

Les énergies marines renouvelables

Présentation au Rotary

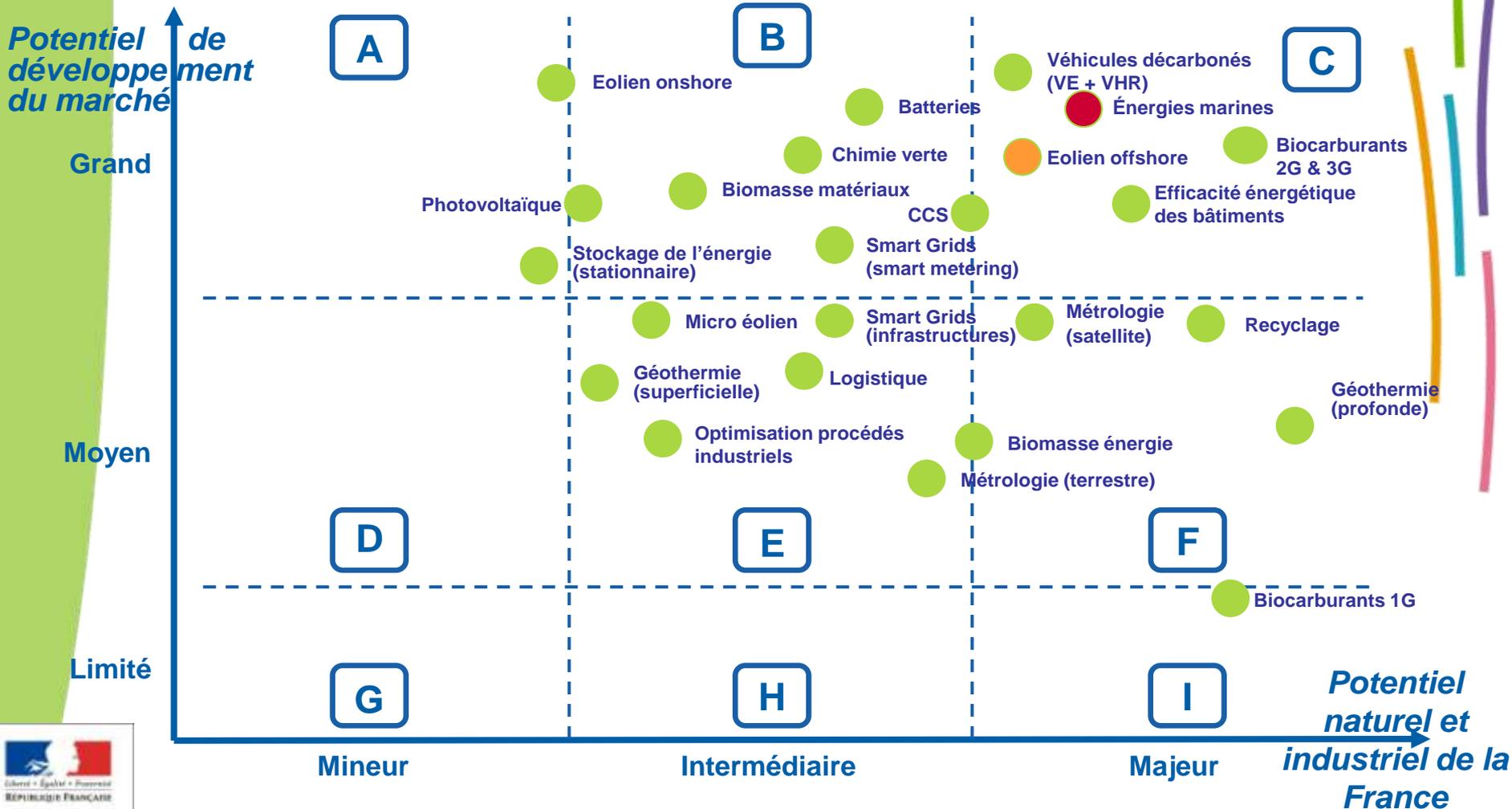
2 Avril 2011

Yann-Hervé De Roeck
Chef de projet France Energies Marines



Synthèse globale des résultats de l'étude

Identifier les filières stratégiques de la croissance verte dans lesquelles la France peut jouer un rôle:



Diversité des EMR

Energie éolienne en mer

Energie marémotrice

Energie hydrolienne

Energie houlomotrice

Energie osmotique

Energie thermique des mers

Diversité des EMR

Energie éolienne en mer

Energie du vent en mer, plus régulière qu'à terre

Energie marémotrice

Energie des marées, exploitée sous forme potentielle par accumulation et restitution de volumes d'eau

Energie hydrolienne

Energie des courants, en pratique de marée, exploitée sous forme cinétique

Energie houlomotrice

Energie des ondes de surface, vagues et houles, exploitée sous forme cinétique ou potentielle

Diversité des EMR

Pression osmotique

Energie résultant des différences de salinité, exploitée par circulation de flux d'eau douce et d'eau de mer

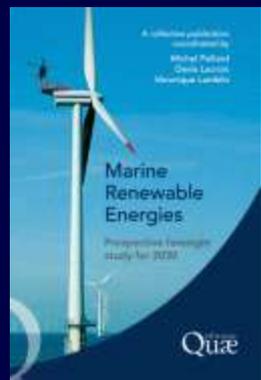
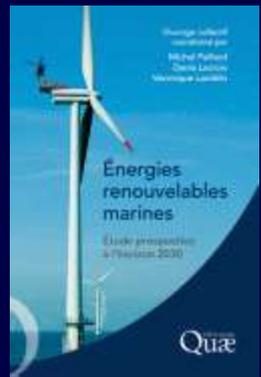
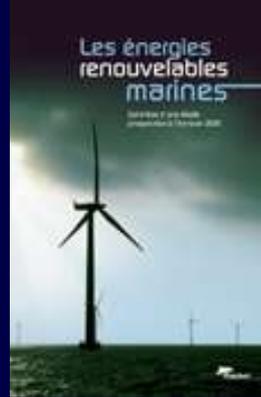
Energie Thermique des Mers

a - Ecart de température entre masses d'eau, exploité dans des cycles énergétiques ou de dessalement

b - Froid des eaux profondes exploité directement pour la climatisation

c - Eau de mer exploitée comme source / puits de chaleur, à raison de sa variabilité limitée de température

Prospective Ifremer sur les énergies marines à l'horizon 2030 (scénario normatif à 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	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	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 %

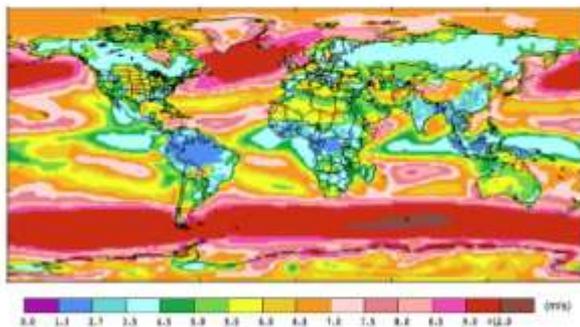
Tableau 7 : Puissance et production des technologies selon le scénario normatif

Conversion : 1 TWh = 0,086 Mtep

Grenelle de l'Environnement : 3 x 20% et 6000 MW dont éolien offshore en 2020
Confirmation des engagements européens en terme de contribution des EnR dans la consommation finale d'énergie

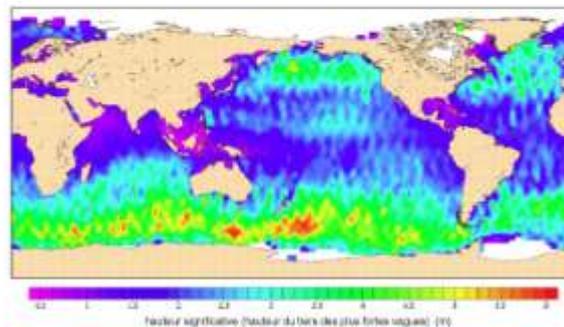
Eléments d'océanographie

Intensité des vents moyens (à 50 m)



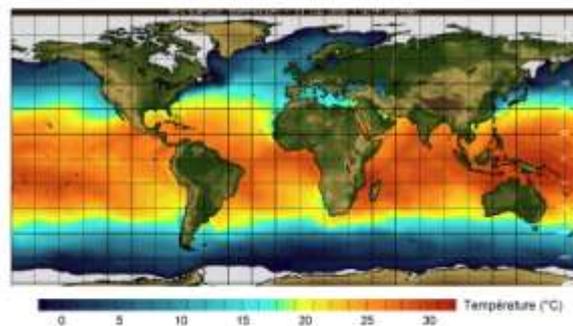
Eléments d'océanographie

Distribution des vagues



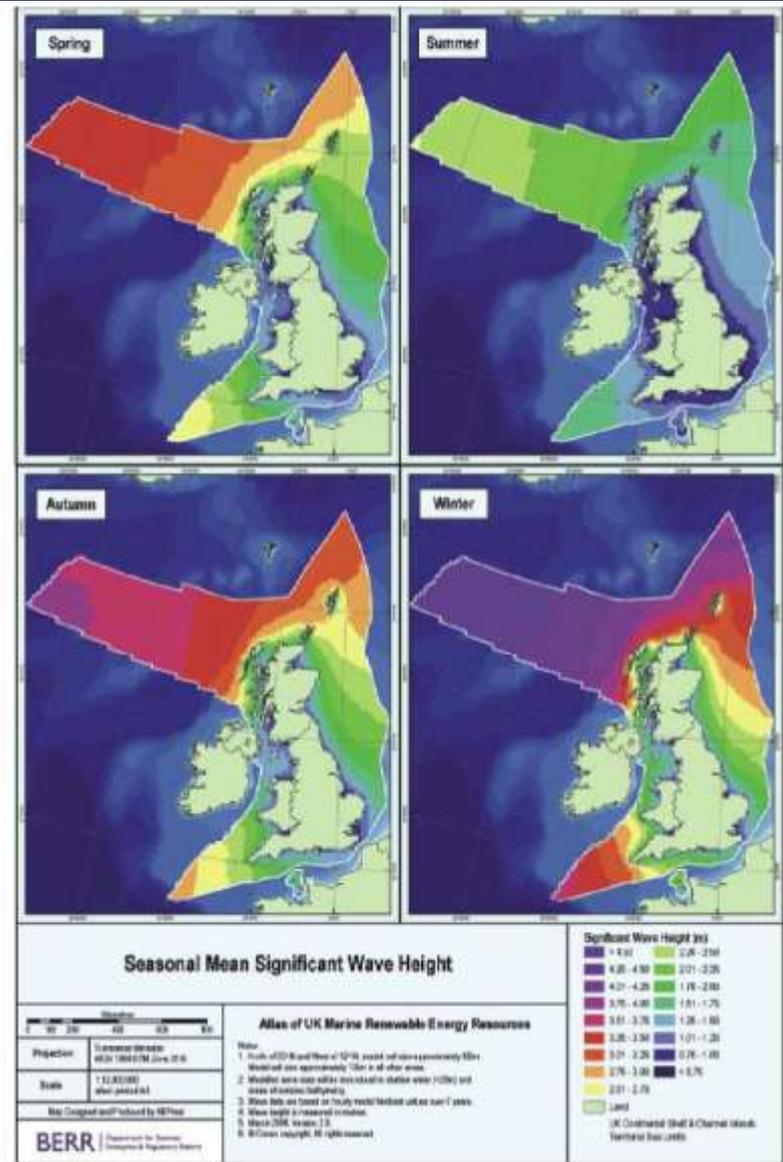
Eléments d'océanographie

Variabilité temporelle de la température de surface

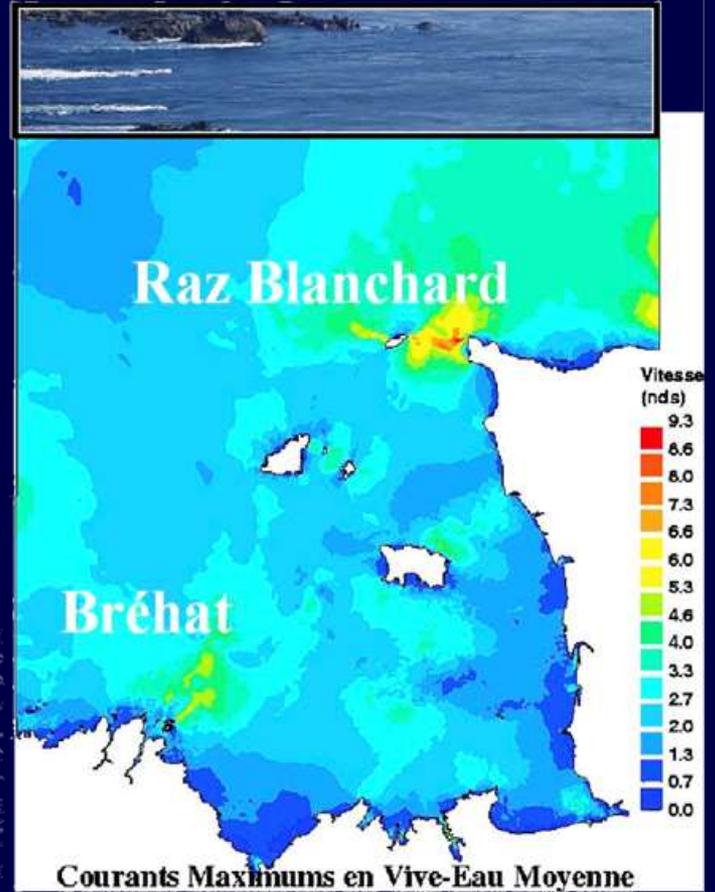
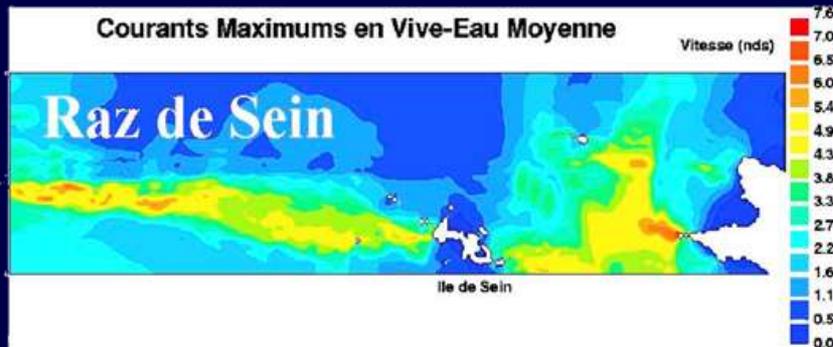
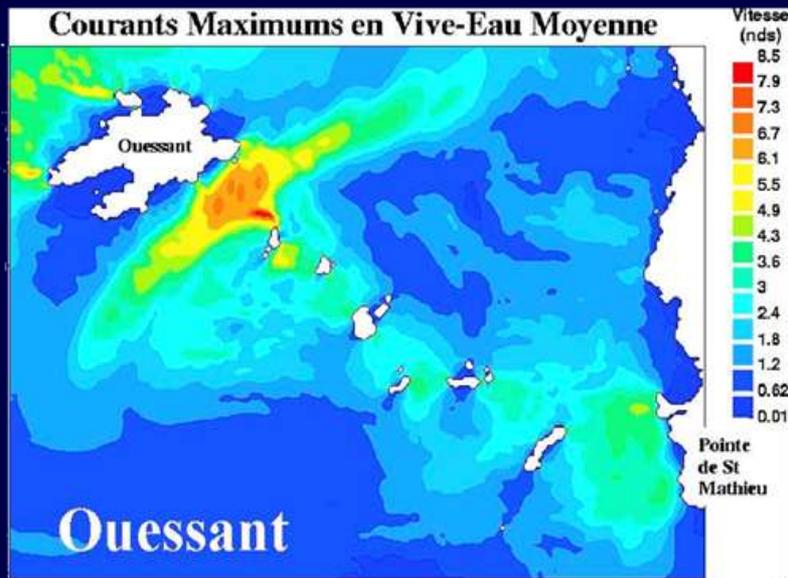


Energie des vagues

Variation saisonnière de la hauteur des vagues à l'échelle régionale

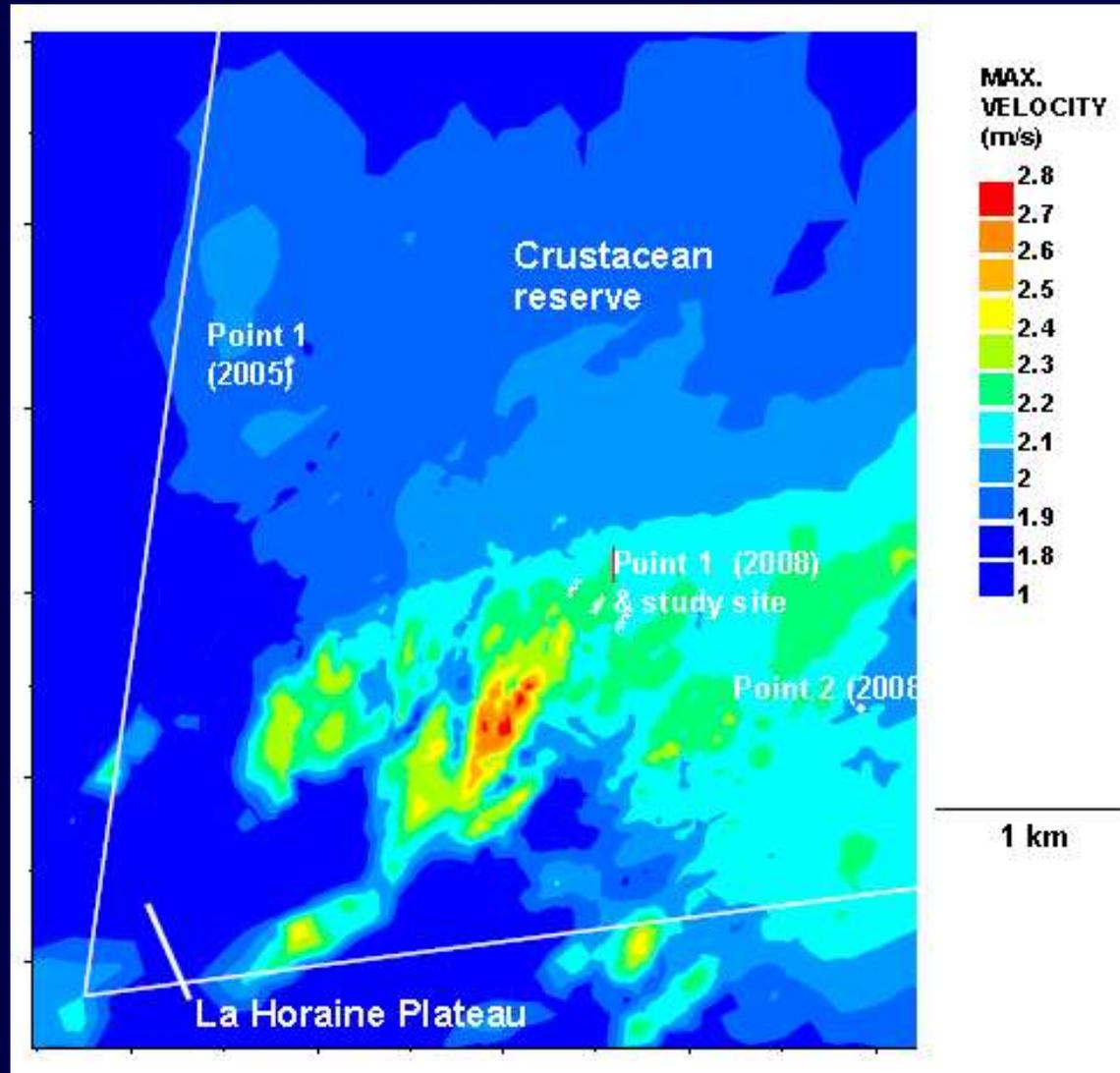


Energie des courants de marée en Bretagne et Normandie



Energie des courants de marée au Nord de Bréhat

*Simulation TELEMAC
validée par
des mesures ADCP*



Evaluation de la ressource Outils



Bouée
Houlographe

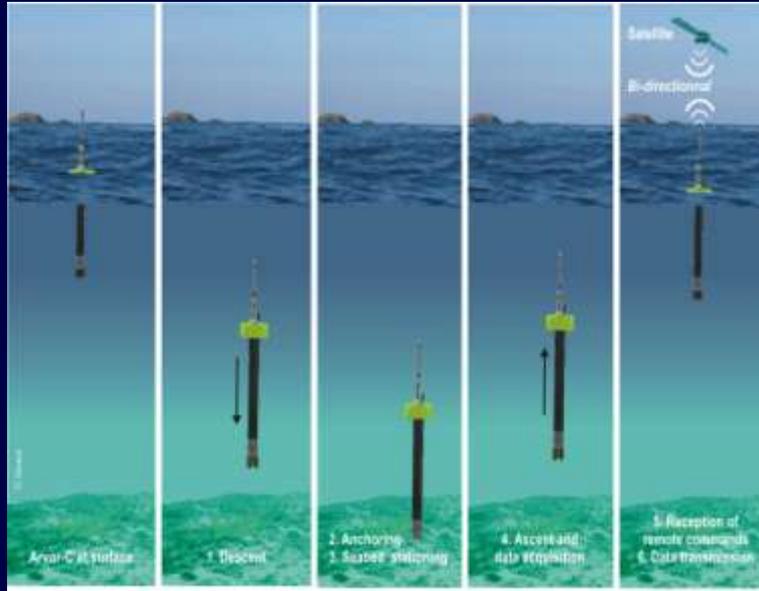


ADCP
*Acoustic
Doppler
Current
Profiler*



Sonde CTD
*Conductivity
Temperature
Depth*

Evaluation de la ressource Outils

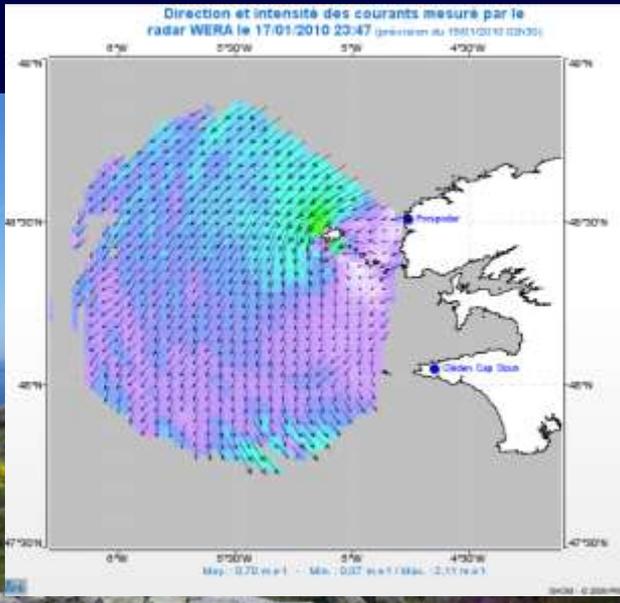


Profileurs dérivants



Marégraphe

Evaluation de la ressource



Radars haute fréquence

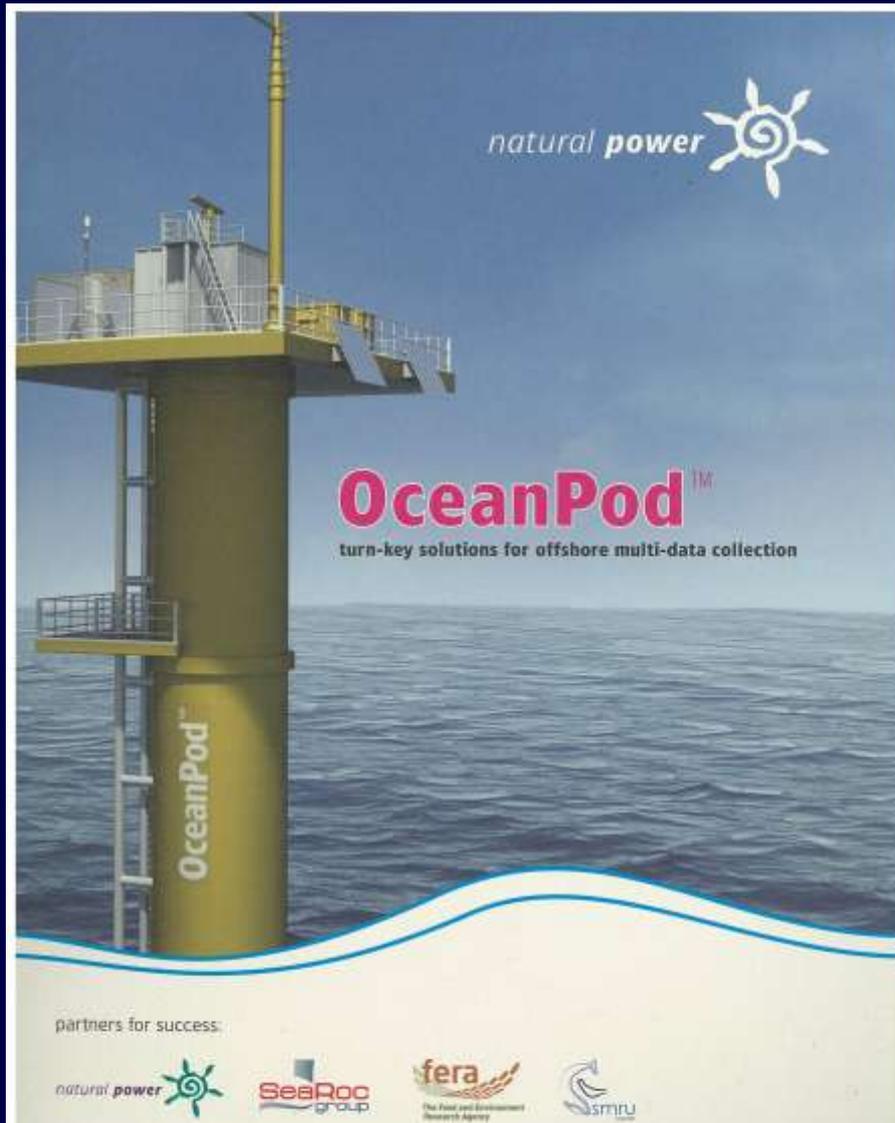
vagues, courants de surface



LIDAR vent

Observations satellite

Evaluation de la ressource



Mâts
multiparamètres
Vent, vagues,
courants de
surface

partners for success:



Eoliennes offshore posées

Transposition en mer des éoliennes terrestres :

- depuis 1990 au Danemark
- 2 GW déjà installés en Europe (> 1 000 éoliennes)

Avantages :

- vent plus fort, plus constant, mieux prévisible
- moins de conflits d'usage et d'espace qu'à terre

Inconvénients :

- coût d'installation et d'exploitation plus élevés que le terrestre :
au global, on passe de <80€/MWh à >130€/MWh ,
(le nucléaire est à ~60€/MWh)
- conflits d'usage en zone côtière : paysages, pêche, nautisme...

Eoliennes offshore

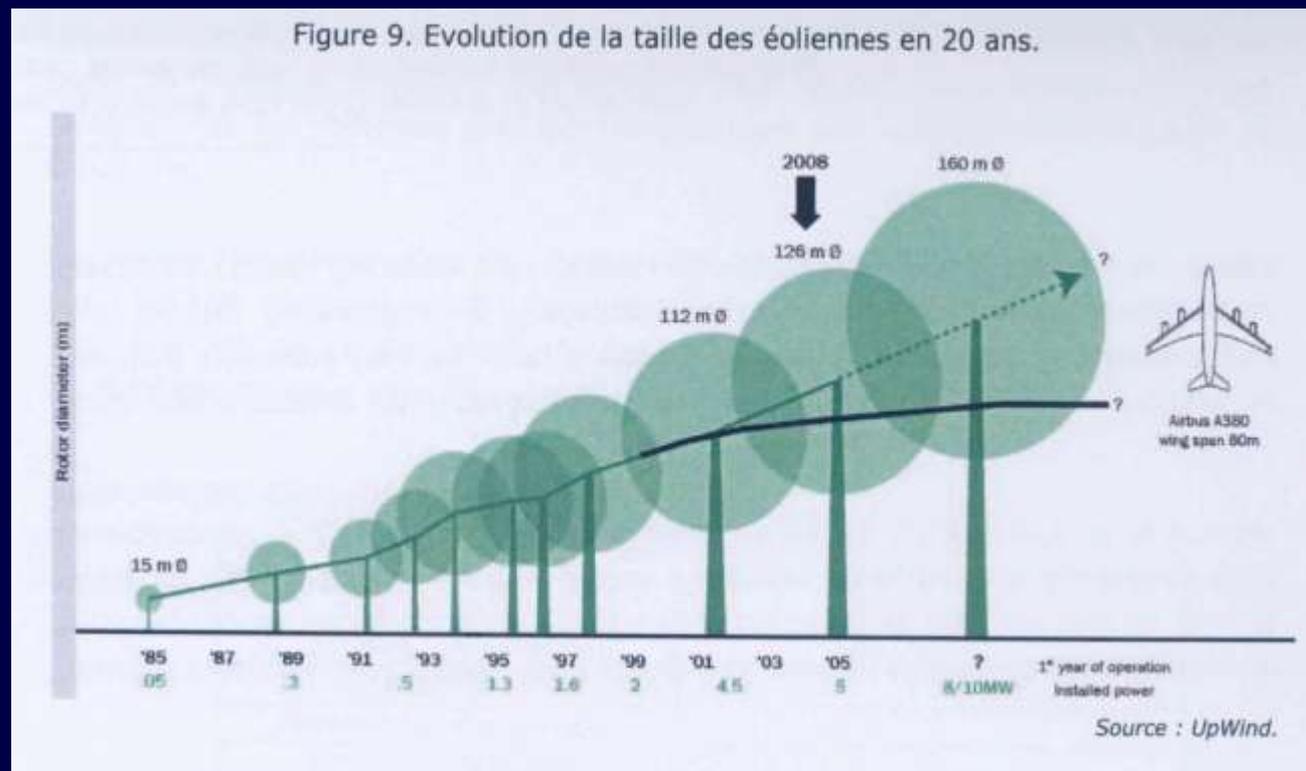
Formulation de première estimation de la puissance récupérable

$$W \text{ (kW)} = (0,3 * \rho * S * V^3) / 1000$$

$$\rho = 1 \text{ kg/m}^3$$

V (m/s) vitesse du vent

S (m²): surface du disque d'hélice



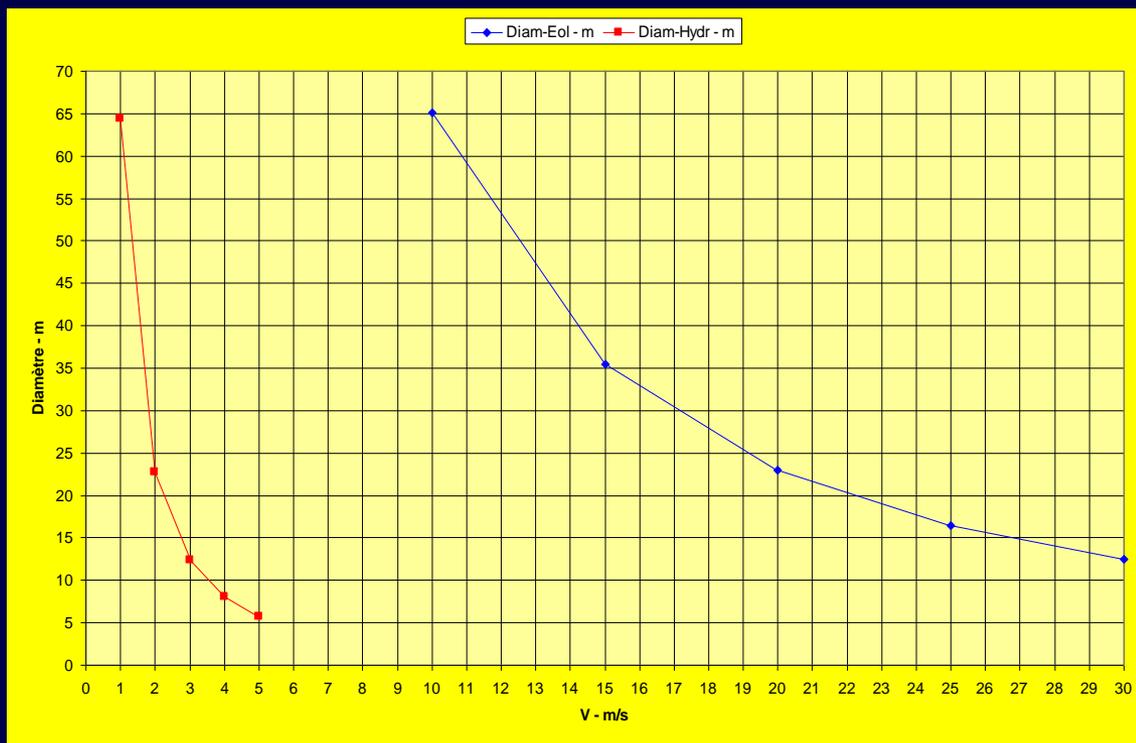
Eoliennes et hydroliennes

DIAMETRE EOLIENNE / HYDROLIENNE (minimum théorique)

	W kW	RO-Air kg/m3	RO-Eau kg/m3							
	1 000	1	1 025							
v - km/h						36	54	72	90	108
V - nœuds	2	4	6	8	10					
V - m/s	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30
Surf-Eol - m2						3 333	988	417	213	123
Surf-Hydr - m2	3 252	407	120	51	26					
V - m/s	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30
Diam-Eol - m						65	35	23	16	13
Diam-Hydr - m	64	23	12	8	6					

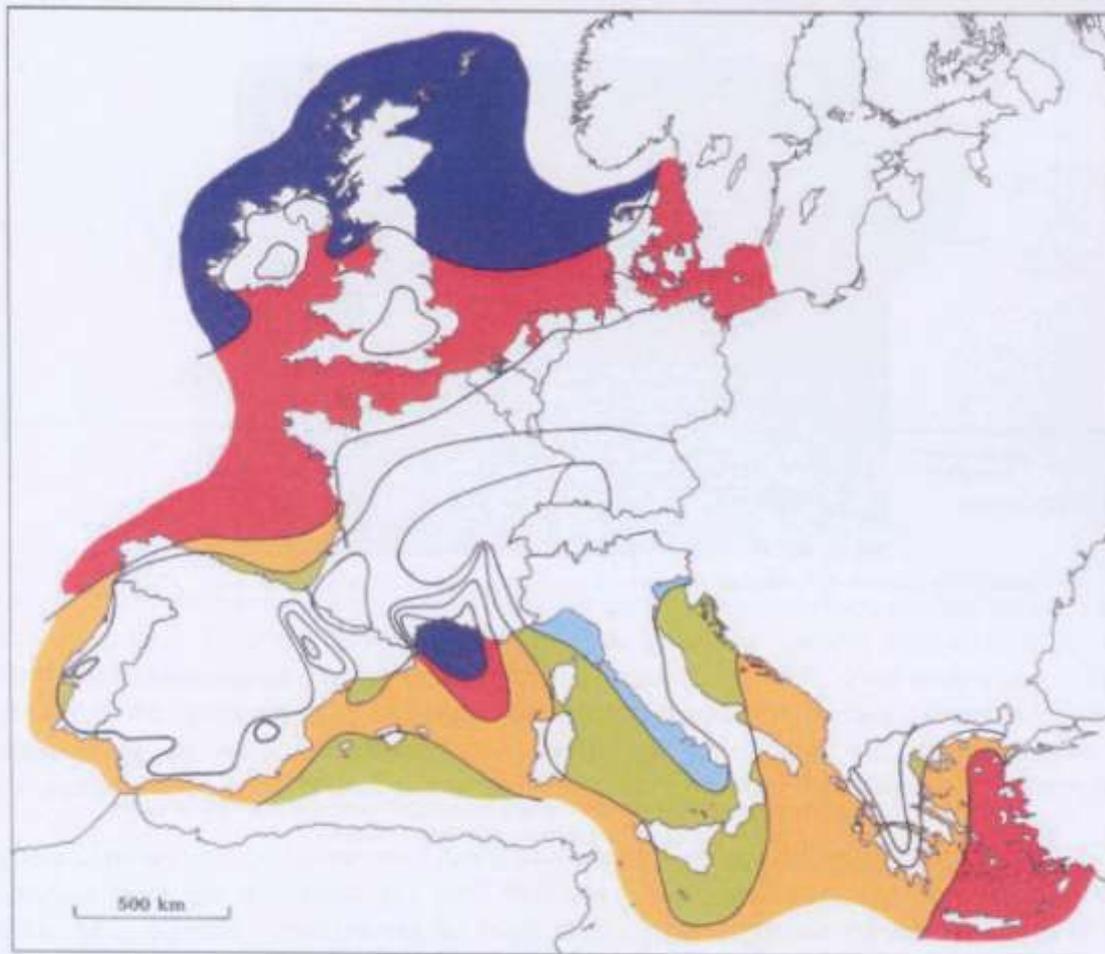
*Encore faut-il
que ça démarre !*

*diamètres mini /
vitesse du fluide*



Potentiel éolien offshore

Figure 4. Estimation de la ressource éolienne en mer, au-delà de 10 km des côtes, pour 5 hauteurs (10, 25, 50, 100 et 200 m).



Wind resources over open sea (more than 10 km offshore) for five standard heights										
	10 m		25 m		50 m		100 m		200 m	
	$m s^{-1}$	Wm^{-2}								
Dark Blue	> 8.0	> 600	> 8.5	> 700	> 9.0	> 800	> 10.0	> 1100	> 11.0	> 1500
Red	7.0-8.0	350-600	7.5-8.5	450-700	8.0-9.0	600-800	8.5-10.0	650-1100	9.5-11.0	900-1500
Orange	6.0-7.0	250-300	6.5-7.5	300-450	7.0-8.0	400-600	7.5- 8.5	450- 650	8.0- 9.5	600- 900
Green	4.5-6.0	100-250	5.0-6.5	150-300	5.5-7.0	200-400	6.0- 7.5	250- 450	6.5- 8.0	300- 600
Light Blue	< 4.5	< 100	< 5.0	< 150	< 5.5	< 200	< 6.0	< 250	< 6.5	< 300

Source: European Wind Atlas, 1989.

Eoliennes offshore posées

Ancrages : monopieau, tripode, jacket, ...

Gravitaire



Monopieau



tripode



jacket
RePower - 5 MW



Coûts : 1500 à 3000 €/kW installé

- compétition sur machines et sur les barges

Installation

- Avec barge grue ou barge auto-élévatrice
- Avec navire spécialisé



Maintenance

exigence de fiabilité



Eoliennes offshore posées



■ Photo 4 : parc éolien marin de Horns Rev au Danemark (160 MW) ; c'est le plus grand parc actuel en exploitation (© Dong Energy, Dk).

Eoliennes offshore posées

Photo 17 : transport sur site
du socle d'une éolienne marine
de 5 MW sur le Thornton bank
(© Deme, Be).



Eoliennes offshore posées



Photo 11 : pose d'hélice de 126 m de diamètre sur son mât dans le parc éolien marin de 300 MW de Thornton bank en Belgique (© Deme, Be).

Eoliennes offshore flottantes

Avantage :

- *dépasse la limitation des 50 m de bathymétrie des éoliennes posées*
- *en conséquence, éloignement de la côte > 12 miles, moins de conflits d'usage*

Diffèrent par le type de flotteur employé, hérité de l'offshore pétrolier :

- *Spar : ballast vertical*
- *Semi-submersible : flotteur et lignes d'ancrage souples*
- *TLP : tension leg platform, lignes d'ancrage tendues*

Eoliennes offshore flottantes

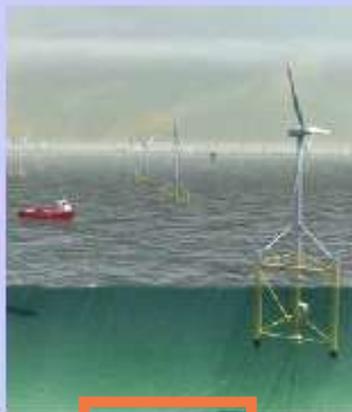
Eoliennes flottantes : nombreux projets ...

**Initiatives
françaises
ou participation**



Hywind

Norvège 2,5MW
120 à 700 m - test en 2009



Winflo

France 2,5 à 5MW
50 à 150 m 2011



Diwet

Hollande 3,5 à 5MW
50 à 200 m échelle réduite 2008



Arcadis

Allemagne 3 MW (concept)
> 30 m.



Principle power

Etats Unis 5 à 10 MW
> 50 m



Windsea

(concept Norvège 3 x 3 MW (2011)

4 projets déposés à l'ADEME



Sway

Norvège 5 MW (2010)

100 à 400 m



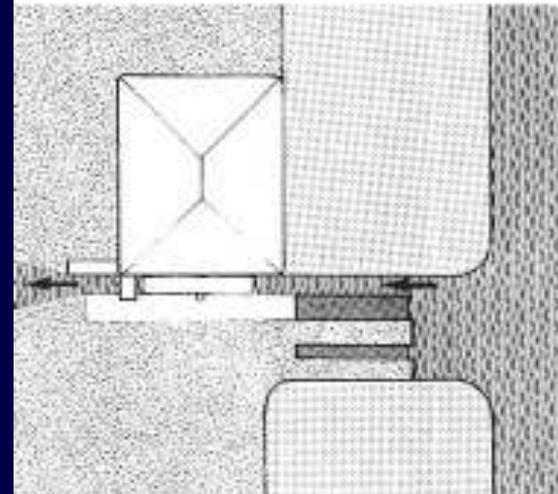
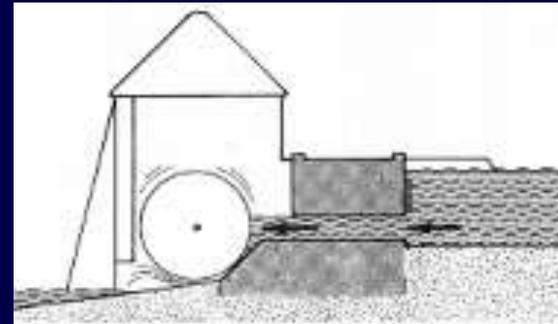
Nénuphar

France 6 à 700 kW

20 à 200 m

Energie Marémotrice

On emploie l'énergie potentielle de la marée
Exploitation industrielle très ancienne



Energie Marémotrice

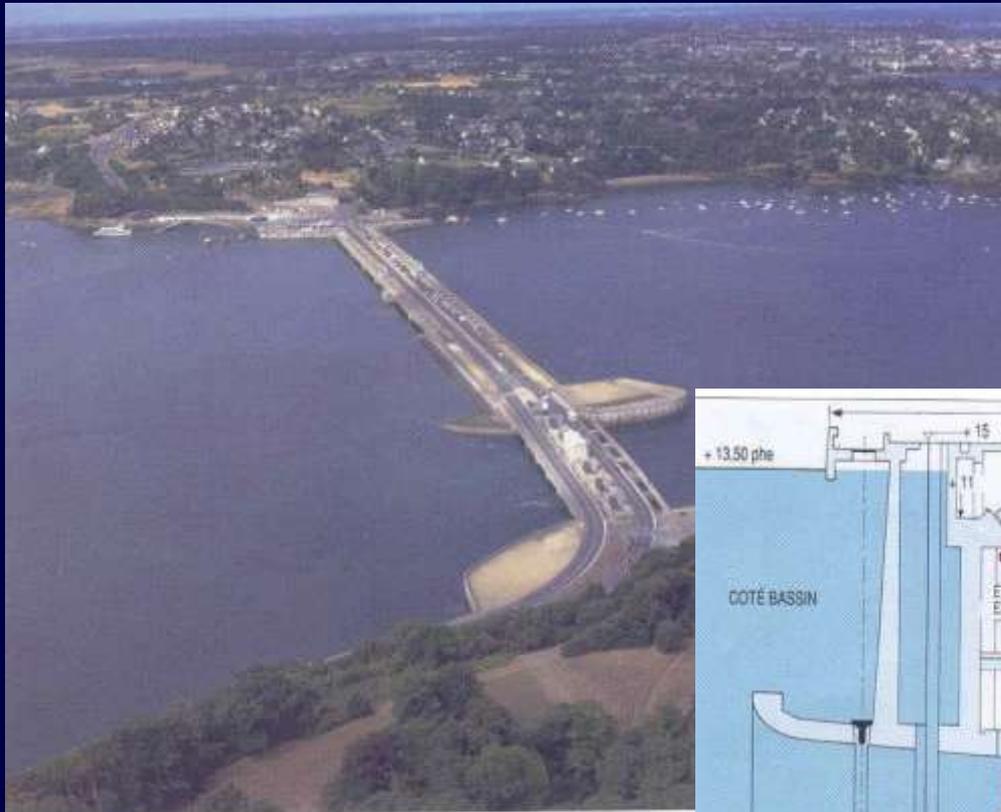


Photo 6 : usine marémotrice de la Rance, France (© EDF).

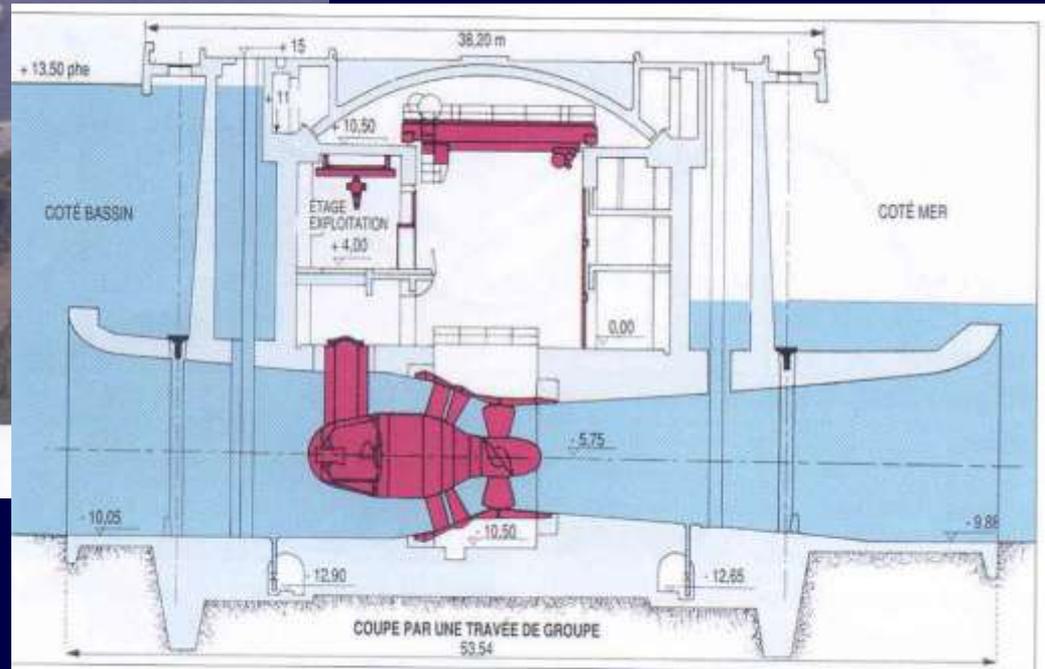


Figure 21.1 : vue en coupe sagittale d'un groupe bulbe de l'usine marémotrice de la Rance (Source : EDF).

Energie Marémotrice

Réalisations en France, Canada,...

Usine marémotrice de la Rance (1966) EDF

240 MW - 640 GWh/an

Annapolis (Canada) - 20MW



Grande Bretagne

10 schémas différents sont étudiés pour la Severn

Enquêtes publiques programmées en 2009 et 2010



Corée

Source : BERR

Projet en Corée : 254 MW en cours de réalisation (Sihwa - Inchon Bay)



source K Power



Potentiel énergie marémotrice

Site	Amplitude moyenne de marée (m)	Longueur de digue (km)	Production énergétique annuelle estimée (GWh)
Estuaire de la Severn (RU)	7,0	17	12 900
Solway Firth (RU)	5,5	30	10 050
Baie de Fundy (Canada)	11,7	8	11 700
Golfe de Khambhat (Inde)	6,1	25	16 400

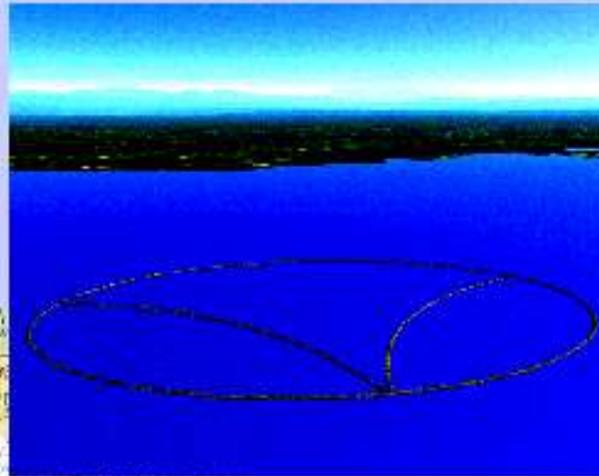
■ Tableau 21.1 : sites possibles pour une future exploitation marémotrice (Source : Boyle, 1996).

Site	Puissance installée (MW)
Estuaire de la Severn (RU)	8 600
Baie de Fundy (Canada)	5 300
San José (Argentine)	5 000
Kutch (Inde)	900
Mersey (RU)	700
Garolim (Corée du Sud)	480

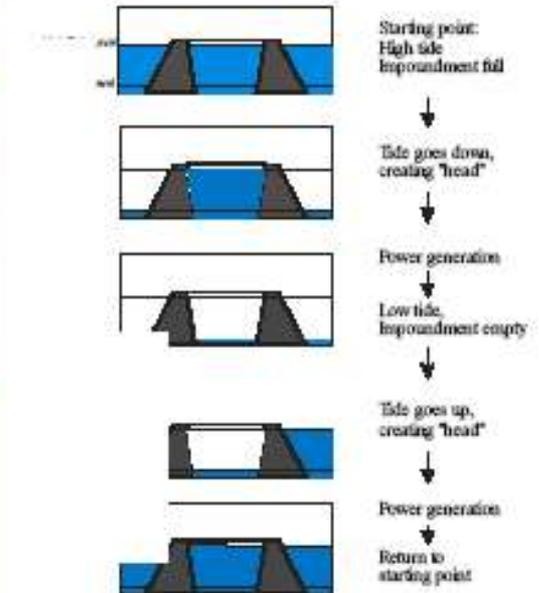
■ Tableau 21.2 : sites à l'étude pour une future exploitation marémotrice (Source : EDF).

Energie Marémotrice

- Lagon artificiel : Tidal Electric Ltd (UK)



Power Generation Cycle



Etude de faisabilité : Site de Swansea Bay, Puissance : 30 MW, Superficie : 5 km²
site de Rhyl (nord Pays de Galles) - 432 MW

Projet ? :

site de Yalu (Chine) - 300 MW (accord entre Tidal Electric et la Chine)
situé à 1 km au large

www.tidalelectric.com

Hydroliennes

Avantages :

- *évite l'impact écologique d'une modification des masses d'eau estuariennes du marémoteur*
- *forte prédictibilité*
- *possibilité d'implantation totalement sous-marine*
- *moindres conflits d'usage*

Inconvénient :

- *complexité de la mise à l'eau (ancrage / embase)*
- *coût de maintenance à contrôler*
- *ressource très localisée (zones à fort courant : ~5 spots en France métropolitaine)*

Energie cinétique des courants de marée



La France et l'Angleterre
partagent la plus grande ressource

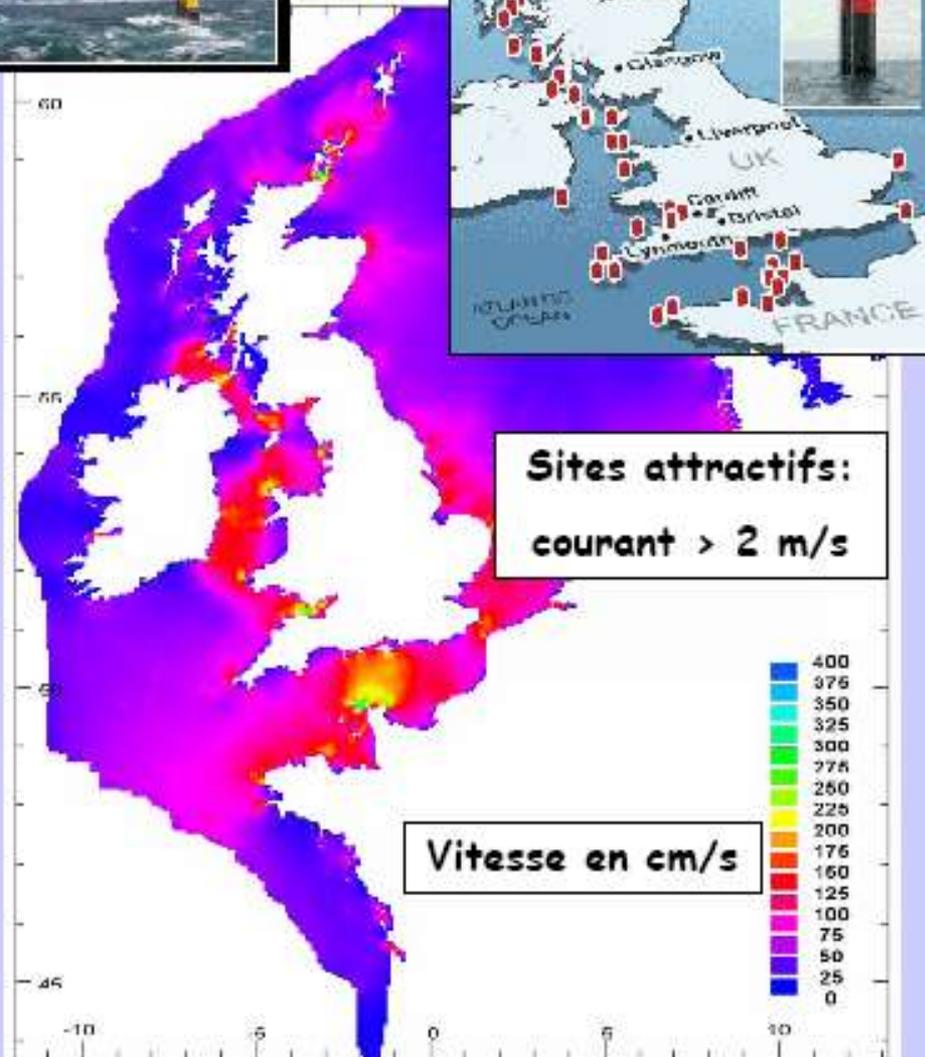
PREDICTIBLE

450 TWh/an monde ?

10 TWh/an en France ?

10 MW/km² ?

Dans les DOM-TOM (passes de lagons, ...?)



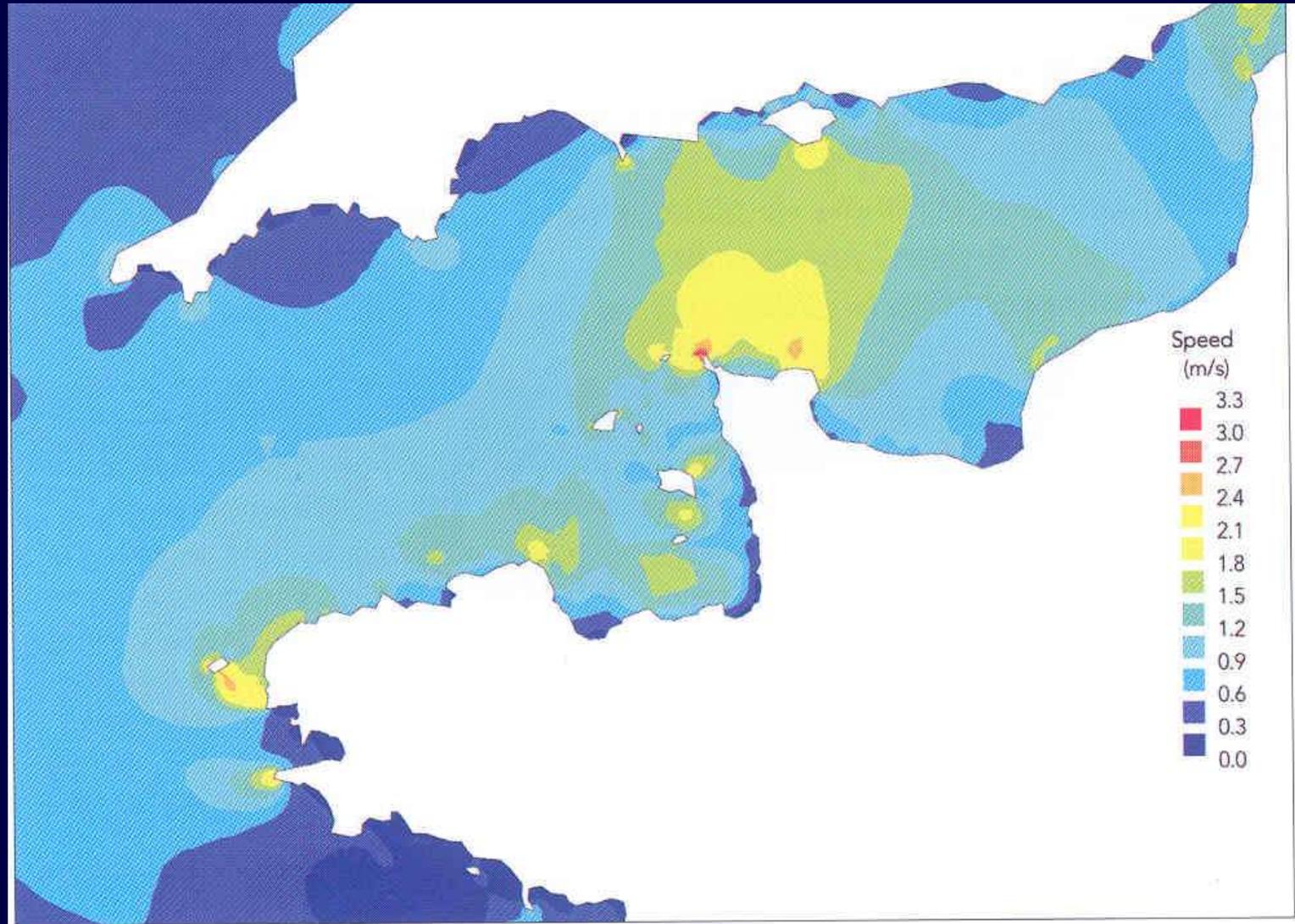


Figure 3 : cartographie de la vitesse maximale du courant de marée en vive-eau moyenne (© EDF : données issues du modèle Télémac EDF/DRD).

Hydroliennes

Formulation de première estimation de la puissance récupérable

$$W \text{ (kW)} = (0,3 * \rho * S * V^3) / 1000$$

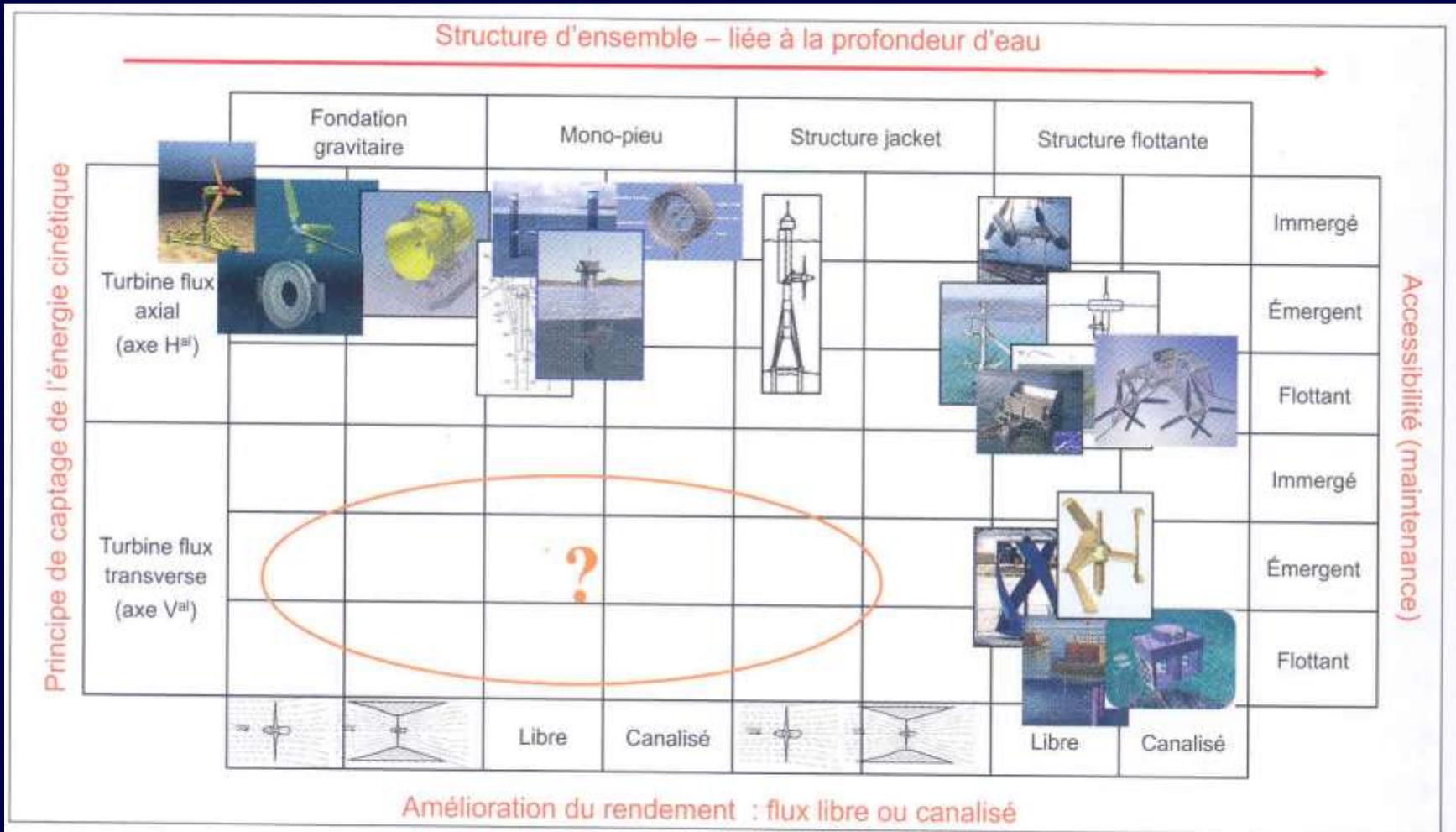
$$\rho = 1\,035 \text{ kg/m}^3$$

V (m/s) vitesse du vent

S (m²): surface du disque d'hélice

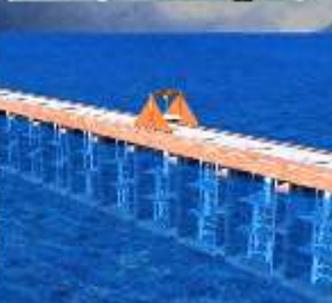
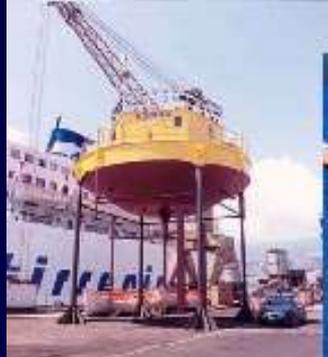
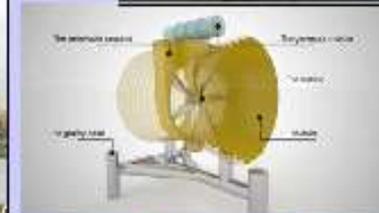
Typiquement (effets de surface et vitesse combinés):

Puissance	300 kW	1 MW	3 MW
Diamètre	15 m	20 m	25 m



■ Figure 20.1 : types de technologies d'énergies renouvelables marines en fonction de la profondeur d'eau, de l'accessibilité et du coût (Source : EDF adapté de Fraenkel, MCT, Le Havre, 2006).

- un foisonnement de dispositifs en test ou en projet



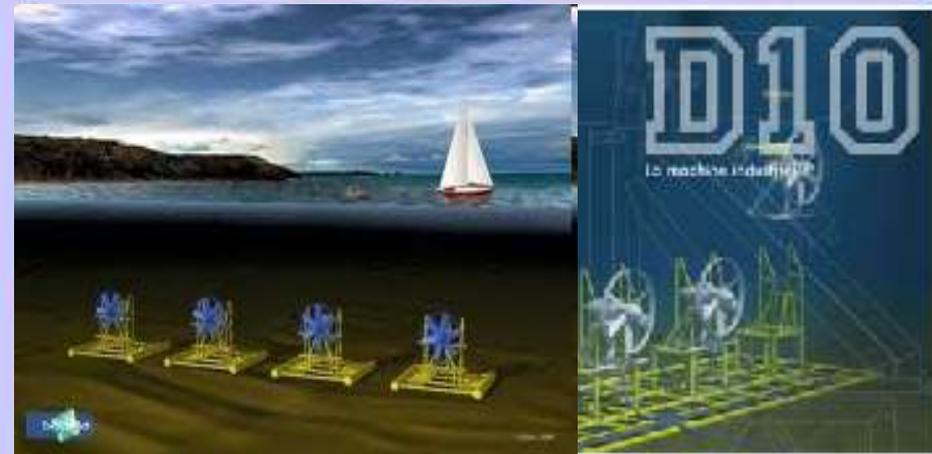
- **Projet français Sabella**



Etape de démonstration Sabella D03



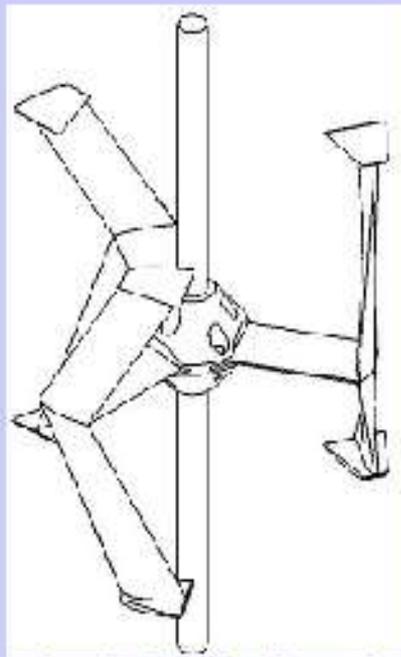
Source : Sabella



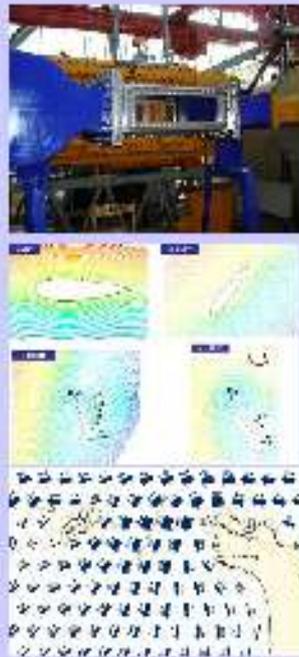
- > **Objectif : échelle 1 - Sabella D10 - 200 kW**

(via Fonds de soutien Démonstrateurs ADEME)

- **Projet français HARVEST du LEGI (axe vertical)**



turbine Achard



Tests comparatifs en cours, en boucle au LEGI, des 3 types de turbines à axe vertical

Concept également adapté au fluvial (marché important en pays émergents)
Projet labellisé TENERDIS et recherches financées par l'ANR - soutenu par EDF
1ère étape : le module fluvial - Marinisation ultérieure

- **Projet français Hydro Gen**



Prototypé de 10 kW en test mai 2006 (remorquage dans l'Aber Wrach) et en 2008 en Rade de Brest



Simulation d'une installation à La Cormorandière (Rade de Brest)
Projets dans les passes d'atoll

Source Aquaphile

Concept : roue à aubes flottante

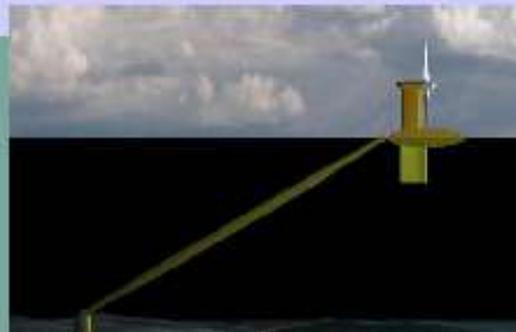
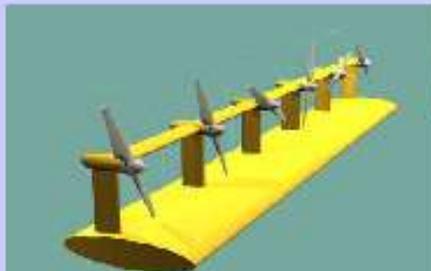
À l'image des anciens moulins-bateaux (fil de l'eau)



-Projets de Marine Current Turbines (UK) : *(images source MCT)*
Seagen : 2x600 kW sur un quadripode
Installation à Stangford Lough (Irlande du Nord)
en avril 2008 (pb de barge en 2007)



Seaflow
Seagen (Impact, acceptabilité?)
Seconde génération : totalement immergée



Open Hydro : "Tidal Turbine Research Structure" : Diamètre : 6 m, 250 kW



Installation sous-marine

à l'EMEC en sept 2008

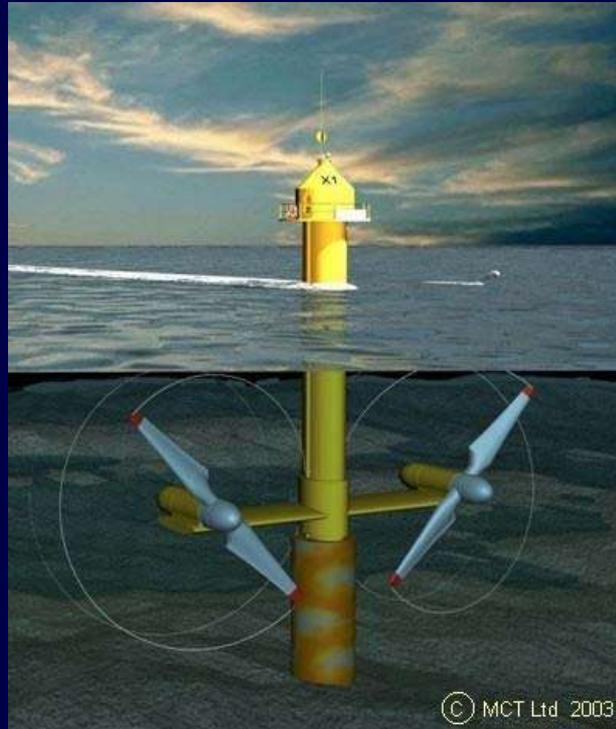
6m -> 12 m -> 16 m



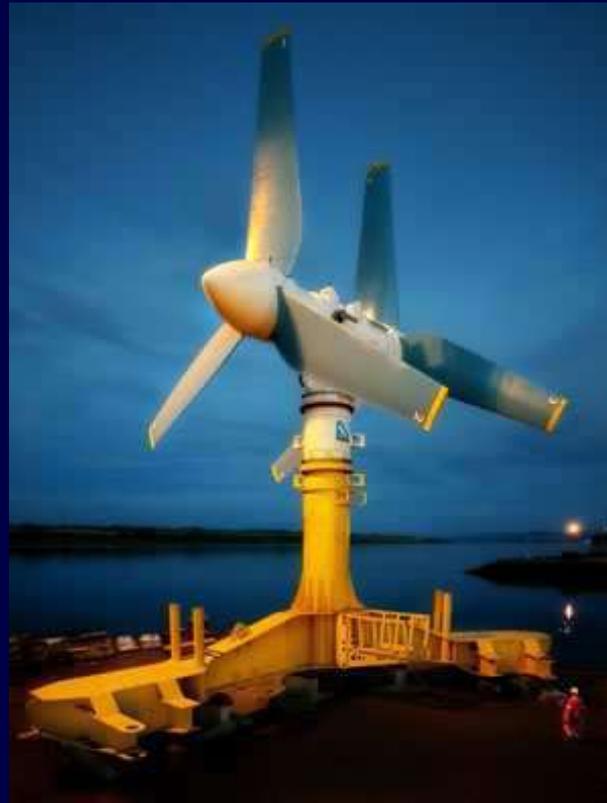
Installation à l'EMEC

barge dédiée

Source OpenHydro



Marine Current Turbines (MCT), projet Seagen : 1 MW en construction à Strangford Lough, Northern Ireland
Hélices contrarotatives sur pile



Atlantis Resource Corporation, hydrolienne 1MW AK-1000
18m de diamètre, monté sur une structure gravitaire de 1 000 t.
Déploiement prévu dans le Pentland Firth, au nord de l'Ecosse,
projet « Inner Sound », de 400 Turbines soient 400MW installés.

Energie houlomotrice

Avantages :

- *potentiel naturel extrêmement répandu et important*
- *bonne prédictibilité*
- *domaine de recherche très vaste : multitude de concepts !*

Inconvénient :

- *fiabilité / résistance*
- *coût de maintenance probablement élevé*
- *risque de conflits d'usage en zone côtière (paysages, pêche, nautisme, bruit rayonné...)*

Energie houlomotrice

Potentiel :

Mondial (World Energy Council)

Production: 11 000 à 17 000 TWh/an

Européen exploitable (Wavenet, 2003)

Production: 150 à 750 TWh/an

Tests en cours:

- . 2008 - ? - Portugal - Pelamis – 3 * 750 kW
- . Ile d'Islay (UK) – Wavegen - 500 kW
- . Ile Pico (Açores) – Wavegen - 400 kW
- . 2010 – EMEC (UK) – Oyster system

CHOIX DU SITE PILOTE

La houle sur l'île de Tahiti

Secteur 1 : Papeete

- 72% houle <5kW/m
- 46% de houles NE
(parallèles au rivage)
- Potentiel énergétique
2,0 kW/m

Secteur 2 : Taravao Nord

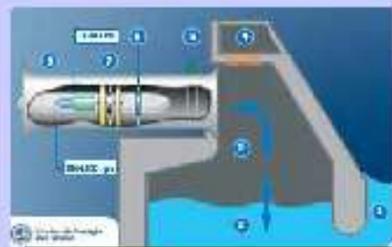
- 85% houle <5kW/m
- 60% de houles E
(parallèles au rivage)
- Potentiel énergétique 1,2
kW/m

Secteur 3 : Sud de Tahiti

- 87% houle >5kW/m
- 70% de houles S SW
(perpendiculaires au rivage)
- Potentiel énergétique
23,4 kW/m

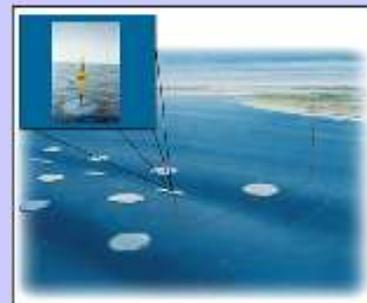
Energie houlomotrice

De la côte vers l'offshore : un foisonnement de concepts



Installations à la côte

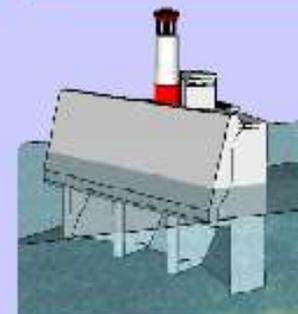
fort impact environnemental



Oyster, en test à l'EMEC

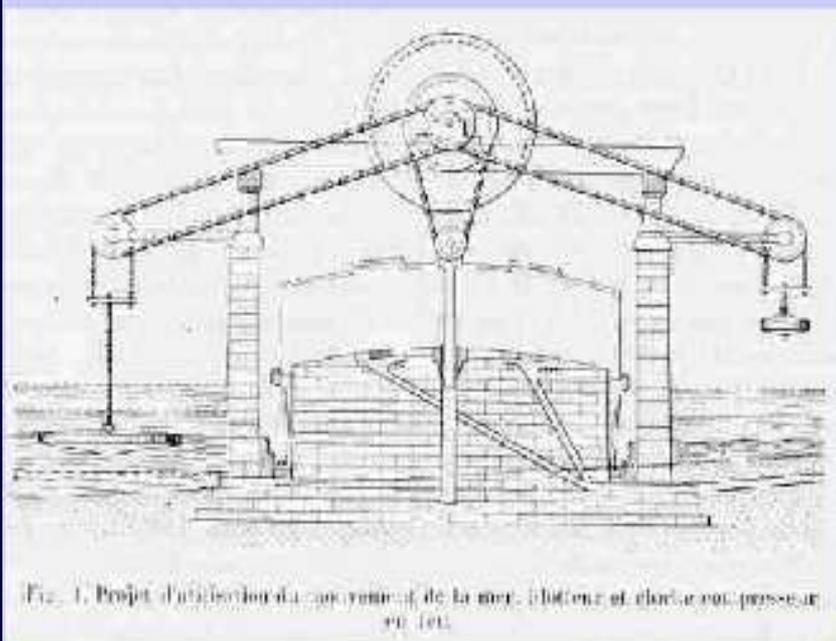


Fort soutien institutionnel aux démonstrateurs en UK



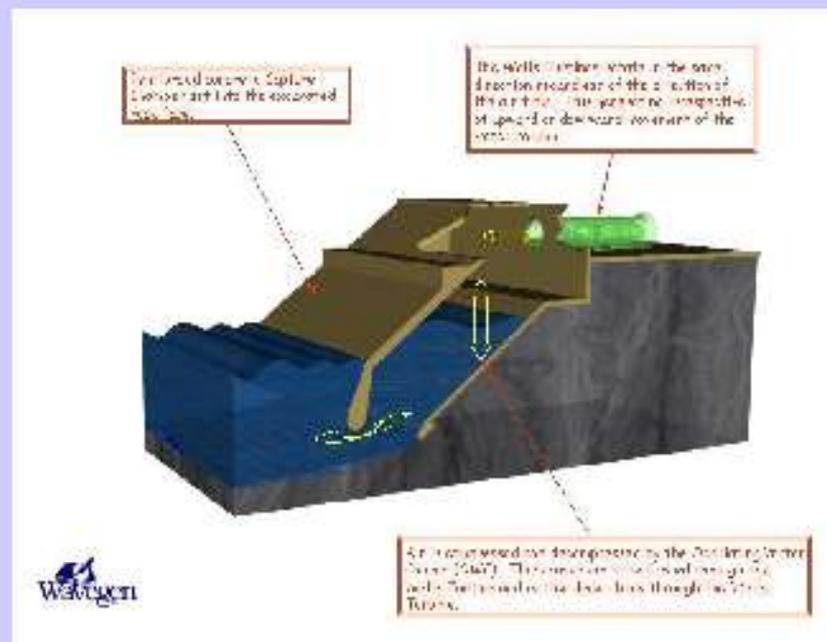
Energie houlomotrice

D'une idée ancienne à la première génération : installations à la côte



«Machine utilisant les mouvements de la mer pour élever de l'eau à une certaine hauteur».

(Revue « La Nature » - Tissandier- volume 19 -1882)



WAVEGEN Ltd : Limpet 500 kW : île d'Islay (Ecosse)

Prototypé de 400 kW sur l'île de Pico aux Açores
(étude de faisabilité en Polynésie - ADEME et SEDEP)

Projets sur des digues

Installations à la côte : fort impact environnemental
moins de puissance qu'au large - ensablement - galets

Energie houlomotrice

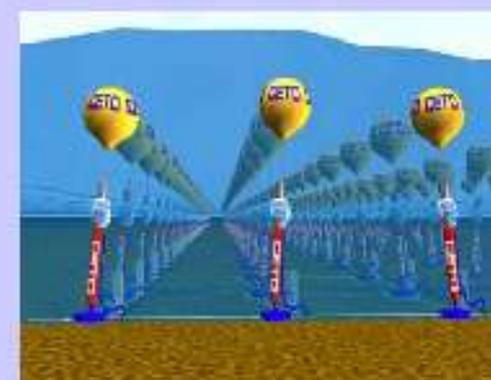
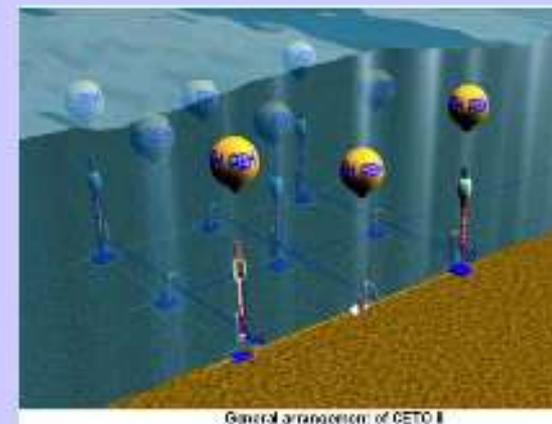
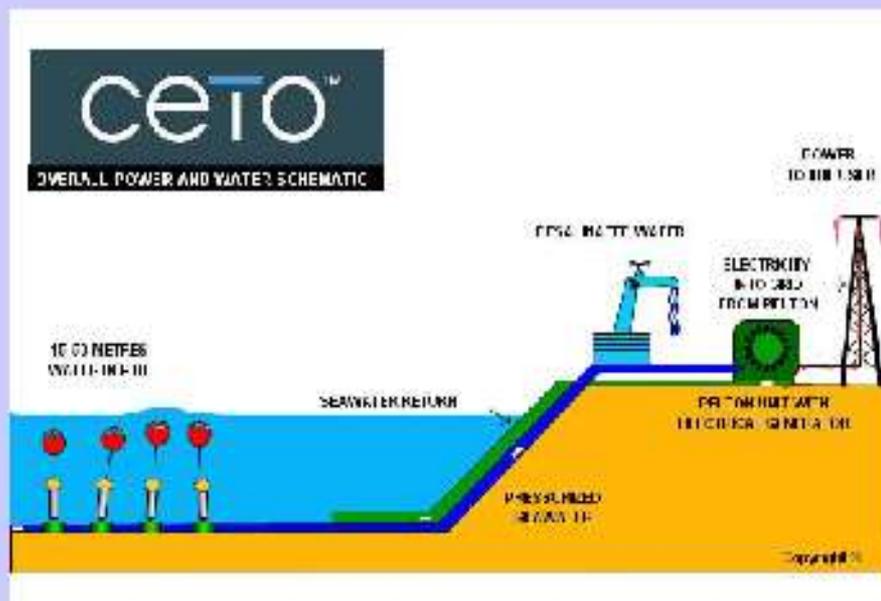


Digue de Motriku, 6 M€, 400 kW

Energie houlomotrice

Projet CETO (SeaPower Pacific Pty Ltd (Australie avec EDF EN))

Objectif : produire de l'eau douce, à terre, à partir de l'énergie des vagues



Première phase CETO 1 : 2003 à 2006 validation du concept

Seconde phase CETO 2 : 2006 à 2008 prototype pré-commercial

Troisième phase CETO 3 : 2008 à 2014 développement industriel

Source : *Projet CETO, mais retards*

A noter : projet semblable avec l'énergie hydrolienne en France

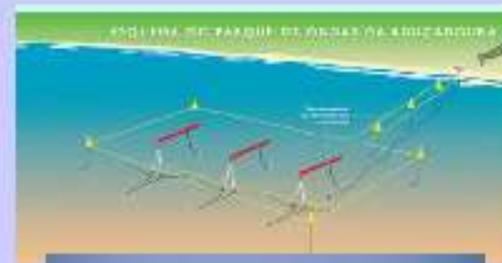
Energie houlomotrice

PELAMIS : 1er parc en 2008



Prototypé de 750 kW relié au réseau (EMEC)
120 m (5 x 24 m) - diamètre : 3.5m
Parc : 10 à 30 MW/km² selon le site

Impacts - Acceptabilité ?



Enersis (8,5 Meuros): trois Pelamis installés au Portugal en juillet 2008

(tarif 23 c€/kWh)

Mais problèmes en 2009 !

Nouveau prototype en test en 2010

Pelamis cherche à développer cette technologie dans les DOM-TOM

Energie houlomotrice

-exemple de projet français

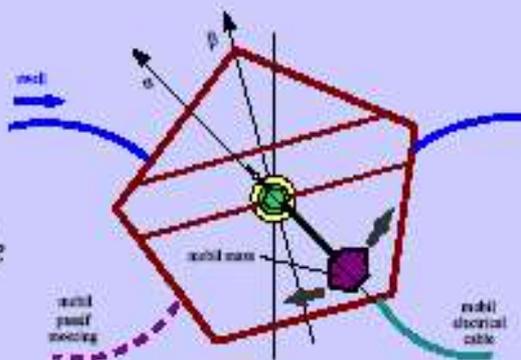
SEAREV

(Principia, ECN-CNRS, Leroux&Lotz, SAIPEM, ...)



Puissance unitaire 500 kW

Technologie étudiée
pour la survie en mer



Etape du modèle en bassin à houle

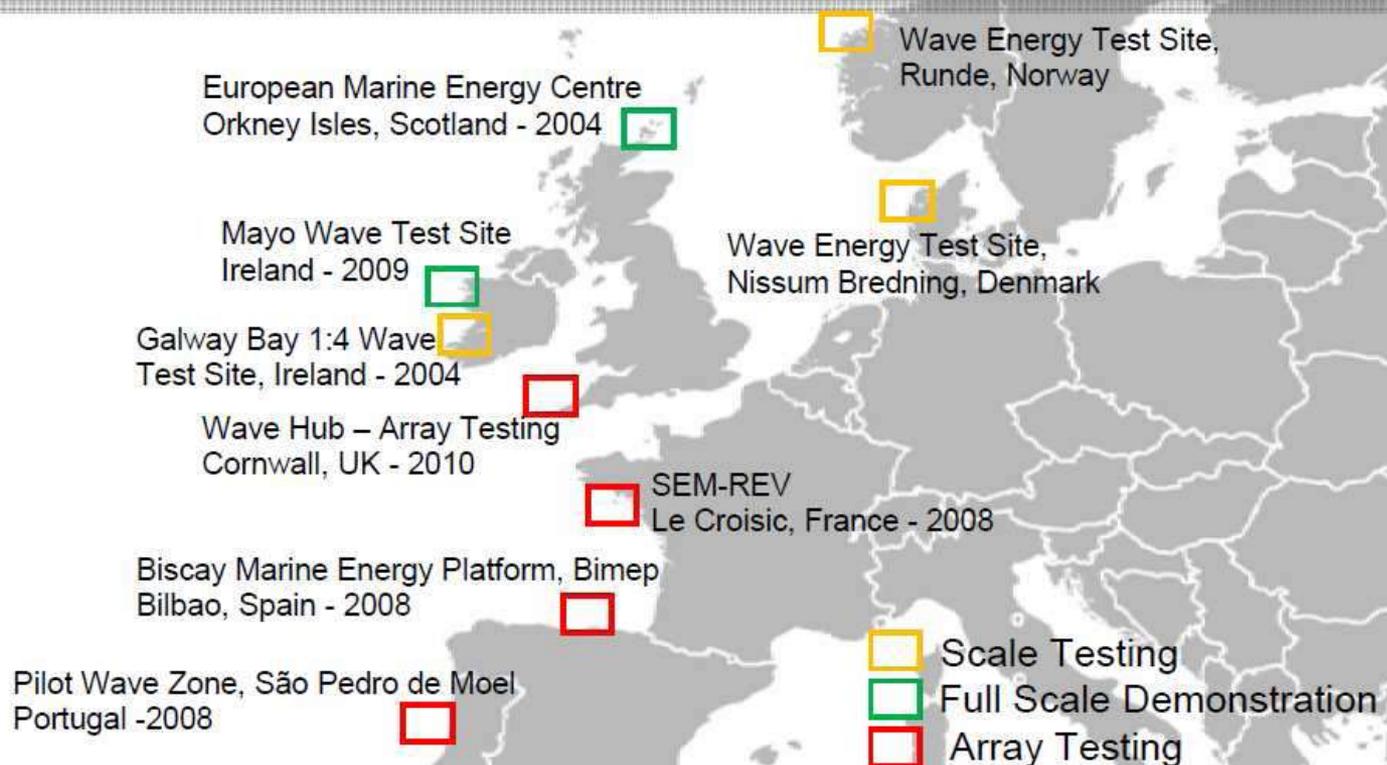
Source ECN

• 9 projets déposés à l'ADEME



Energie houlomotrice

European Marine Energy Test Sites



Sites d'essais houlomoteurs en Europe

Energie osmotique

Energie résultant des différences de salinité, exploitée par circulation de flux d'eau douce et d'eau de mer

2 procédés envisageables:

PRO – Pressure retarded Osmosis:

Flux de l'eau douce vers l'eau de mer à pression supérieure à travers une membrane semi-perméable.

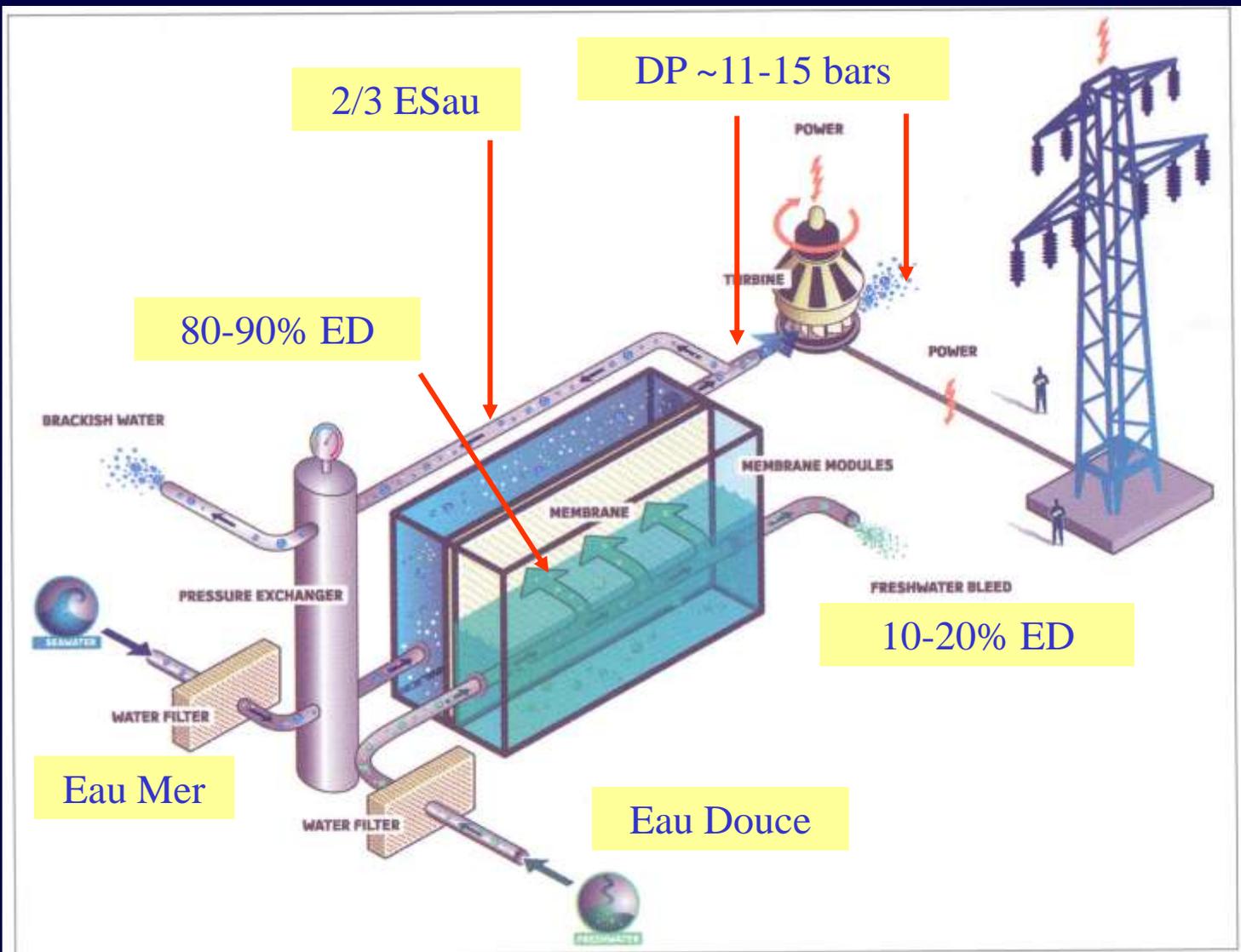
Production d'énergie par turbinage - En développement

RED – Reverse Electro Dialysis:

Flux des ions salins à travers une paire de membranes ioniques sélectives.

Production directe d'énergie électrique – Développement pénalisé par coût des membranes

Energie osmotique



■ Figure 26.1 : schéma de production électrique par la pression osmotique (Source : <http://exergy.se/goran/cng/alten/proj/98/osmotic/>).

Energie osmotique

Potentiel mondial:

Production: 2000 TWh/an

Estimations de potentiels fluviaux :

Rivière ou fleuve	Débit moyen (en m ³ /seconde)	Énergie potentielle (en GWh)
Petite rivière locale	10	88
Rivière Namsen (Norvège)	290	2 560
Rhin (Allemagne)	2200	19 520
Mississippi (États-Unis)	18 000	160 000

■ Tableau 26.1 : potentiel d'énergie issu de la pression osmotique selon de débit d'eau douce
(Source : <http://www.oceansatlas.com/unatlas/uses/EnergyResources/Background/Salinity/sp1.html>)

L'énergie techniquement exploitable est beaucoup plus faible : nécessité d'une stratification haline forte dans les estuaires ou fjords retenus

Démonstrateur de la société Statkraft - Norvège



Bâtiment du démonstrateur
Région d'Oslo



Modules - Membranes



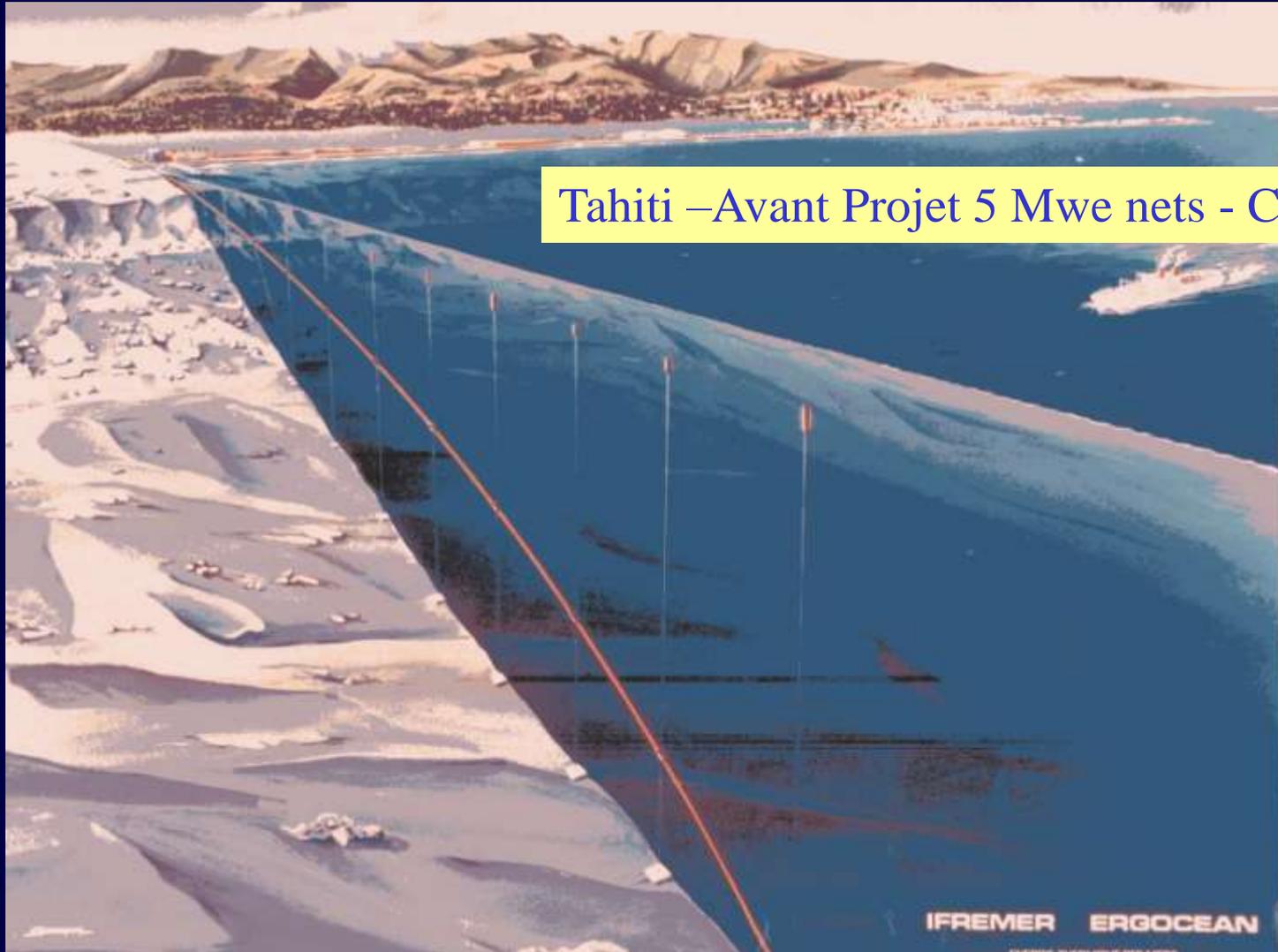
Echangeurs pression Emer / ESaum

Energie thermique des mers

Lannion, 2 Avril 2011

Rotary

Energies marines renouvelables



Tahiti –Avant Projet 5 Mwe nets - CEF 2.80 m

IFREMER ERGOCEAN

Energie thermique des mers

2 cycles de Rankine de base:

- Cycle ouvert (CO):
fluide de travail = vapeur d'eau produite par évaporation de $< 1\%$ de l'eau chaude
- Cycle fermé (CF): fluide de travail en boucle, NH₃ préconisé le plus couramment

Energie thermique des mers

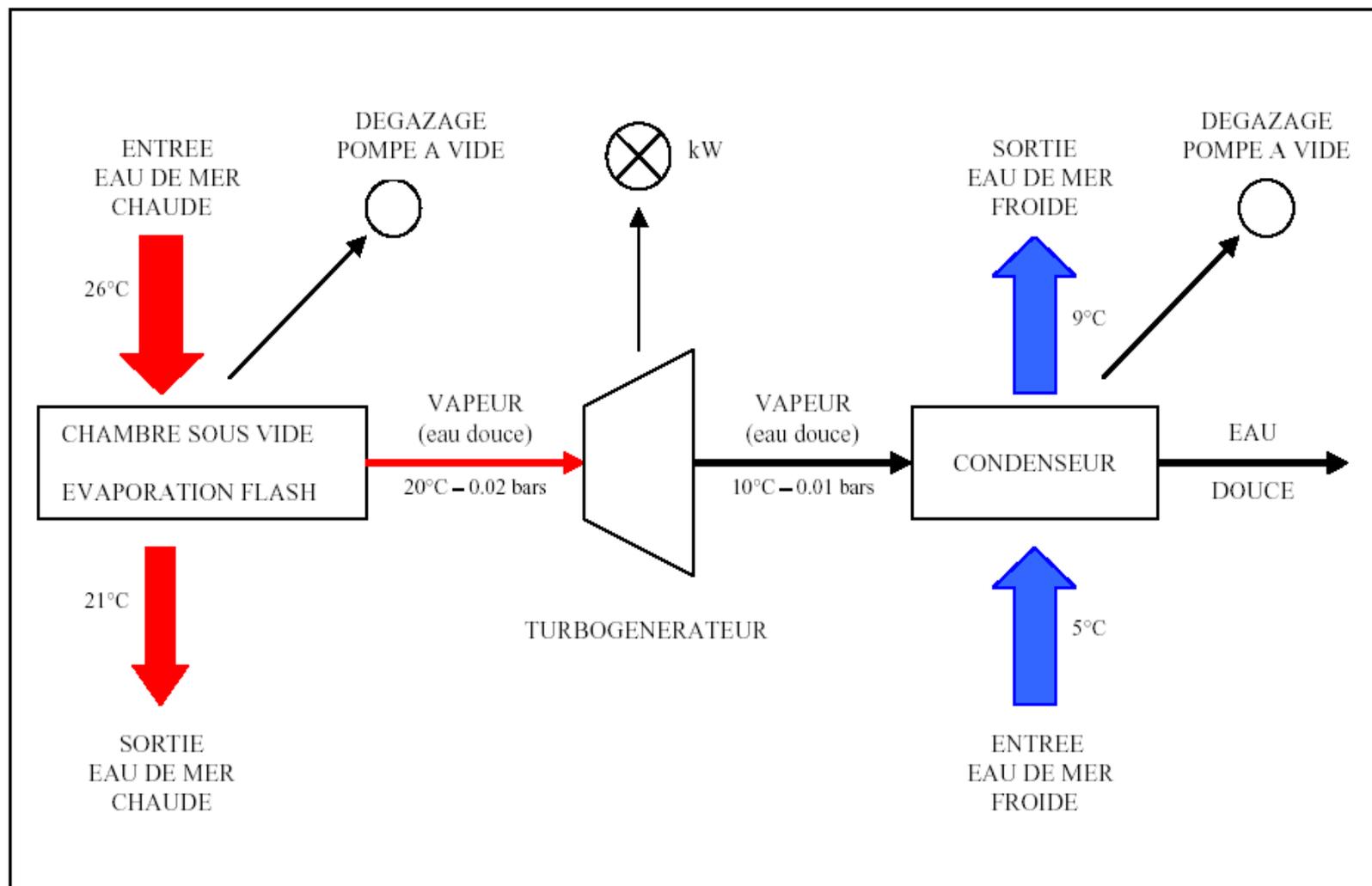


Schéma de fonctionnement d'une centrale OTEC en cycle ouvert

Energie thermique des mers

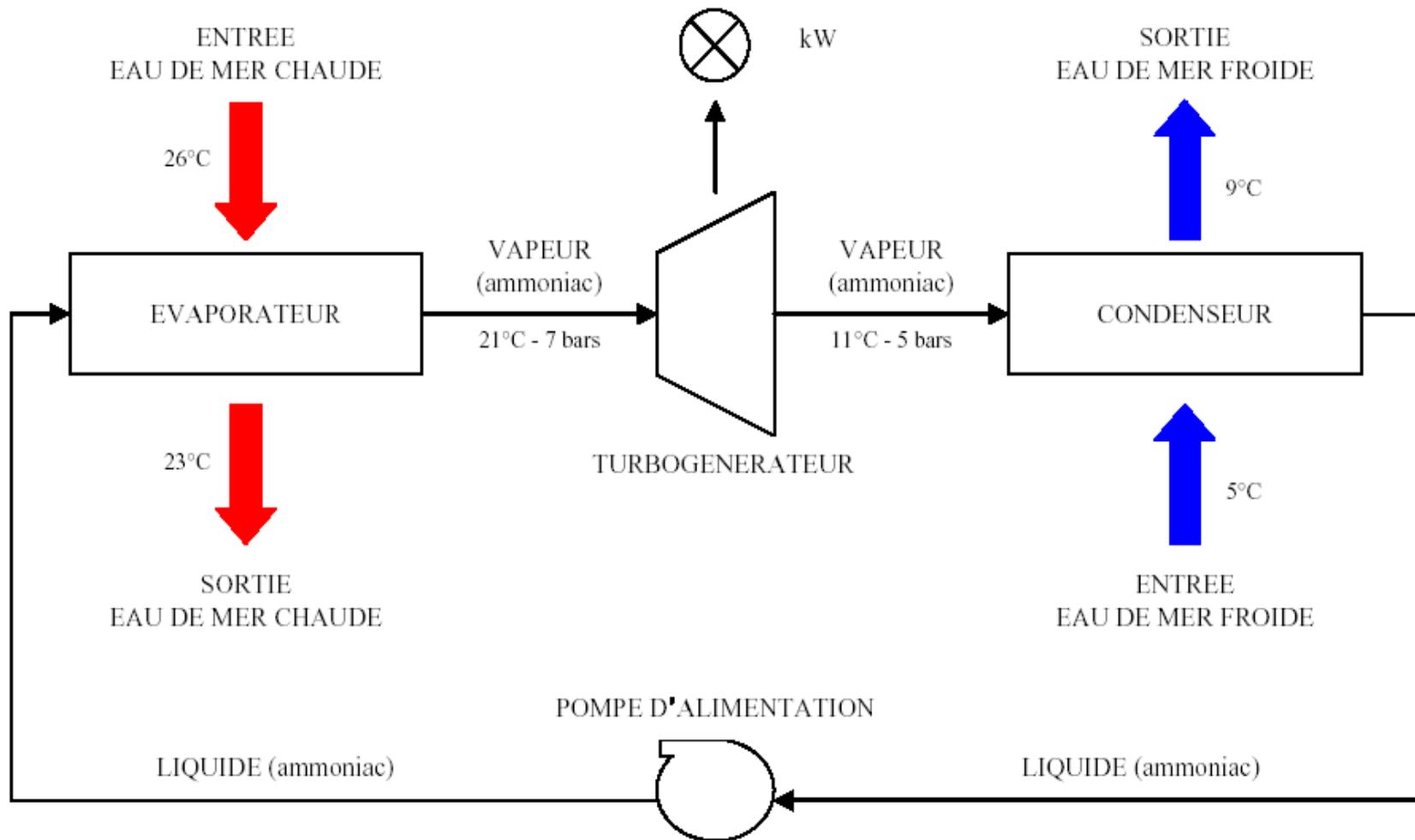


Schéma de fonctionnement d'une centrale OTEC en cycle fermé

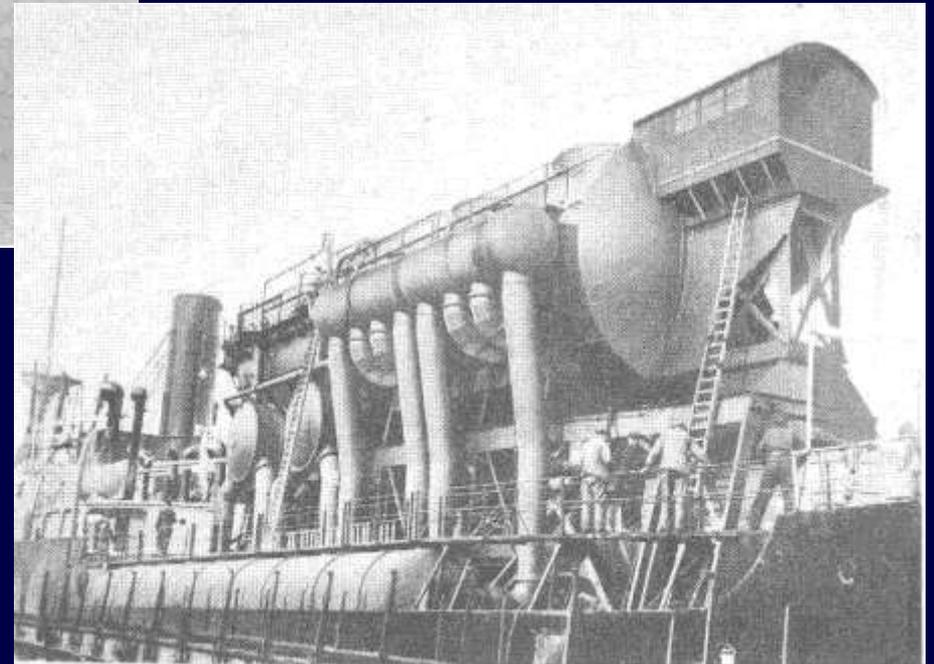
Energie thermique des mers

Antécédents 1930 - 1960:

- Tentatives de Georges Claude en cycle ouvert
 - Cuba, baie de Matanzas à terre, 1930
 - Brésil, centrale flottante « La Tunisie », 1935
- Projets à terre de la société EDM en cycle ouvert
 - Abidjan, 1948-1953
 - Guadeloupe, pour EDF, 1958

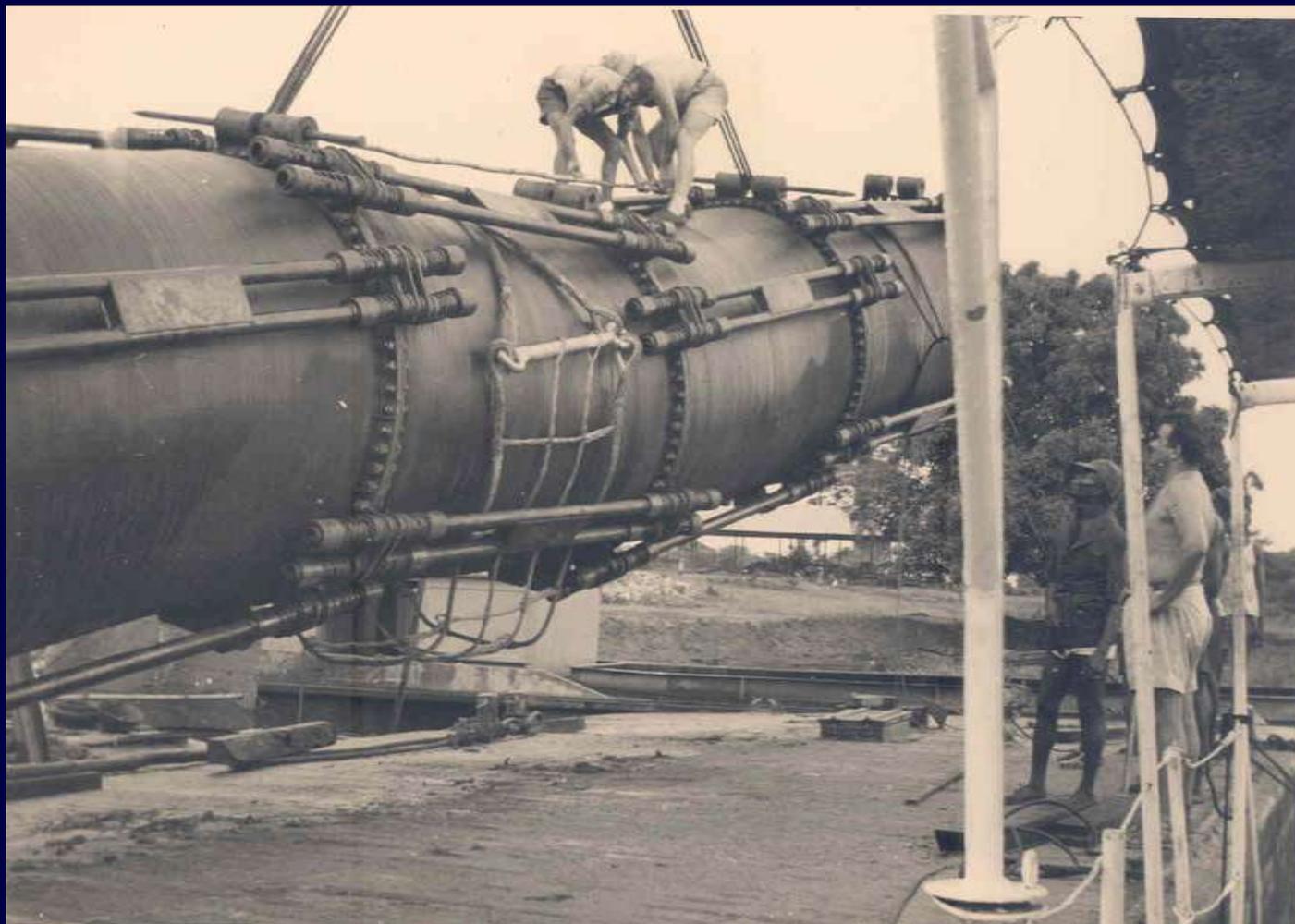
Energie thermique des mers

Cuba-Matanzas - 1930



Brésil – « La Tunisie » - 1935

Energie thermique des mers



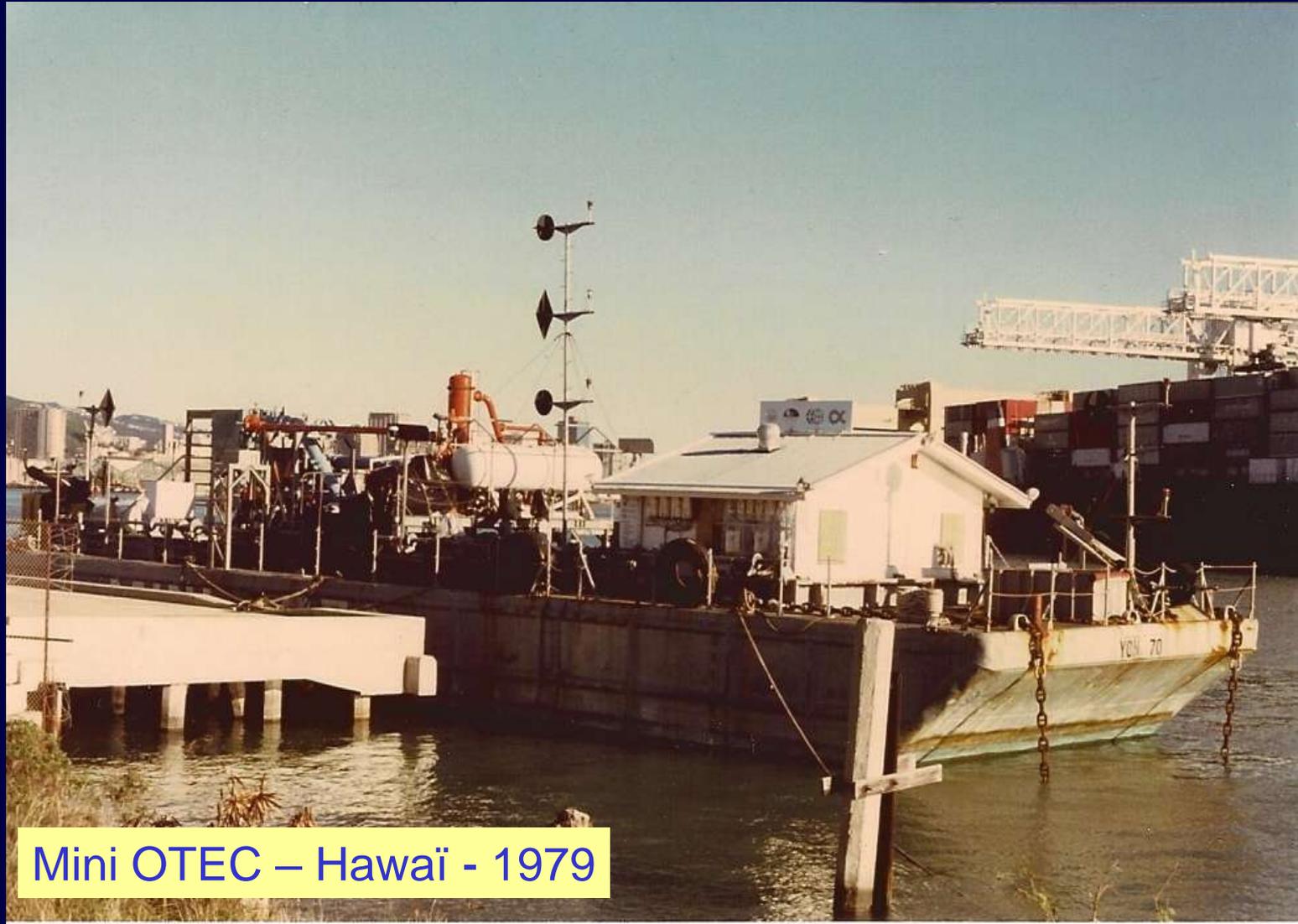
Abidjan - CEF - 1953

Energie thermique des mers

Lannion, 2 Avril 2011

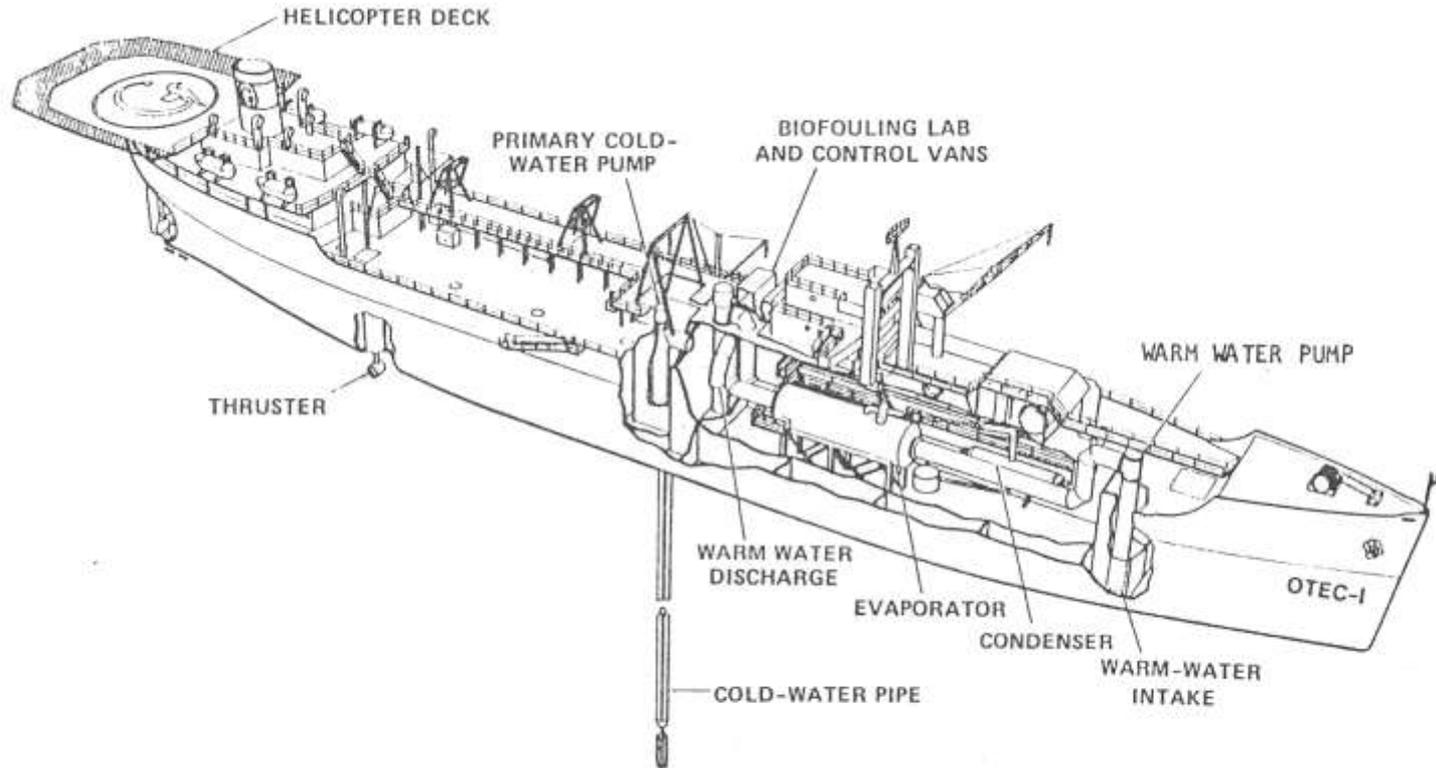
Rotary

Energies marines renouvelables



Mini OTEC – Hawaï - 1979

Energie thermique des mers



U.S. Navy T-2 Tanker Modified for Use as OTEC-1 Platform

OTEC-1 – Hawaï - 1980

Energie thermique des mers



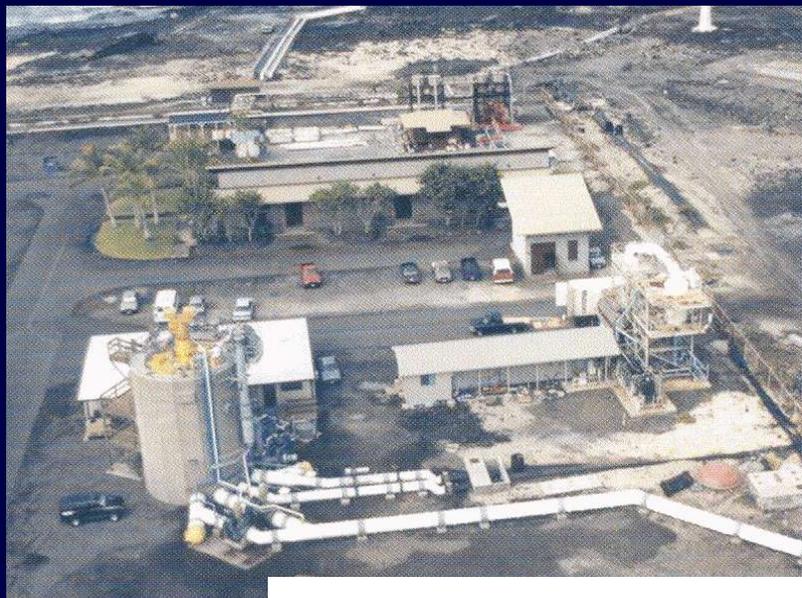
Module production ED



Module intégré
énergie CO

NPPE – Hawaï – 1990-1998

Energie thermique des mers



NPPE – Hawaï – 1990-1998

Puissance brute nominale	210 kW	Profondeur conduite eau froide	823 m
Puissance brute (max.)	255 kW	Diamètre int.conduite eau froide	1.02 m
Puissance nette (max.)	103 kW	Eau douce produite	0.4 l/s
Pompage eaux (max.)	200 kW	Taux de condensation de vapeur	10% (choisi)
Température eau chaude	26°C	Poids turbine	7.5 t
Température eau froide	6°C	Vitesse de rotation turbine	1800 t/min
Débit eau froide	0.410 m ³ /s	Diamètre turbine	3.05 m
Débit eau chaude	0.606 m ³ /s	Vitesse de rotation pompe à vide	48000 t/min

Source : L.A. Vega⁶, Thomas Daniel⁷

Energie thermique des mers

Lannion, 2 Avril 2011

Rotary

Energies marines renouvelables

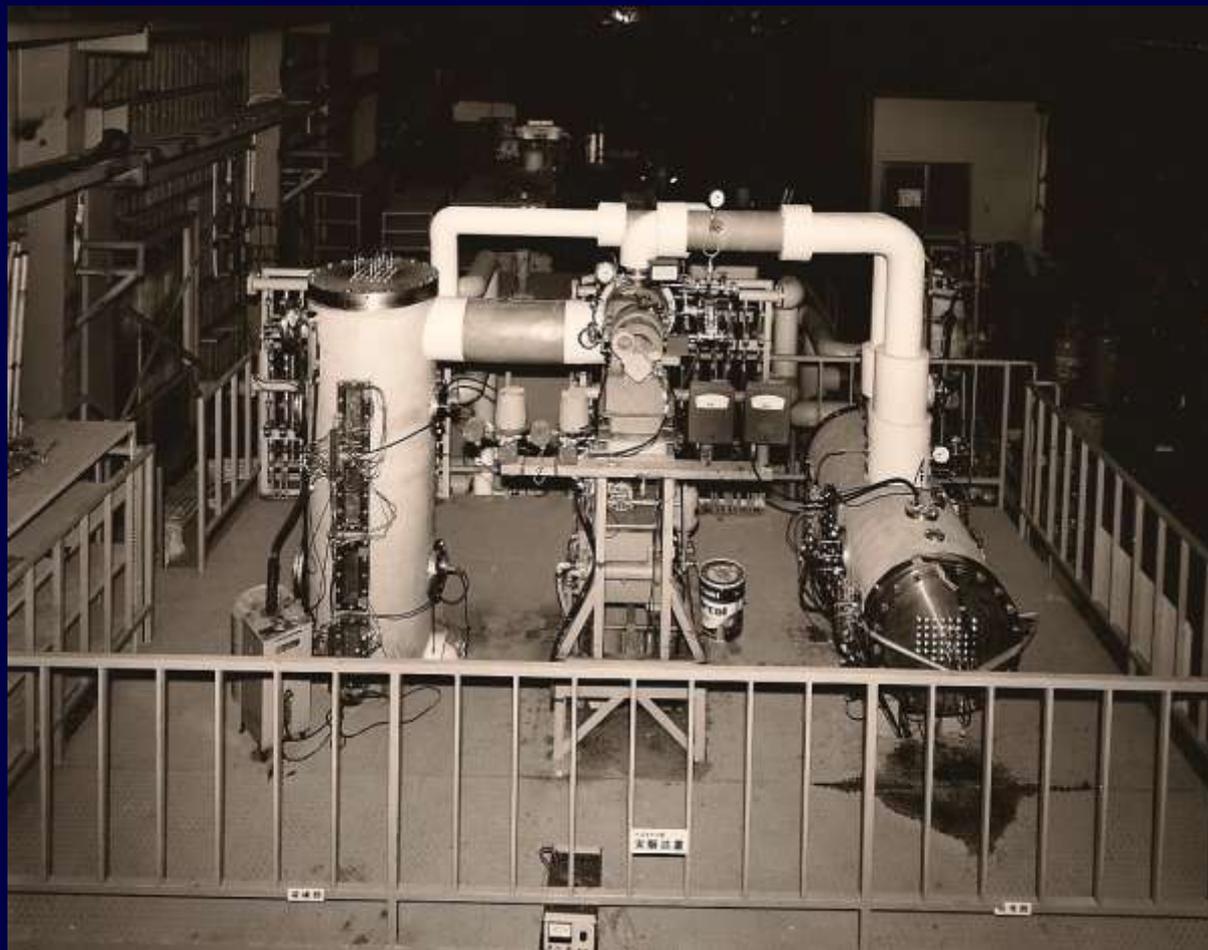
ifremer

69



Nauru - 1982

Energie thermique des mers



Nauru - 1982

Energie thermique des mers

2 modules – 2.5 MWe nets

Evaporateur

1 unité de 100 MWth
~ 18000 jets jaillissants
Surface au sol: 170 m²
Volume: 590 m³

Condenseur

2 unités de 50 MWth
~ 54000 jets tombants
Surface au sol: 60 m²
Volume: 210 m³

1 Turbo-alternateur

2 roues mono-étage:
Ø ext: 4.5 m – ailettes: 1.1 m



Tahiti- Avant-projet 5 Mwe nets - CO - 1986

Panorama:

- Monaco:
installations courantes – interdiction des tours de réfrigération aériennes
- Canada - Halifax:
1986 - réseau de chauffage-climatisation de locaux de bureaux et commerciaux
- Suède - Stockholm:
1995 - réseau de chauffage-climatisation de locaux de bureaux et commerciaux - 170 MWf
- France – La Seyne / Mer - Var:
2008 - réseau de chauffage-climatisation de locaux de bureaux et commerciaux - 3 * 1.6 MWf

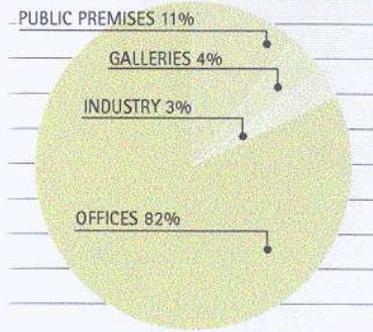
Energie thermique des mers

FACTS/District cooling in the City

■ INSTALLED POWER	170 MW
■ ENERGY	240 GWh/annum
■ MAINS	8.6 km
■ DISTRIBUTION NETWORK	12 km
■ OPERATING PRESSURE	10 bar
■ FEED TEMPERATURE	+6 C°
■ RETURN TEMPERATURE	+16 C°
■ NUMBER OF CUSTOMERS	300



DISTRIBUTION OF CUSTOMER SEGMENTS



Réseau Stockholm