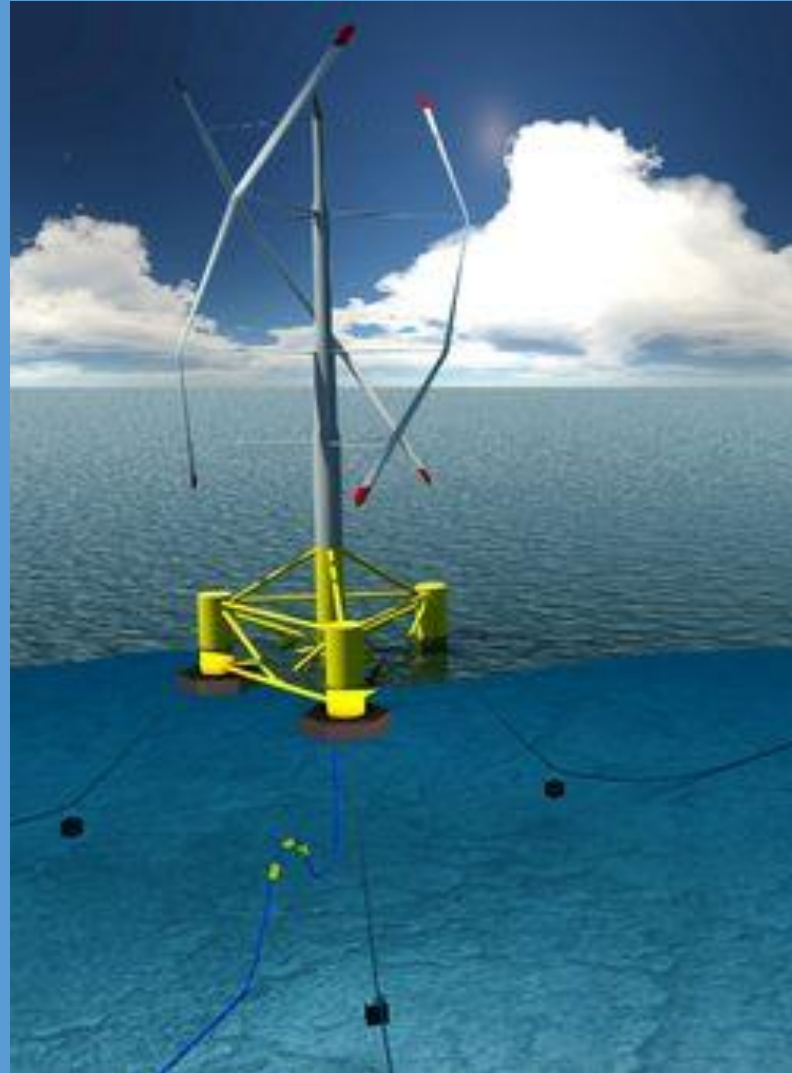
Parc expérimental à Ile de Groix .2 à 8 unités de 6MW.



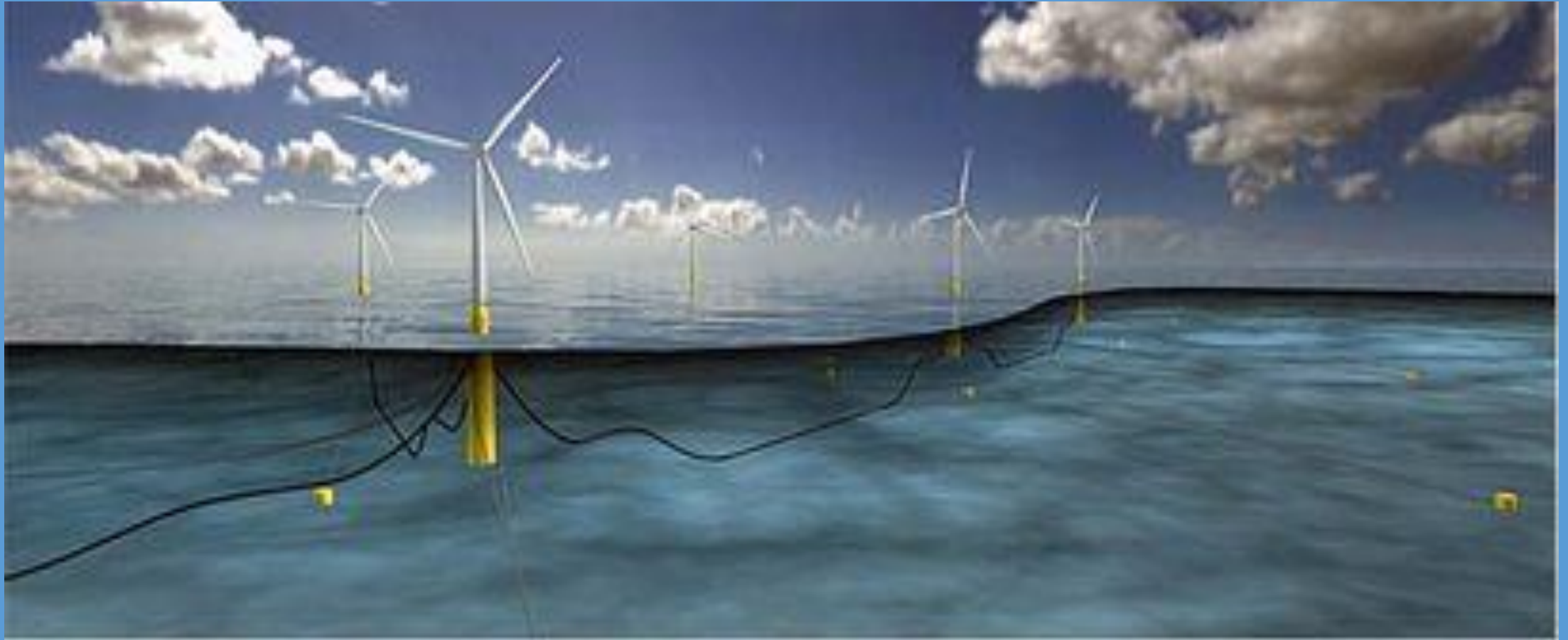
Projet SEA REED :DCNS
et ALSTOM ;
13/10/2014 . 6 MW
soutien 6M€ ADEME.



Projet VERTIWIND(Technip ; Nénuphar; France Energies Marines):4 MW,3 pales helicoidales,70m de haut; Prototype 2 MW à terre.



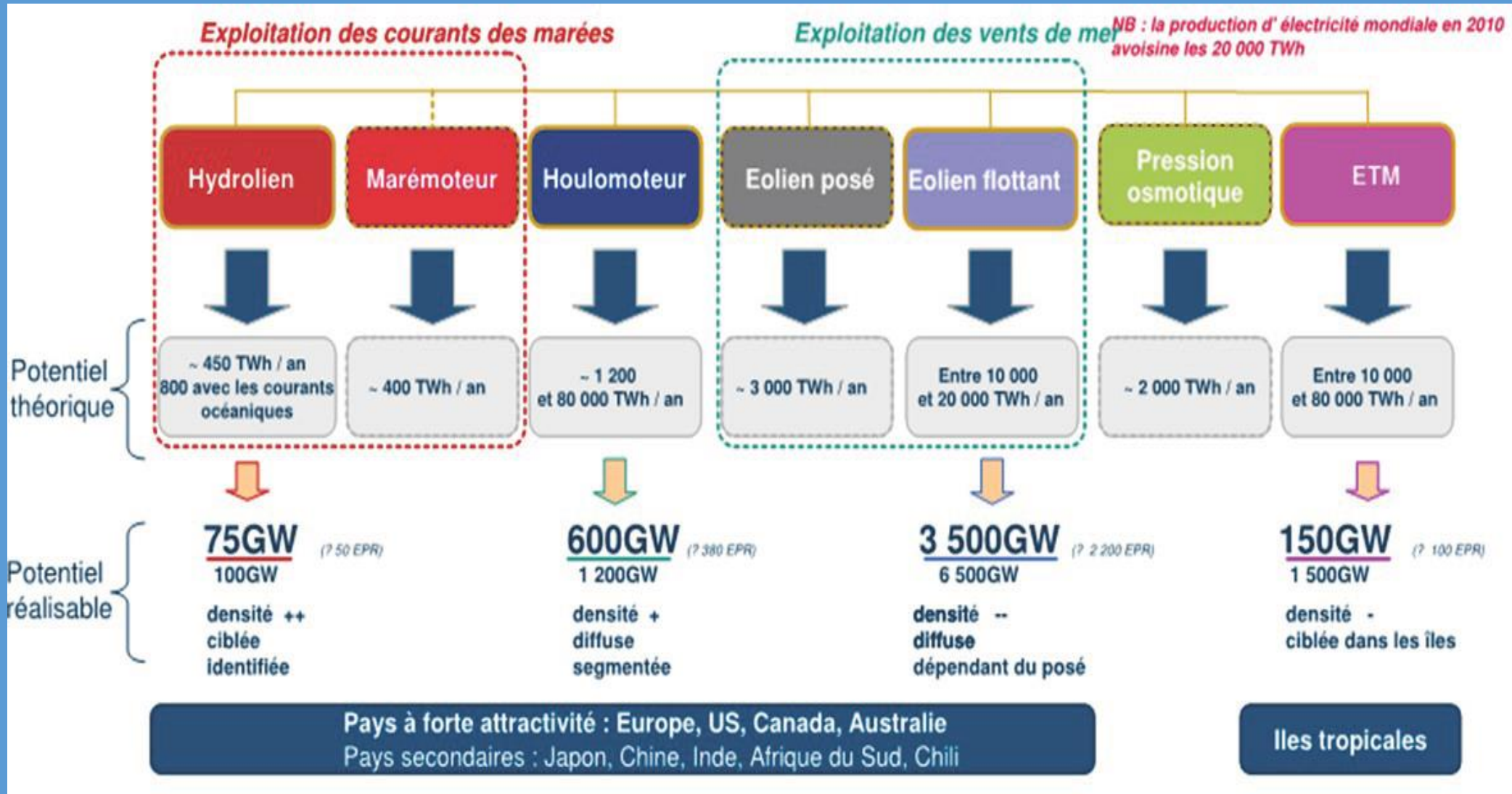
Projet HYWIND .STATOIL.(ECOSSE) . 5 x 6MW .Fin 2017 .135
GWH/an ;215 M €; -70 m /+100 m;(185 €/MWH?)
Le plus grand projet en Europe actuellement(2015).



Projet ESG(Groupe GICON). Baltique . 2,3 MW.



Potentiel des diverses EMR's



Les couts annoncés et quelques prix ...

-Prix de rachat 1^{er} A.O.(2011) France éoliennes fixes : 226€/Mwh

-Prix de rachat 2^{ème} A.O.(2012) France éoliennes fixes : 220 €/Mwh

-A.O. Danemark(2015) champ cotier : 90 €/Mwh

-Champ HYWIND (2015) offshore flottant Ecosse : annoncé:185 €/Mwh

Benchmark des coûts de production de l'électricité

Étude INDICTA

	EMR							
	ETM	Hydrolien / Houlomoteur (HB et HH)		Eolien offshore	Photovoltaïque	Eolien terrestre	Nucléaire	Hydroélectricité
Coût d'investissement en €/kW	20 000	3 500	5 000	2 500	3 500	1 500	2 200	1 200
facteur de charge	80%	46%	40%	29%	17%	26%	80%	80%
Production annuelle en MWh	7 000	4 000	3 500	2 500	1 500	2 250	7 000	7 000
Durée probable d'exploitation (en année)	25	20	20	20	20	20	40	30
Nombre de MWh produit sur la vie	175 000	80 000	70 000	50 000	30 000	45 000	280 000	210 000
Ordre de grandeur du coût de production estimé en €/MWh	400	150	250	150	300	80	50	25

Source: INDICTA

Objectifs nationaux - Perspectives 2020

Valeurs proposées par l'IFREMER

(scénario «normatif» pour 2020)

Type d'énergie renouvelable marine	Puissance installée (MW)	Heures de fonctionnement par an	Énergie électrique (TWh/an)	Énergie (Mtep/an)	% - Réf Objectif 2020 20 Mtep/an
Éolien offshore	4000	4 GW 3000	12	1,03	5,2 %
ETM elec	200	7000	1,4	0,12	0,6 %
ETM froid - économisé	55	7000	0,4	0,03	0,2 %
Marémoteur	400	1.3 GW 3500	1,4	0,12	0,6 %
Hydrolien	500	2500	1,25	0,11	0,5 %
Vagues	200	4000	0,8	0,07	0,3 %
Biomasse	-	-	-	0,05	0,3 %
Total			17,2 TWh/an	1,5 Mtep/an	7,7 %
Total hors éolien			5,2 TWh/an	0,5 Mtep/an	2,5 %

Pour la France, 17.2TWh/an= 3.4% de la consommation totale