



La mer, nouvelle source d'énergies renouvelables ?

J J HEROU – EDF CIH



0

Plan de l'exposé

Les différentes énergies de la mer : Implication et REX

- Contexte énergétique mondial
 - Place des énergies marines (Actuelle et future)
- Expérimentation et expériences acquises par EDF en 2010

- Projets en cours (énergie des courants)
 - Hydroliennes
 - Insertion d'un **projet industriel**
 - Machines (hydraulique et électrique)
 - Conversion et transport d'énergie électrique
 - Aspects Technico-économique
 - Synthèse en phase études (en 2010) – Barrières à surmonter

- Autres projets suivis avec implication du groupe EDF
 - Marémotrices – classiques et mixtes
 - Énergie des vagues

SYNTHESE- PERPECTIVES

Rappel : Les différentes énergies de la mer évoquées durant cet exposé

- Énergie marémotrice (La Rance)
- Énergie des courants de marée
- Énergie des courants océaniques (Gulf Stream)
- Énergie thermique des mers
- Énergie des vagues
 - A colonne d'eau oscillante
 - A rampe de franchissement
 - A flotteurs et/ou pression différentielle
- La pression osmotique

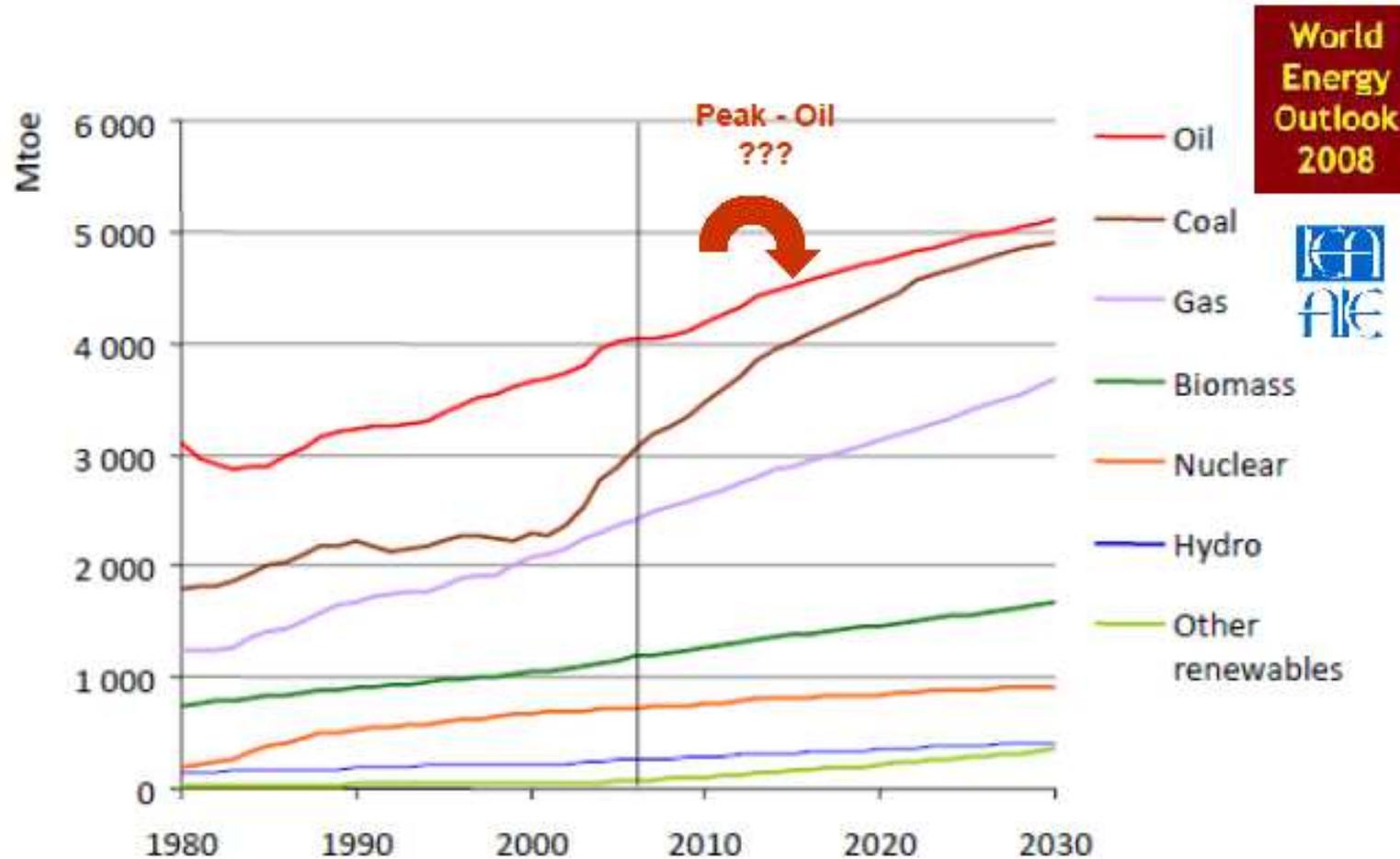
2

Le Contexte énergétique mondial





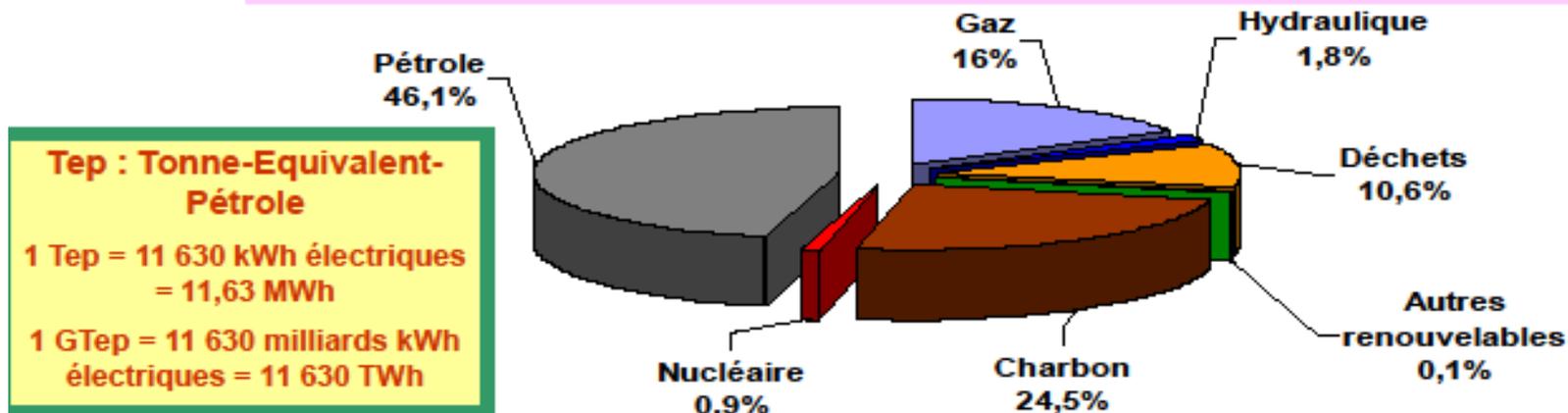
Énergie primaire – Évolution



World energy demand expands by 45% between now and 2030 – an average rate of increase of 1.6% per year – with coal accounting for more than a third of the overall rise

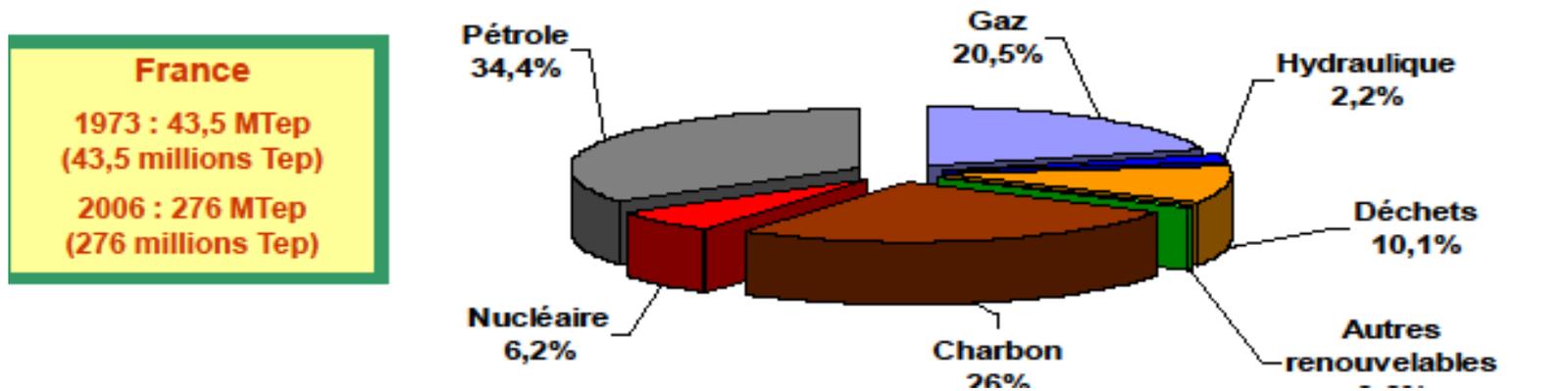
Un doublement des besoins mondiaux en 35 ans..... (en énergie primaire)

1973 : 6,1 GTep = 6,1 milliards Tep



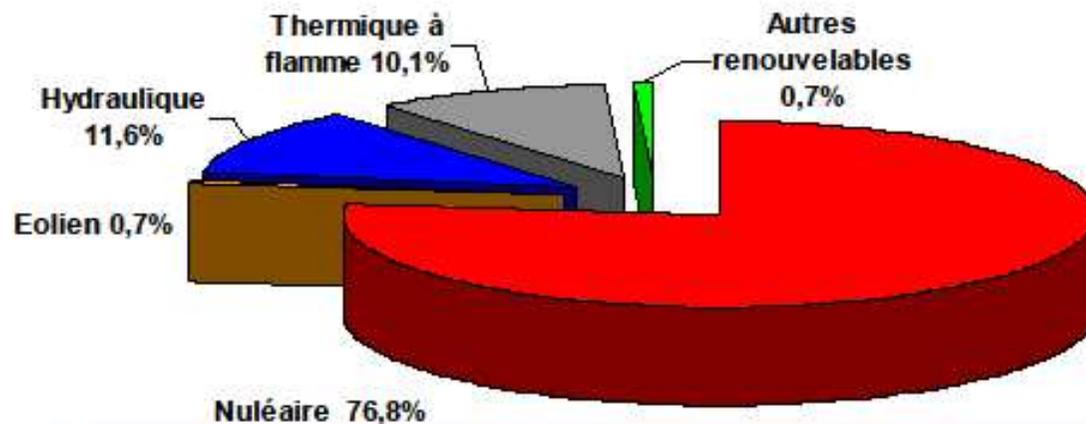
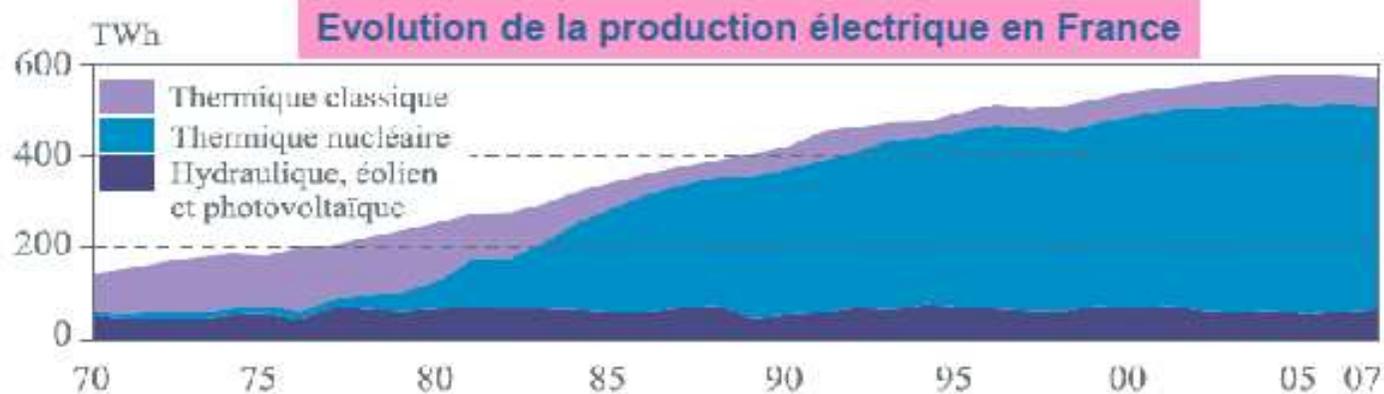
Tep : Tonne-Equivalent-Pétrole
 1 Tep = 11 630 kWh électriques = 11,63 MWh
 1 GTep = 11 630 milliards kWh électriques = 11 630 TWh

2006 : 11,7 GTep = 11,7 milliards Tep



France
 1973 : 43,5 MTep (43,5 millions Tep)
 2006 : 276 MTep (276 millions Tep)

Production électrique en France



Production électrique en France en 2007 : 544,7 TWh

Source : Observ'ER & RTE

| Production française d'électricité | | |
|--|-------|-------------------------|
| | TWh | Variation 2007/2006 (%) |
| Production nette | 544,7 | -0,8 |
| Nucléaire | 418,6 | -2,3 |
| Hydraulique | 63,2 | +3,6 |
| Thermique à flamme | 55,0 | +2,2 |
| Eolien | 4,0 | +79,4 |
| Sources d'énergie renouvelables hors hydraulique hors éolien | 3,9 | +15,5 |

Nouveaux objectifs Européens 3 fois 20 %

- Objectifs de la Directive Européenne sur les EnR pour 2020 :

- en Europe, les Energies Renouvelables (EnR) doivent représenter 20% de **l'énergie finale consommée** (électricité, chauffage & clim. et transport ; 8,5 % en 2005)
- réduction de 20 % des émissions de CO2
- augmentation de 20 % de l'efficacité énergétique



- Objectifs pour la France (part d'EnR) :

- France métropole : engagement de 23 % d'EnR (en 2005 : 10,3 %) !
- DOM-COM : 50 % d'EnR !

- Réponse possible (Grenelle Environnement) :

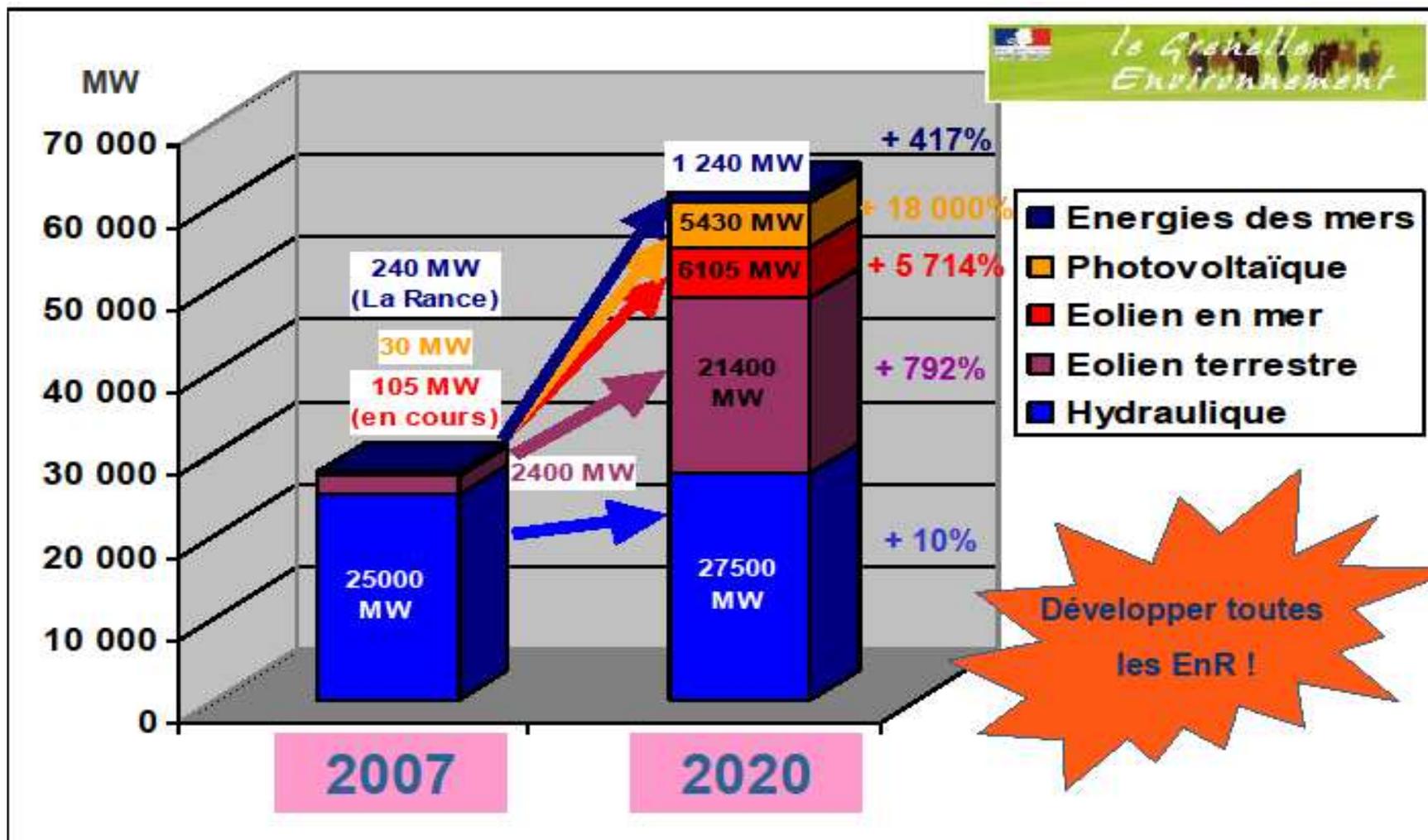


Développer + 20 MTep (+ 20 millions Tep) d'EnR d'ici 2020 !

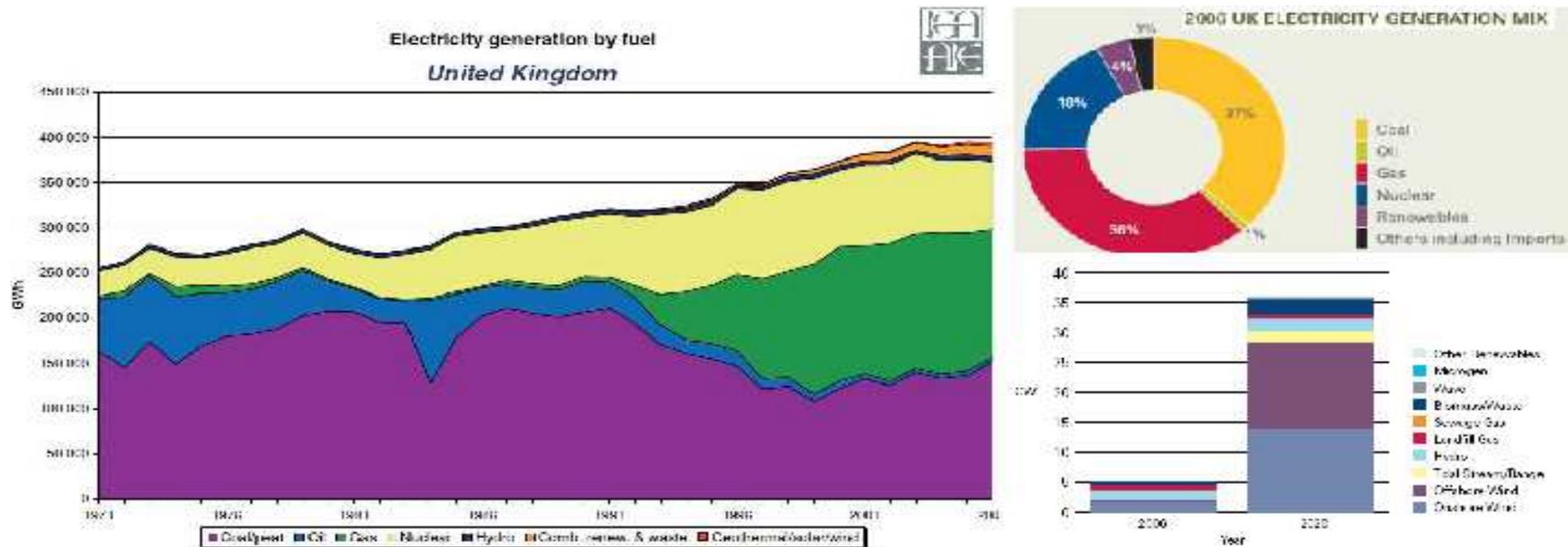
- Propositions pour l'énergie électrique : + 71 TWh (+ 6,1 MTep), soit l'équivalent de la production hydroélectrique maximale actuelle !

- Capacité de production supplémentaire : hydraulique : + 10 % - photovoltaïque : x 181 - éolien terrestre : x 9 - éolien en mer : x 58 - **énergie des mers (vagues, courants, marémoteur) : x 5 (scenario haut : x 9)**

Scénario d'évolution du parc électrique EnR en France



Le contexte électrique en Grande Bretagne

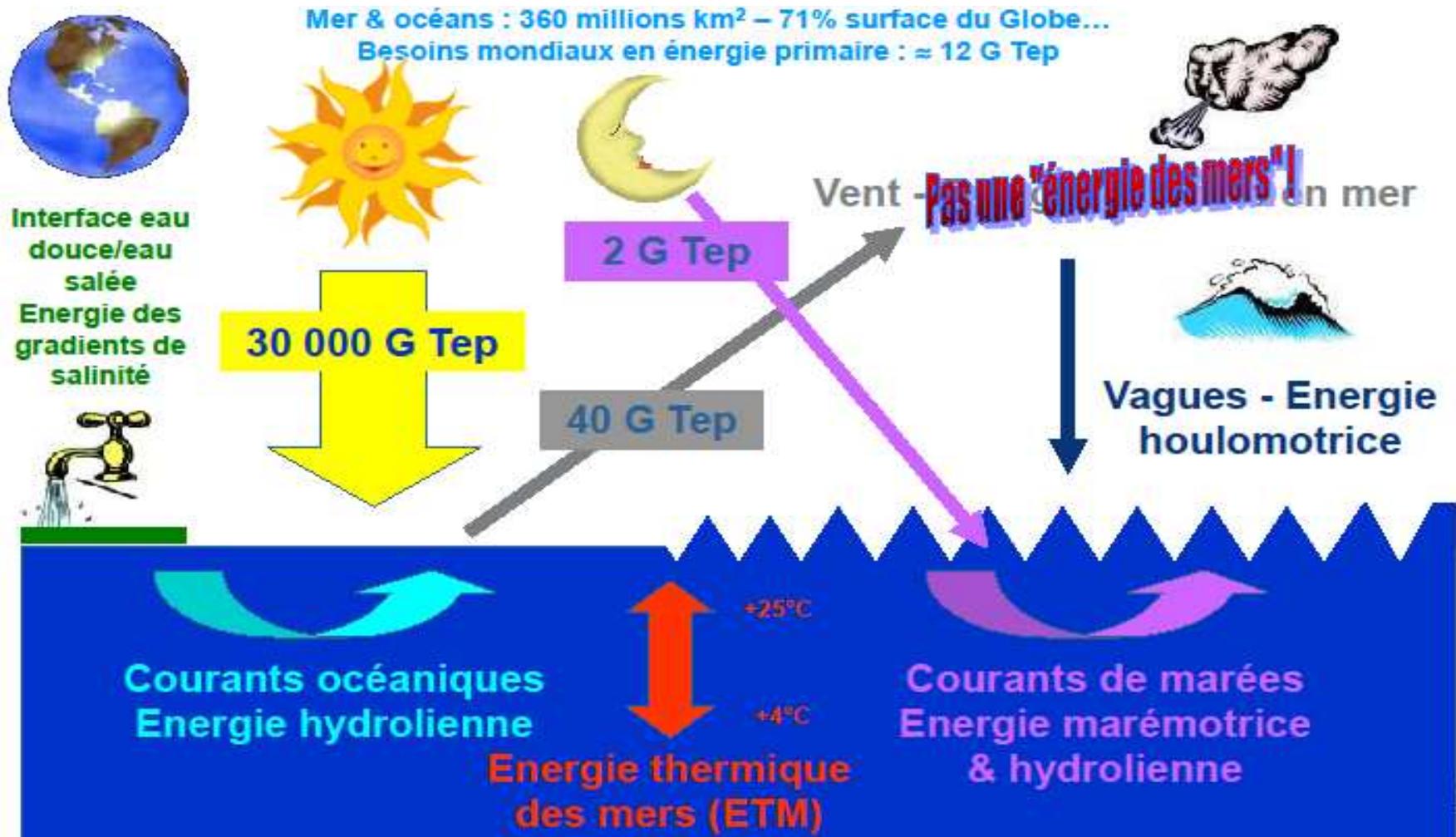


- Parc de centrales électriques vieillissant, besoin de construire 20 GW d'ici 2020
- Prédominance des combustibles fossiles
- Fin proche des réserves de pétrole et de gaz en Mer du Nord
- Objectifs européens des EnR : passage de 1,3 % à 15 % en 2020
- **Urgence pour développer les EnR**

3

Les énergies marines

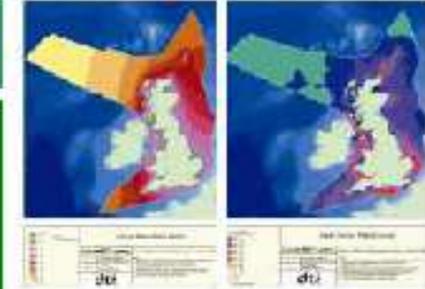
L'océan : Source d'énergies marines



Le Royaume-Uni montre l'exemple

Reconversion de l'industrie « offshore oil & gas » vers les énergies marines

Une des meilleures ressources en énergies marines d'Europe



Larges programmes universitaires de R&D pour les EnR mers (152 M€ depuis 1990)
50 projets – 17 Universités

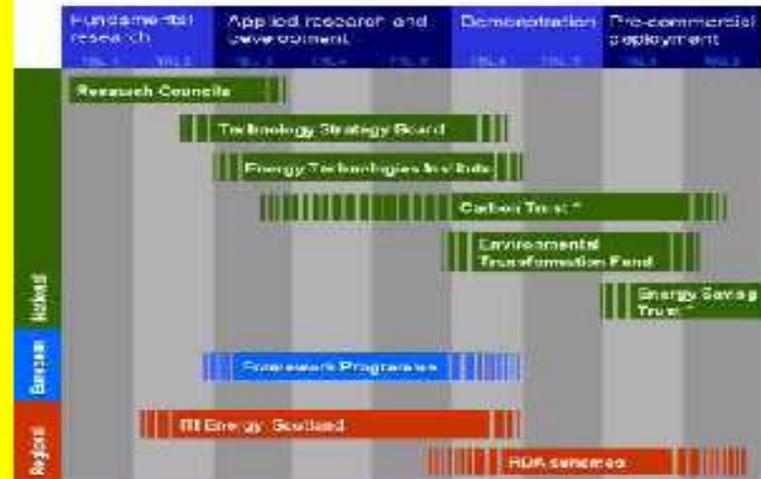
2007 : Livre Blanc sur l'énergie : Energy Act de développement des EnR Réduire de 80% émission CO2 en 2050 !
2 GW EnR des mers en 2020 (2050)

2008 : Stratégie de développement des EnR Réduire de 80% émission CO2 en 2050 !
Objectif : (30 GW en 2050)

UKERC
UK Energy Research Centre



Technology «Push»



2008 : Energy Tehnologies Institute Public/Privé - £ 1,1 Mds (10 ans) projets de démonstration.

App energy technologies institute

1 projet hydrolien retenu + 3 éolien en mer



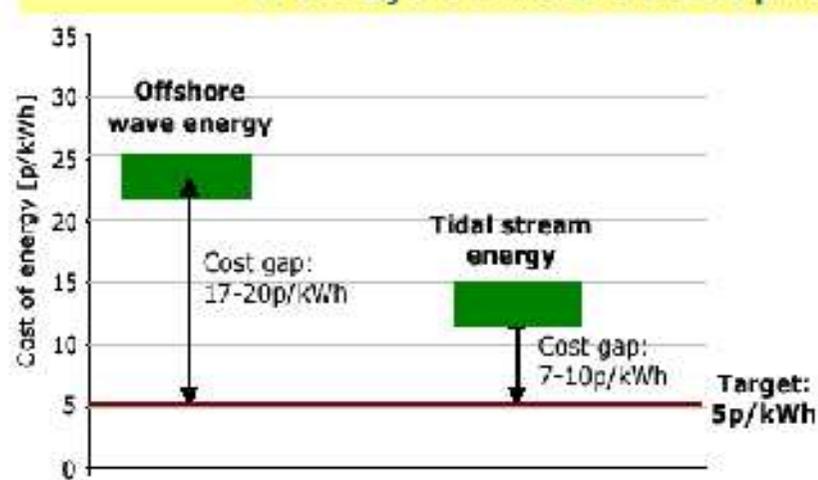
2004 : European Marine Energy Centre Iles Orcades (Orkney) – Ecosse



Market « Pull » : « Renewable Obligation Certificates » (ROCs) + « Climate Change Levy Exemption Certificates » (LECs) + future « Feed-in Tariffs »

Des coûts élevés maisprometteurs...en GB

Coûts actuels en p/kWh des convertisseurs houlomoteurs et des hydroliennes. Cible : 5 p/kWh



- Hydrolien & houlomoteur : des coûts en phase de développement inférieurs à ceux de l'éolien lors de ses débuts Exploitation !!!
- Les courbes d'apprentissage devraient être prometteuses
- Nécessité d'appréhender les coûts de fourniture et d'exploitation, voire leur baisse ... avant d'industrialiser une filière
- Nécessité de réaliser des démonstrateurs industriels + premier parc de machines

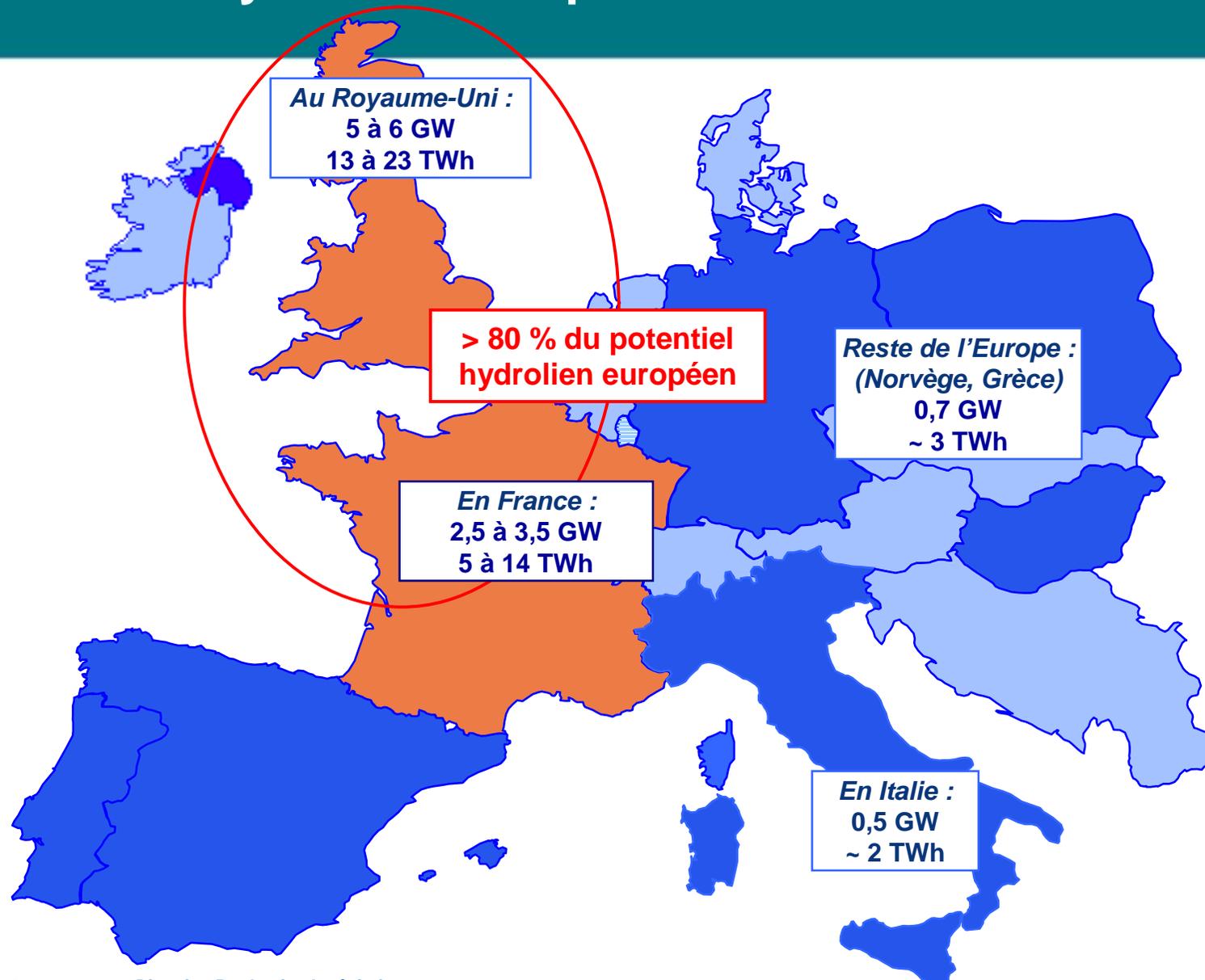
4

Les hydroliennes

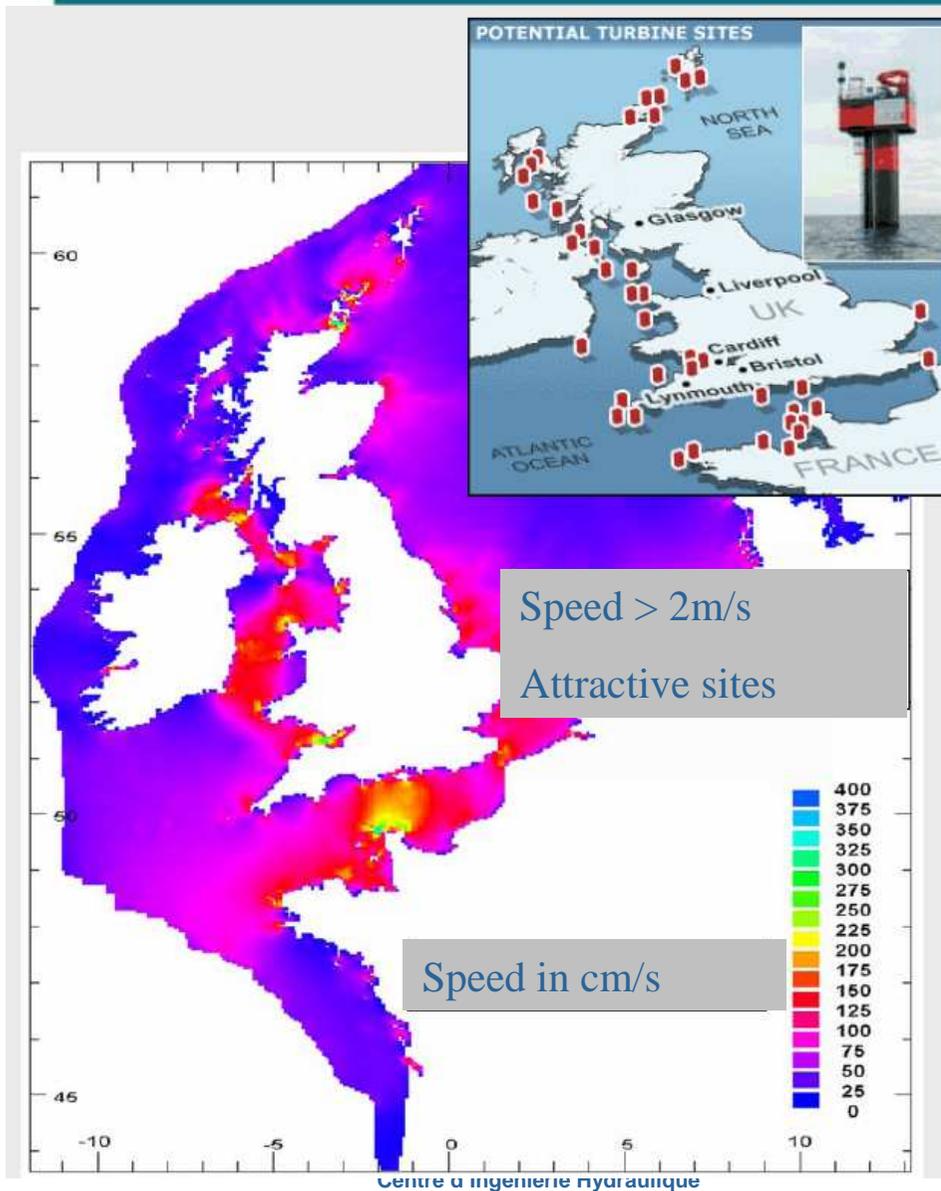
Les principes généraux

- Principe : utilisation de la vitesse des courants des marées pour faire tourner la roue d'une « turbine » immergée : **installer aux lieux de vitesses élevées**
- Avantages : prédictibilité, performance (densité de l'eau), peu d'impact visuel...
- Inconvénients : effet intermittent des marées, partage des zones maritimes, maintenance, sites spécifiques :
 - Vitesse de l'eau
 - Profondeur
 - Équipements électriques sous l'eau
 - Éloignement du rivage...
 - Accès pour la maintenance ?
 - Entièrement immergé au large ?

Le potentiel hydrolien européen

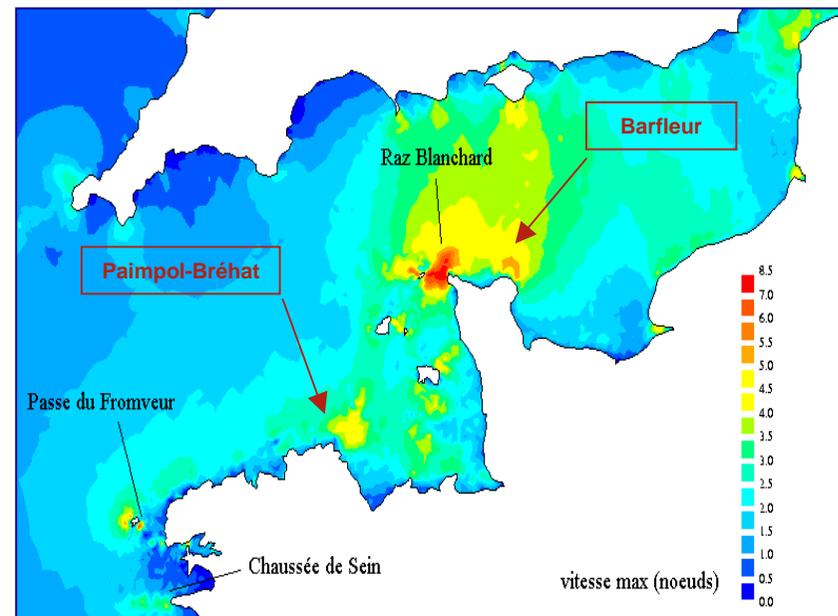


Le projet de démonstrateur hydrolien



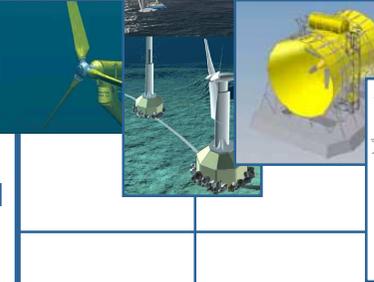
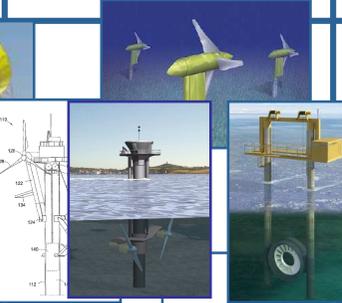
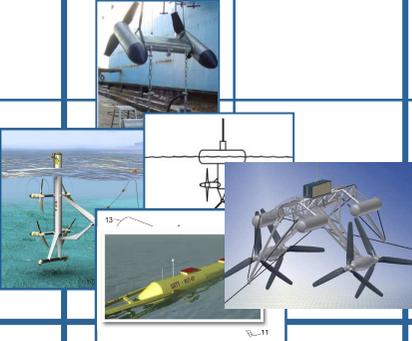
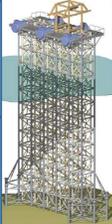
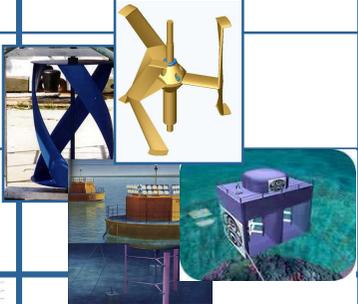
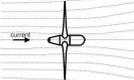
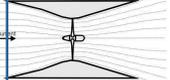
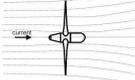
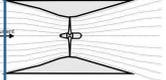
Choix lié à l'acceptation des acteurs :

- Barfleur
- Paimpol Bréhat



Auteur : J J HEROU

Les différents types d'hydroliennes (lors de l'inventaire pour un choix)

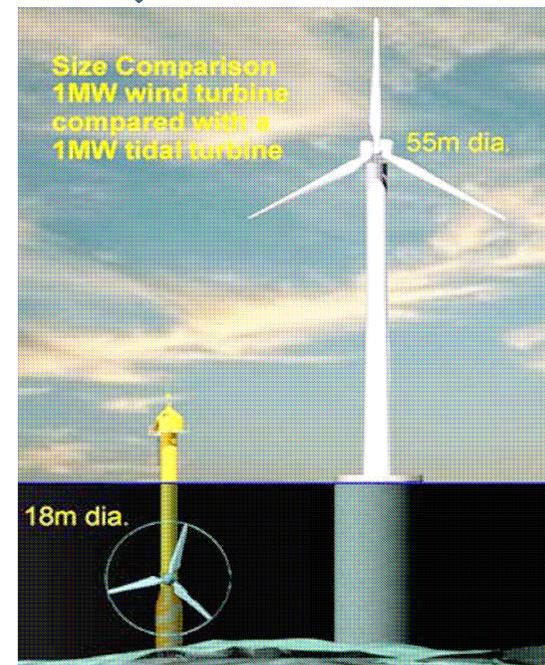
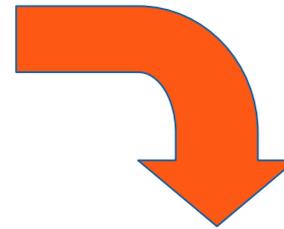
| | Fondation Gravitaire | Mono-Pieu | Structure Jacket | Structure flottante | | | | |
|--|---|---|--|--|---|---|-------|----------|
| Turbine flux axial (axe H ^{al}) |  |  |  |  | Immergé | | | |
| | | | | | Emergeant | | | |
| | | | | | Flottant | | | |
| Turbine flux transverse (axe V ^{al}) | | |  |  | Immergé | | | |
| | | | | | Emergeant | | | |
| | | | | | Flottant | | | |
| |  |  | Libre | Canalisé |  |  | Libre | Canalisé |

Tidal Kinetic Energy Context

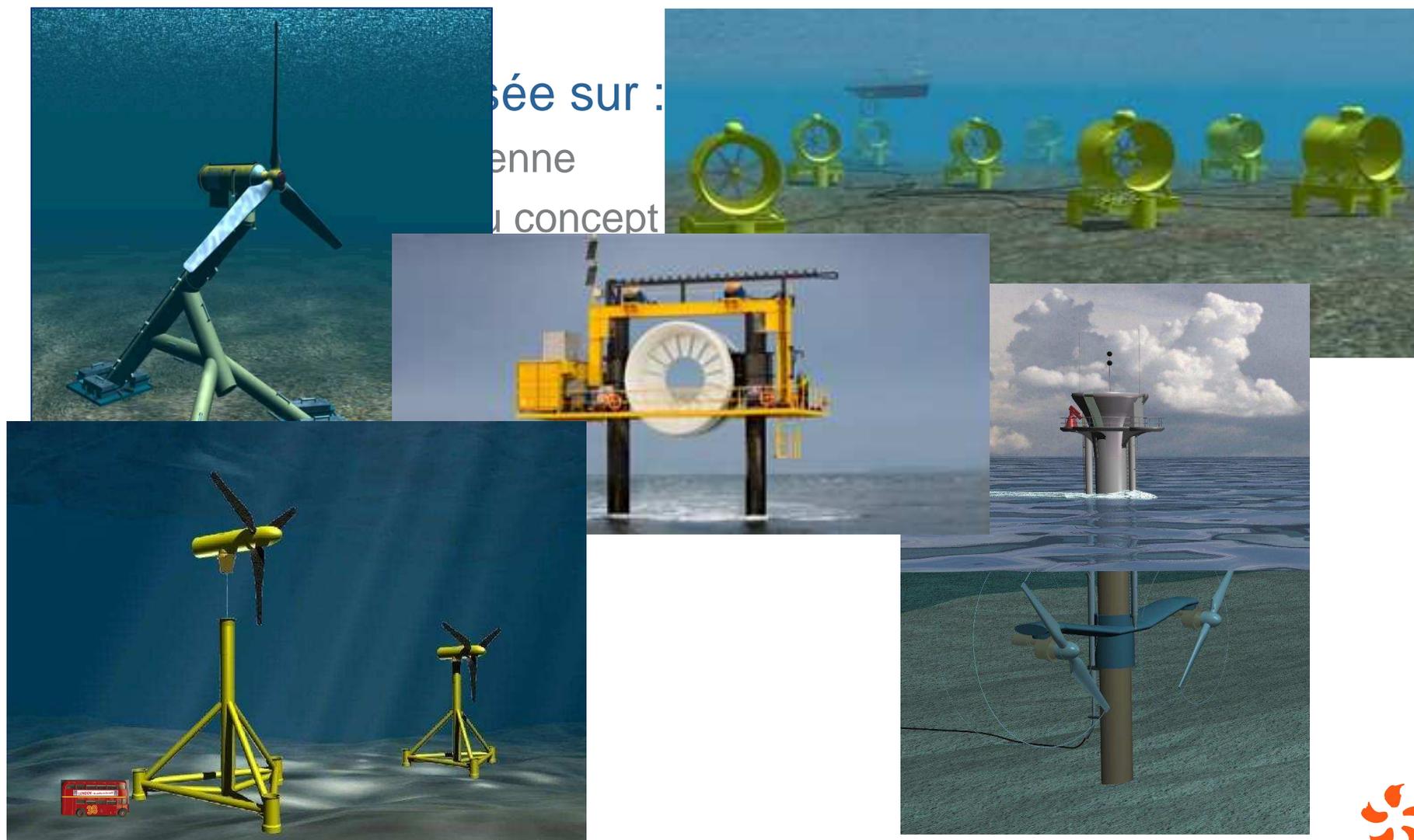
Potential power of a turbine

ρ is the fluid density (≈ 1000),
 A is the cross-sectional area of the turbine
 V is the fluid velocity
 C_p : power coefficient $\in [0.35-0.5]$
(turbine characteristics)

$$P = \frac{1}{2} \rho C_p A v^3$$



Choix du constructeur en 2008



basée sur :
enne
concept

Les projets suivis par EDF en 2010

EDF R&D

- Veille technologique ; y compris en GB – Instances Normatives ...
- Animateurs dans les instances nationales et internationales
- États des lieux - Calculs des potentiels énergétiques

EDF - DPIH

- Parc de démonstration d'hydrolienne**S**
 - R&D Écoulements et optimisation d'un type de machine
 - Développement Générateur et Convertisseur d'énergie
- HARVEST
- Projets Marémoteurs (La Rance-Siwha- Severn- Mersey-Fundy Bay)

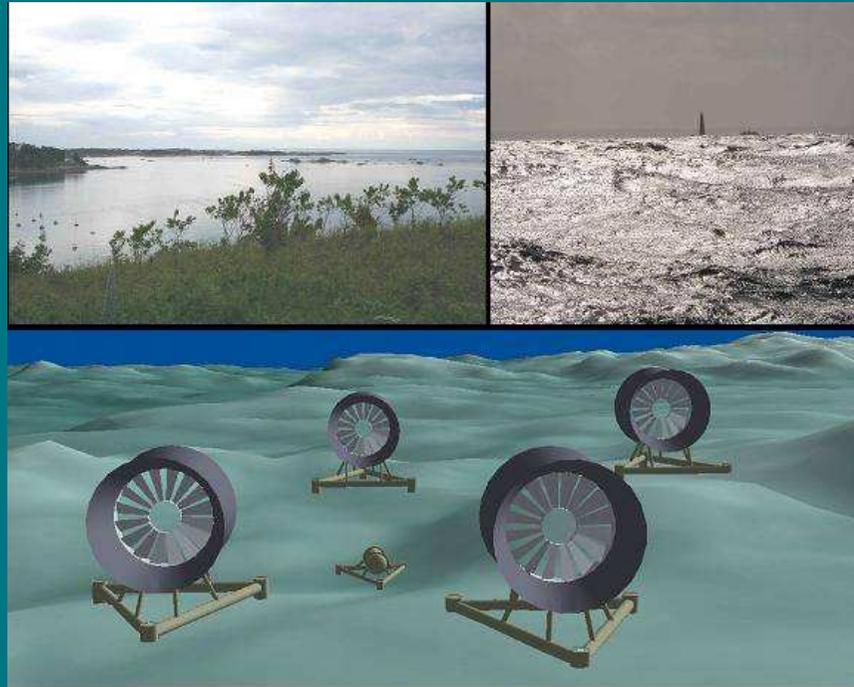
EDF Énergies Nouvelles

- CETO (houlomoteur)
- Aurigny (stand by ...)

EDF Energy (GB)

- Investissement dans le constructeur MCT

Projet pilote hydrolien de Paimpol-Bréhat



Septembre 2010 : point d'étape

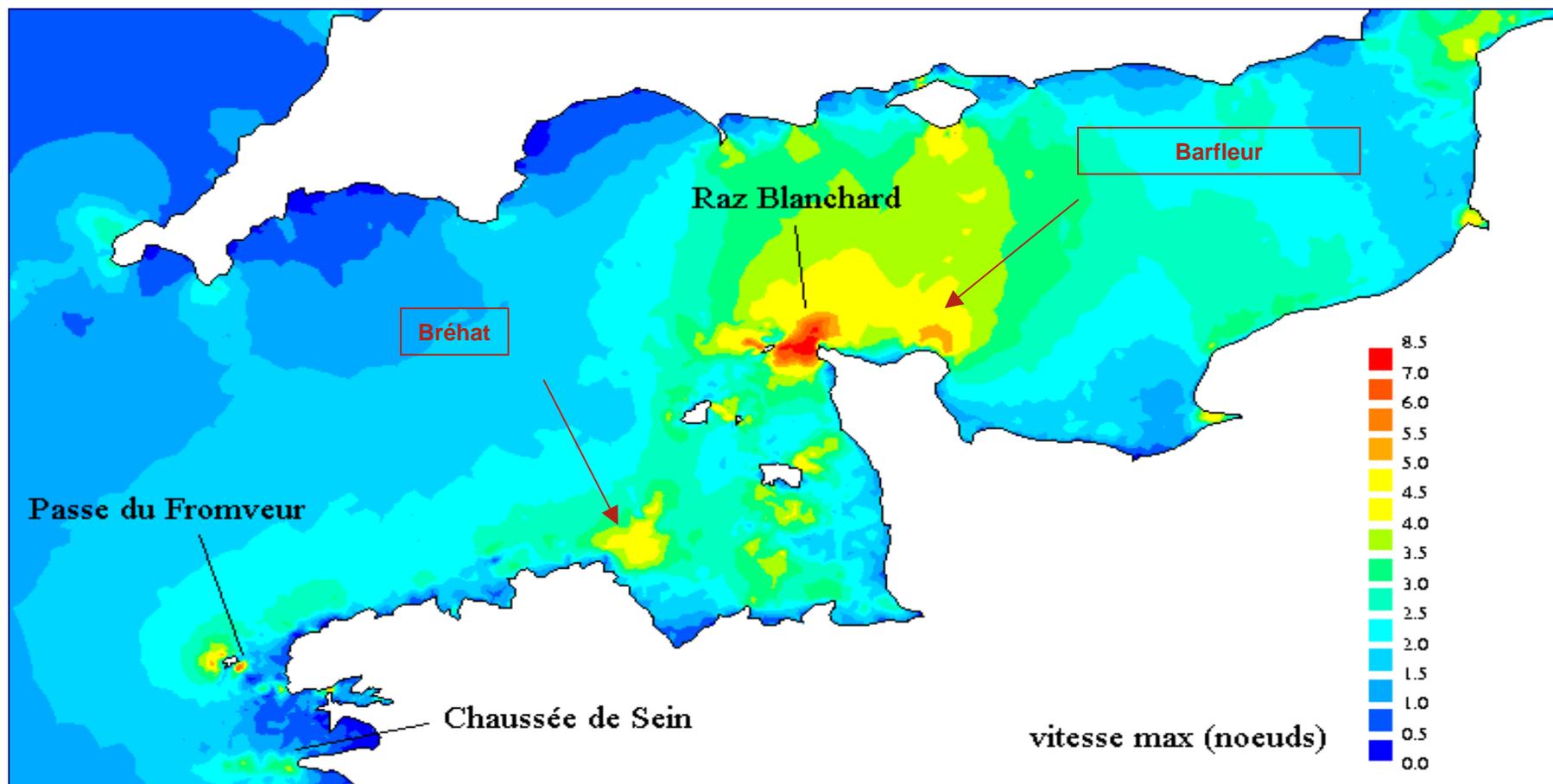
CONTENU DE LA PRESENTATION

- **1. Le site**
- **2. La technologie**
- **3. L'implantation des machines et l'atterrage**
- **4. Les procédures et la concertation**
- **5. Les problèmes techniques à résoudre**
 - **5.1 Conception**
 - **5.2 Installation et maintenance des équipements**
- **6. Synthèse partielle**

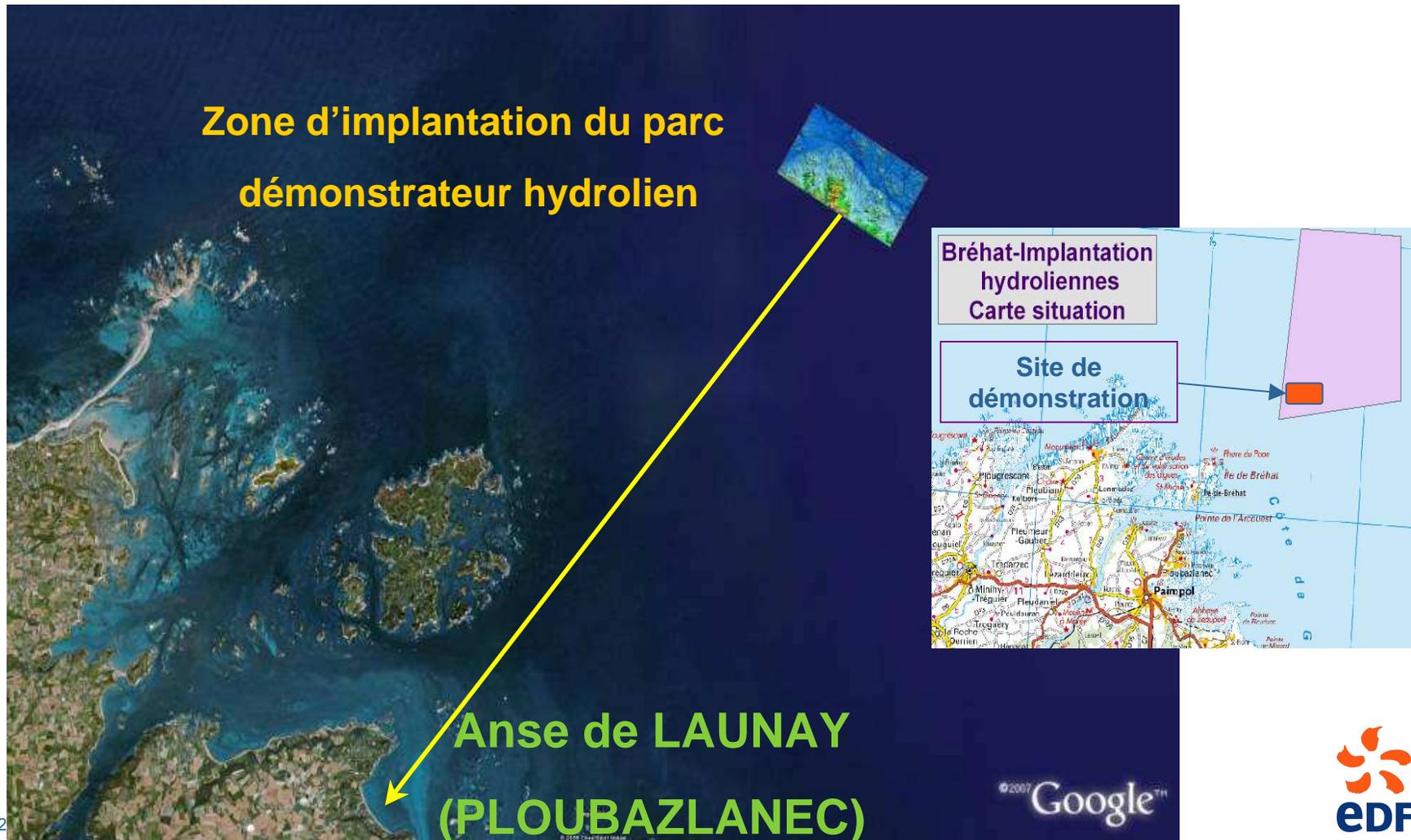
1

Le site

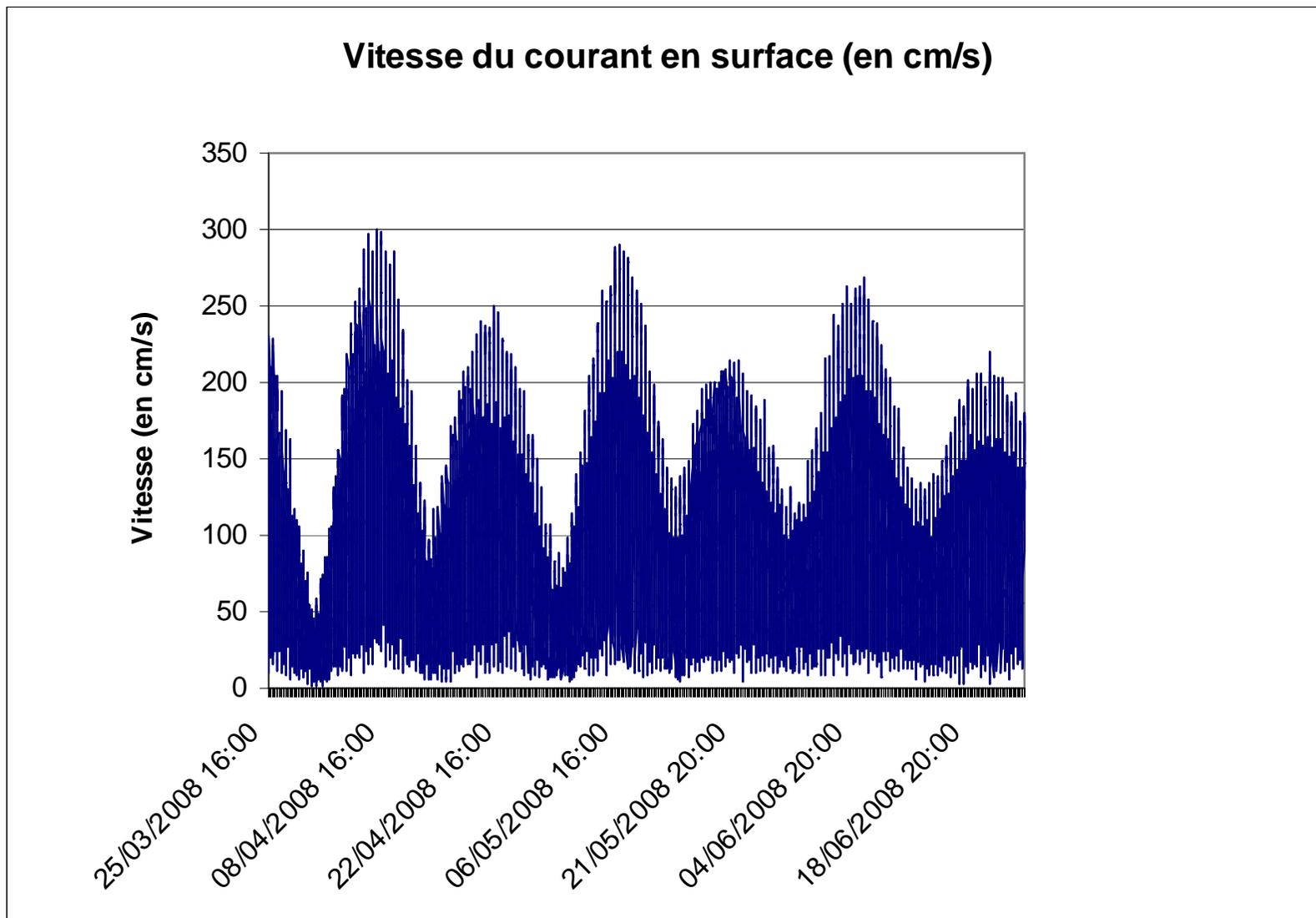
Le potentiel hydrolien français



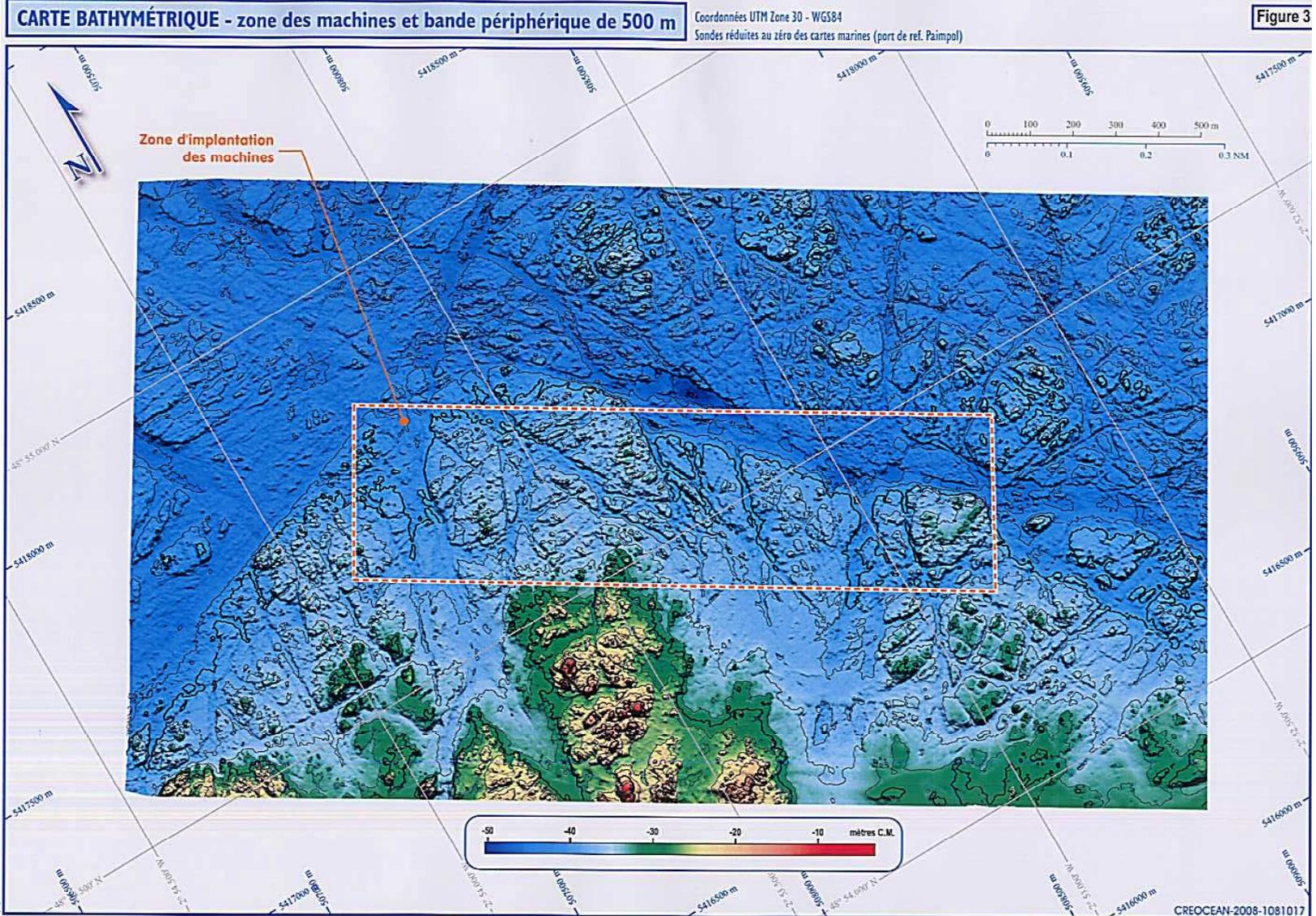
Le site retenu : Paimpol-Bréhat



Courantologie



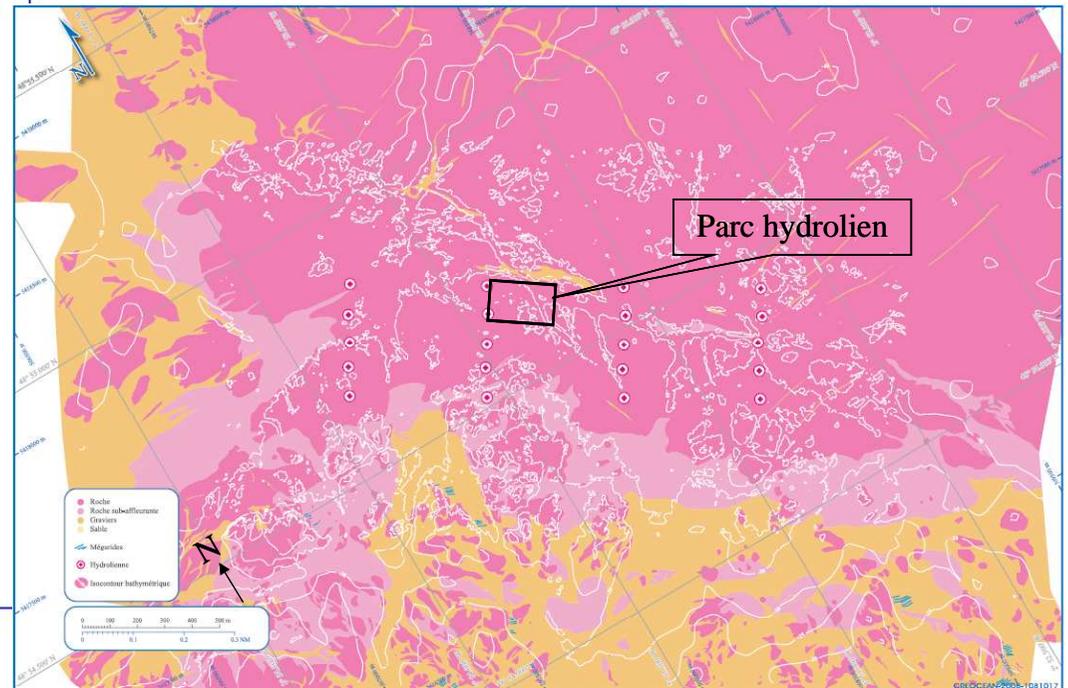
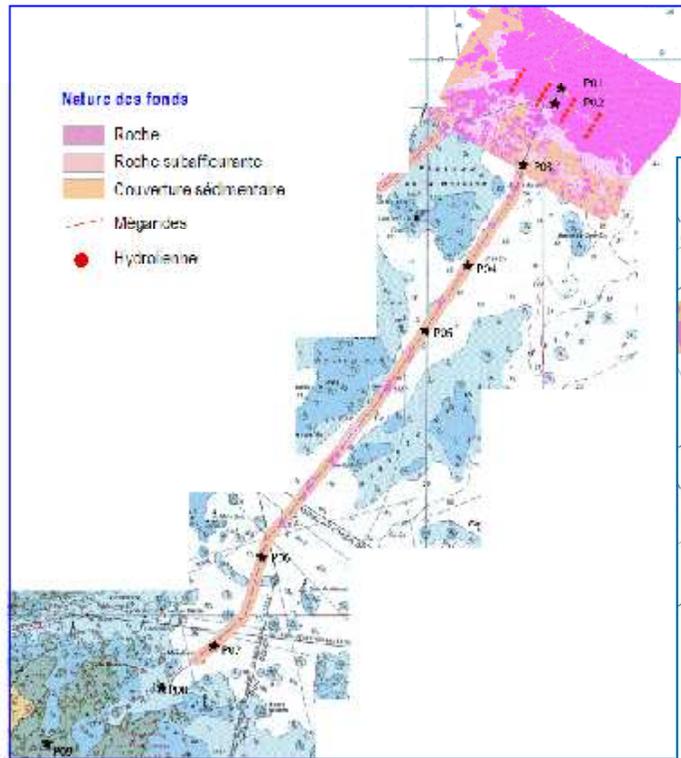
Bathymétrie



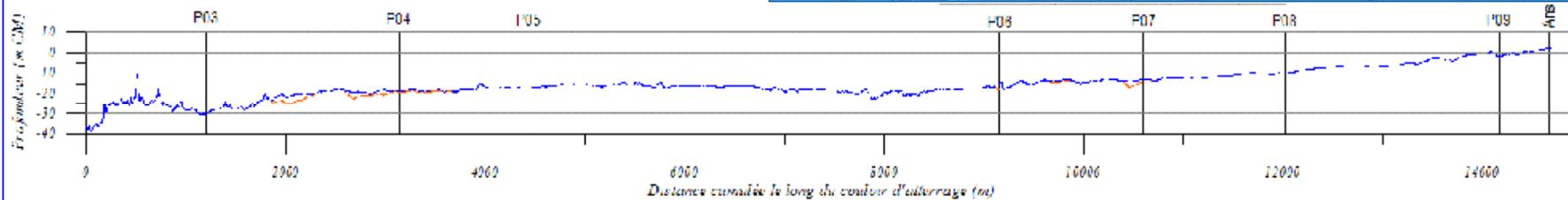
Géologie

Sismique (Avril-Juin 2008)

COULOIR D'ATERRAGE SUD- Proposition d'échantillonnage



Coupe bathymétrique et épaisseur de sédiments issue de l'interprétation sismique



2

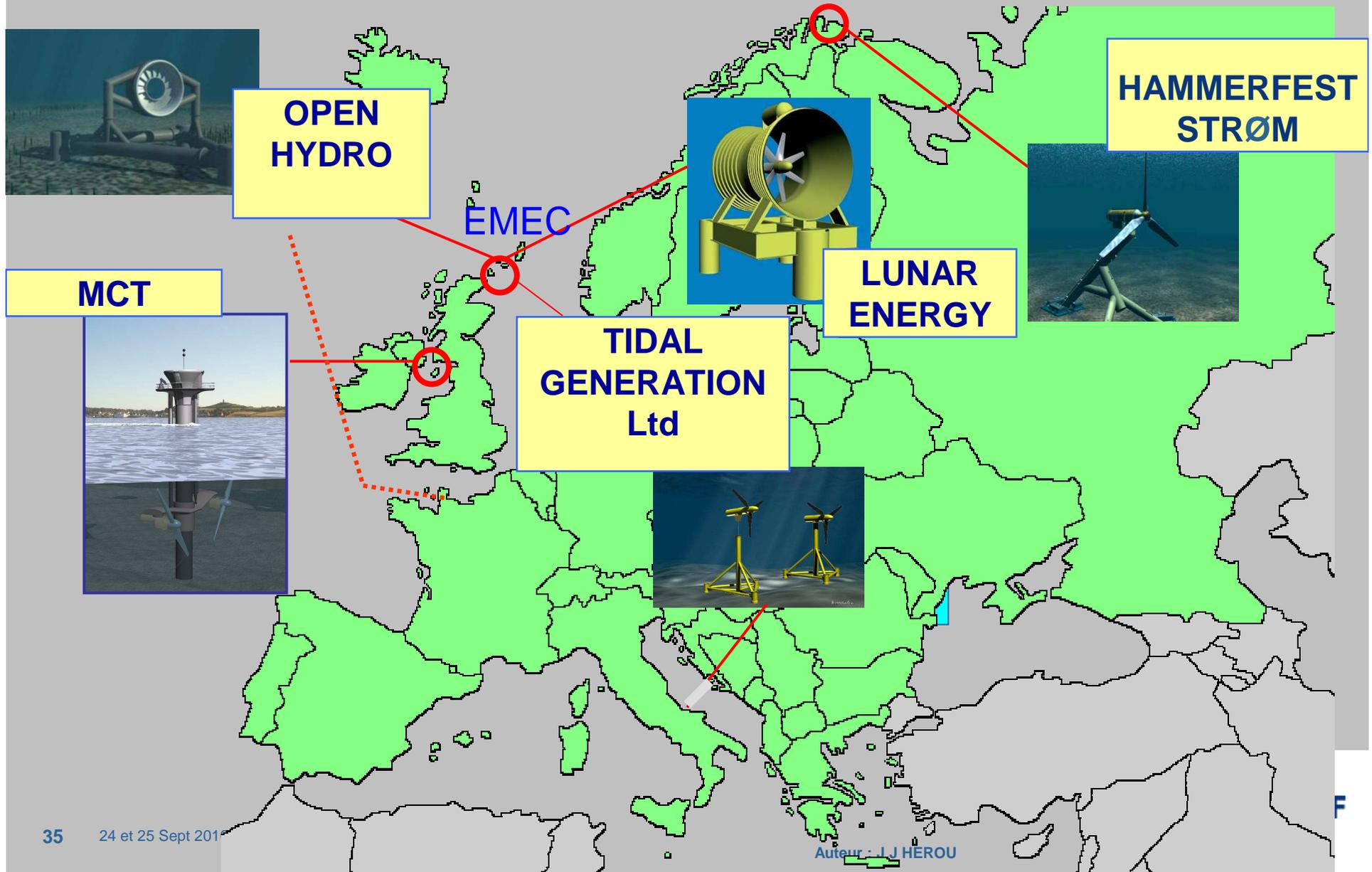
La technologie

Choix d'une technologie

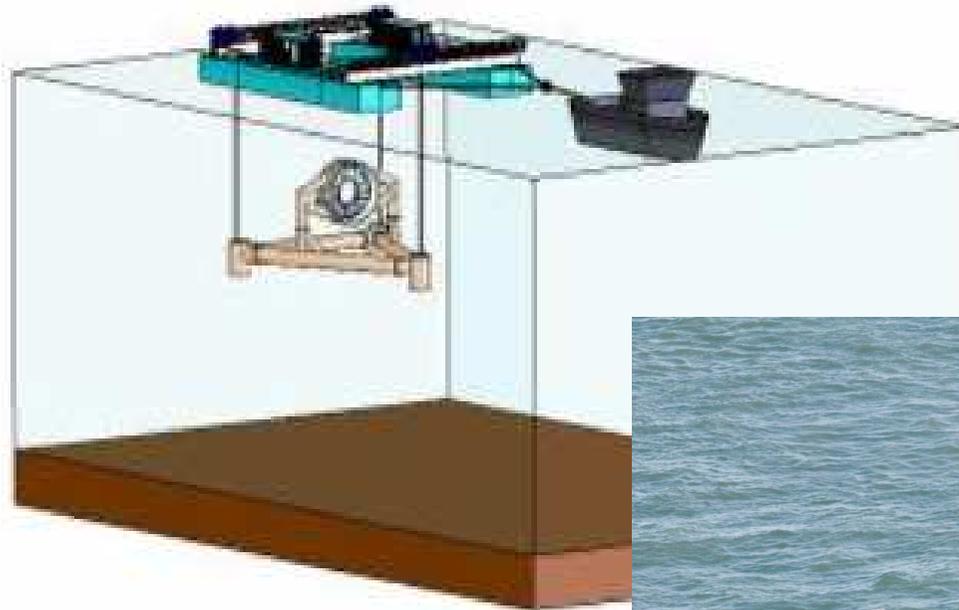
Choix par élimination basé sur :

- **L'éligibilité du constructeur (organisation interne, santé financière, partenaires sérieux, volonté de travailler avec EDF...)**
- **L'éligibilité de la technologie (méthodes de conception et d'ingénierie, analyse du REX du prototype, évaluation du produit industriel, évolutions prévues...)**
- **L'adéquation du produit au site et au projet Bréhat (caractéristiques techniques, contraintes d'installation et de raccordement, disponibilité à la date souhaitée...)**
- **Les critères économiques (pour information ou décision finale) : performances attendues, production, conditions de maintenance, coûts d'investissement et d'exploitation...)**

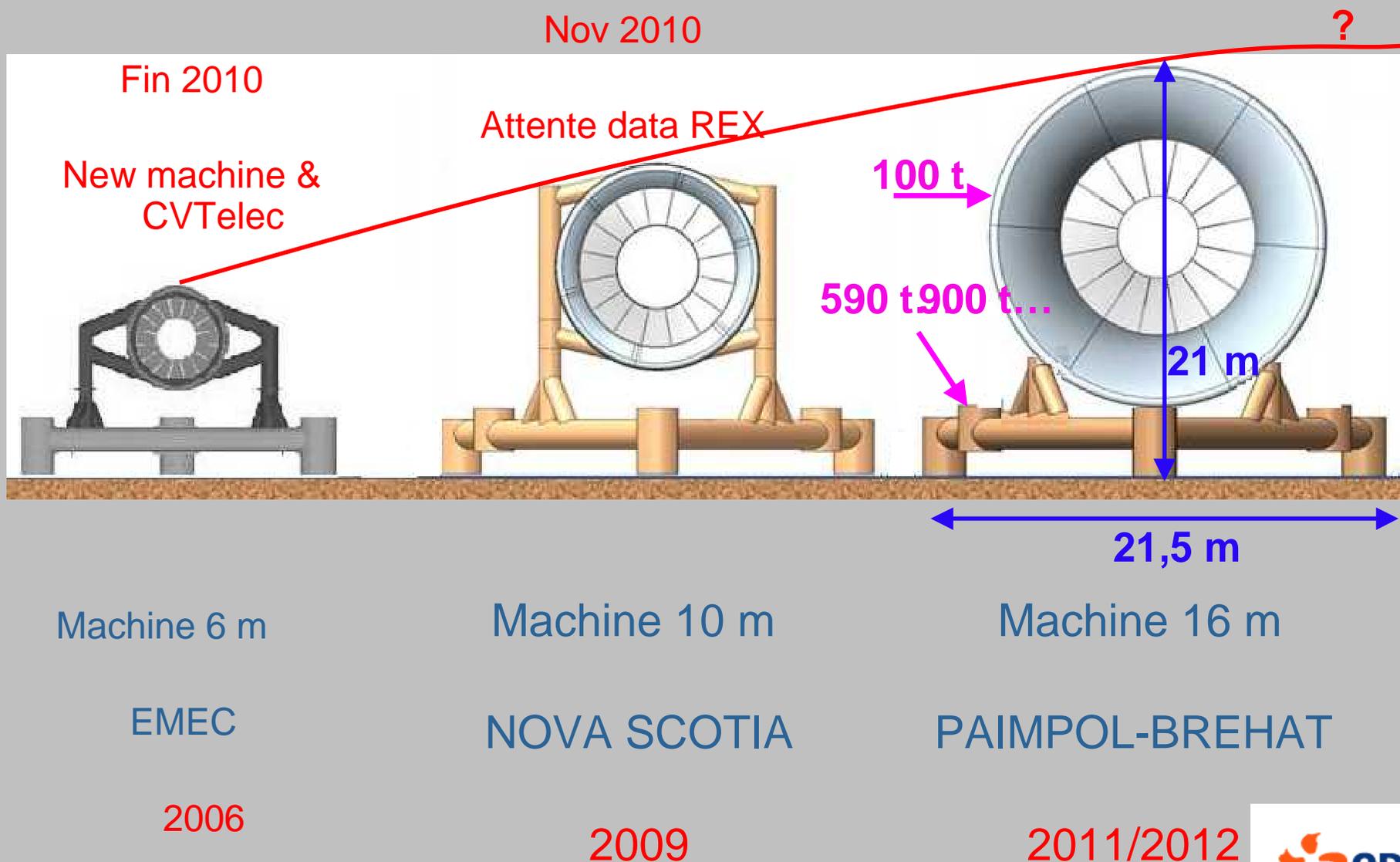
Sélection



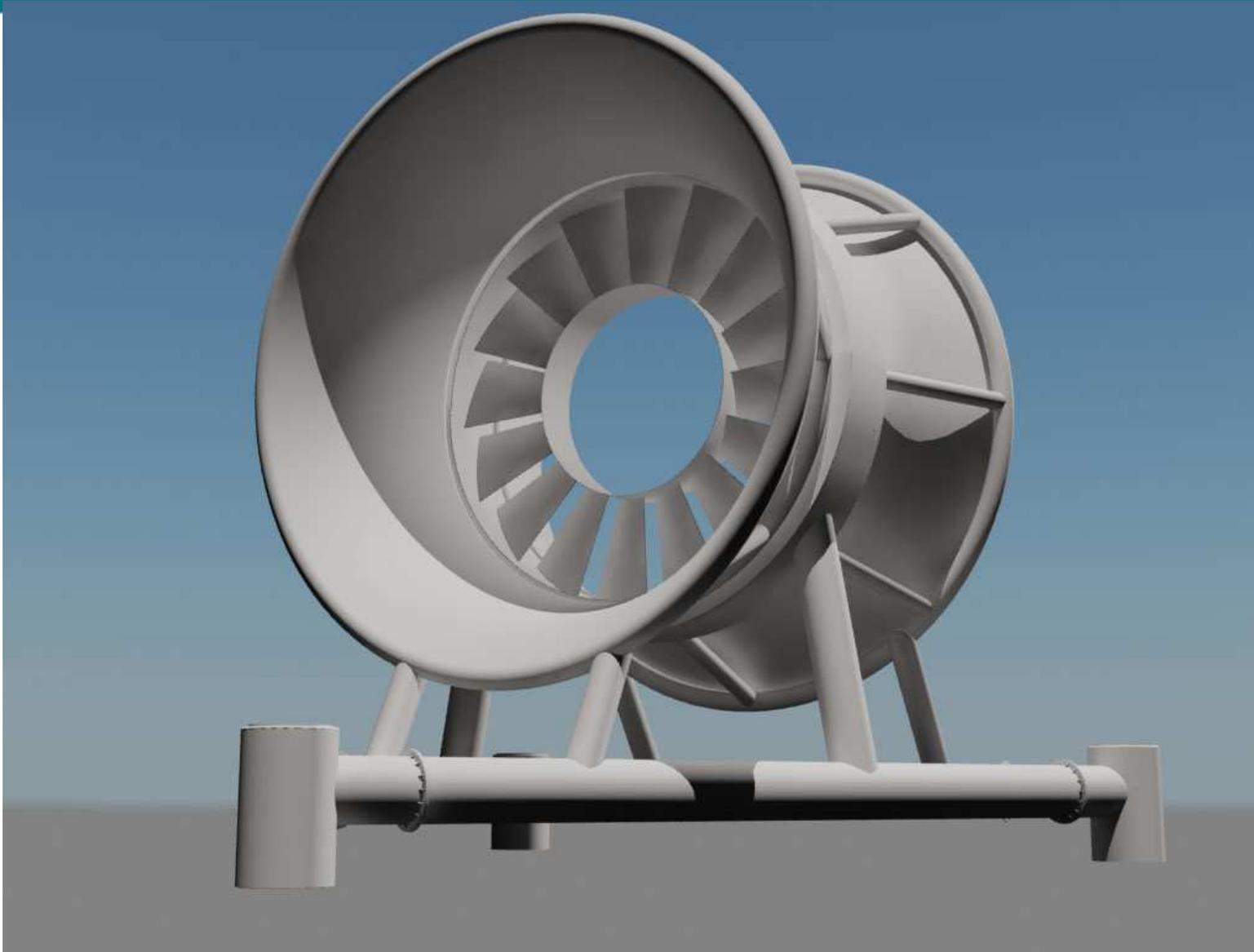
Machine OpenHydro : Plans et Photos (machine 6m)



Développement

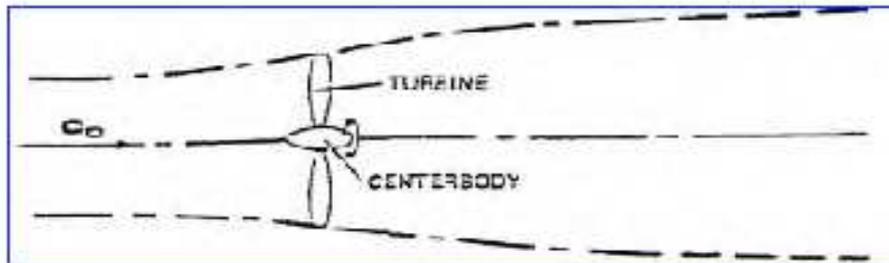


Machine OpenHydro OCT-16



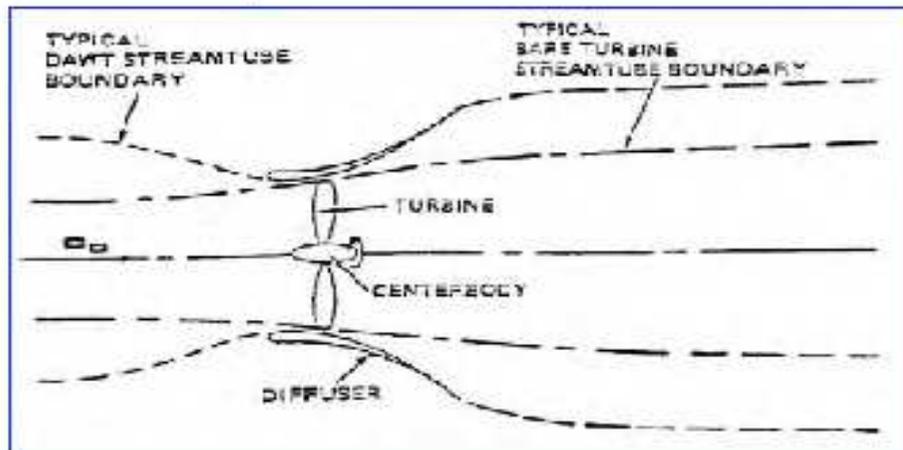
Sous classe de turbine : mue par la force de portance

Limite de Betz : Limite maximale de la puissance récupérable :



$$\eta_{\max} = 60\%$$

Principe de fonctionnement : concentration du débit passant dans l'hydrolienne

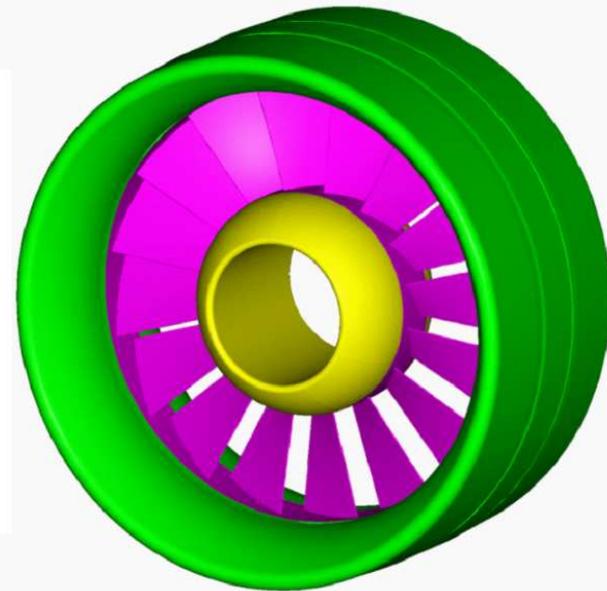


Optimisation hydraulique

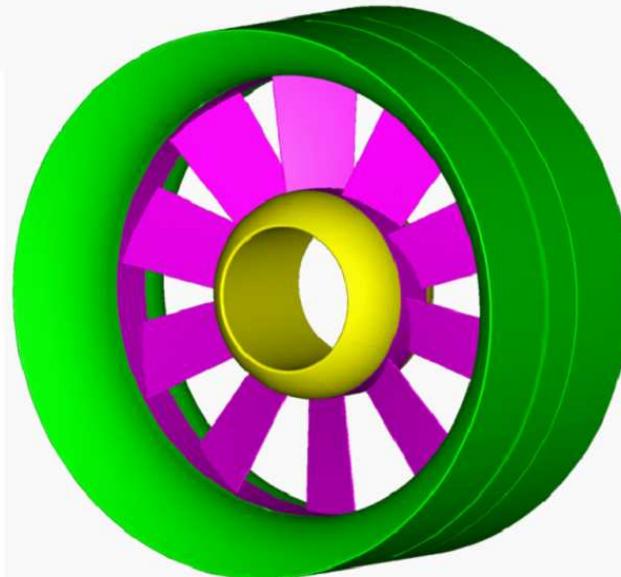


OCT-06-04

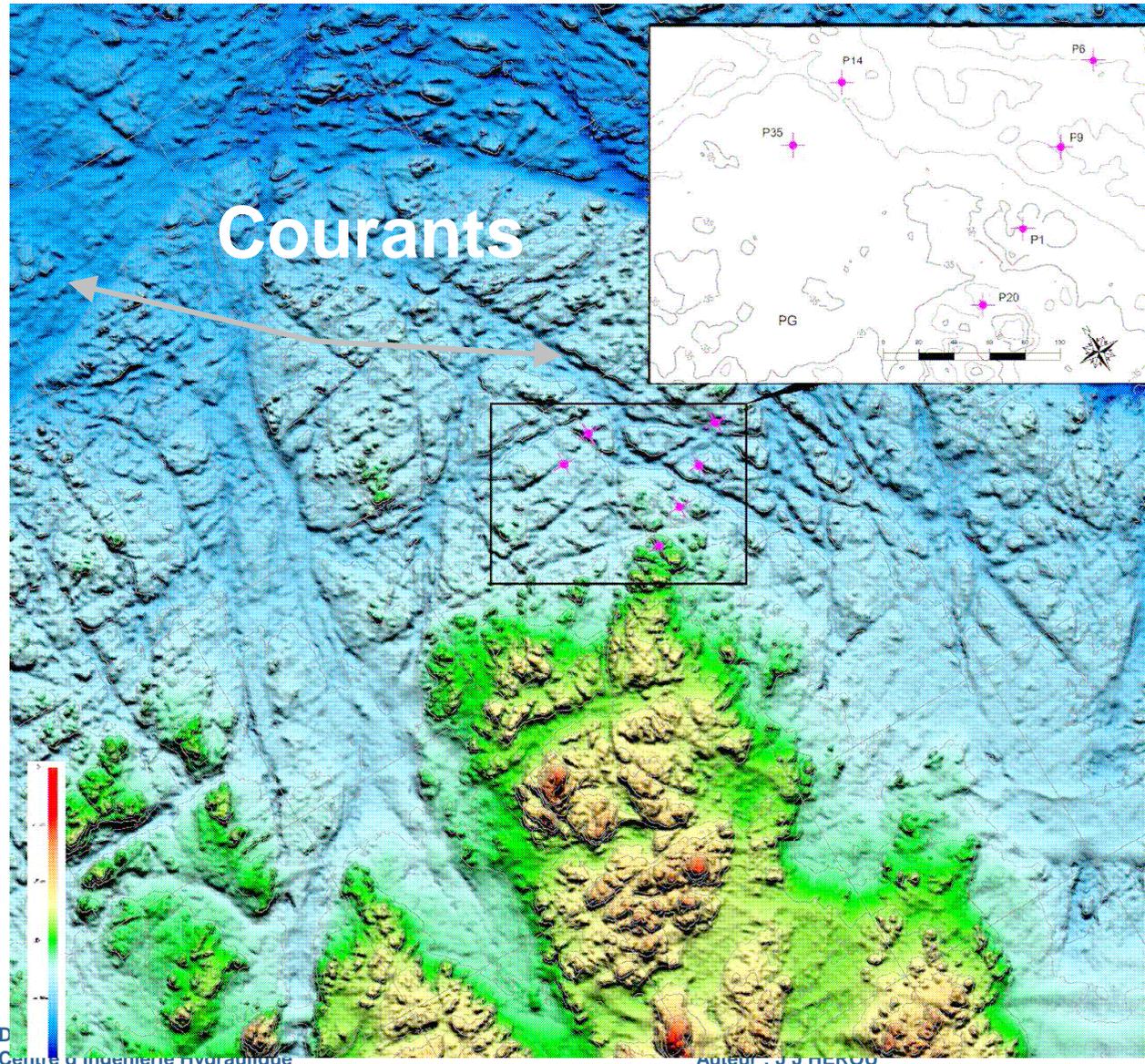
OCT-06-06



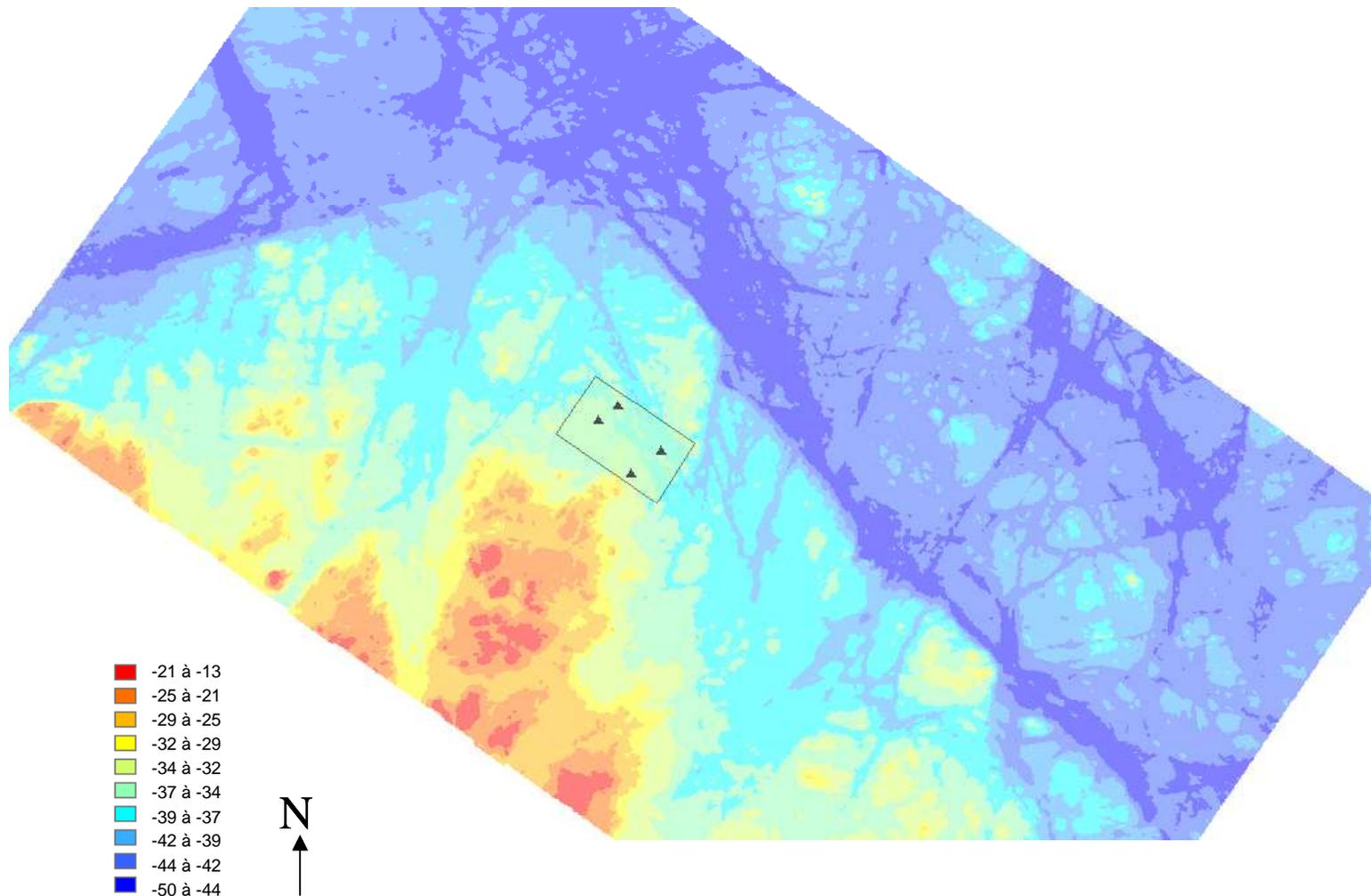
OCT-06-05



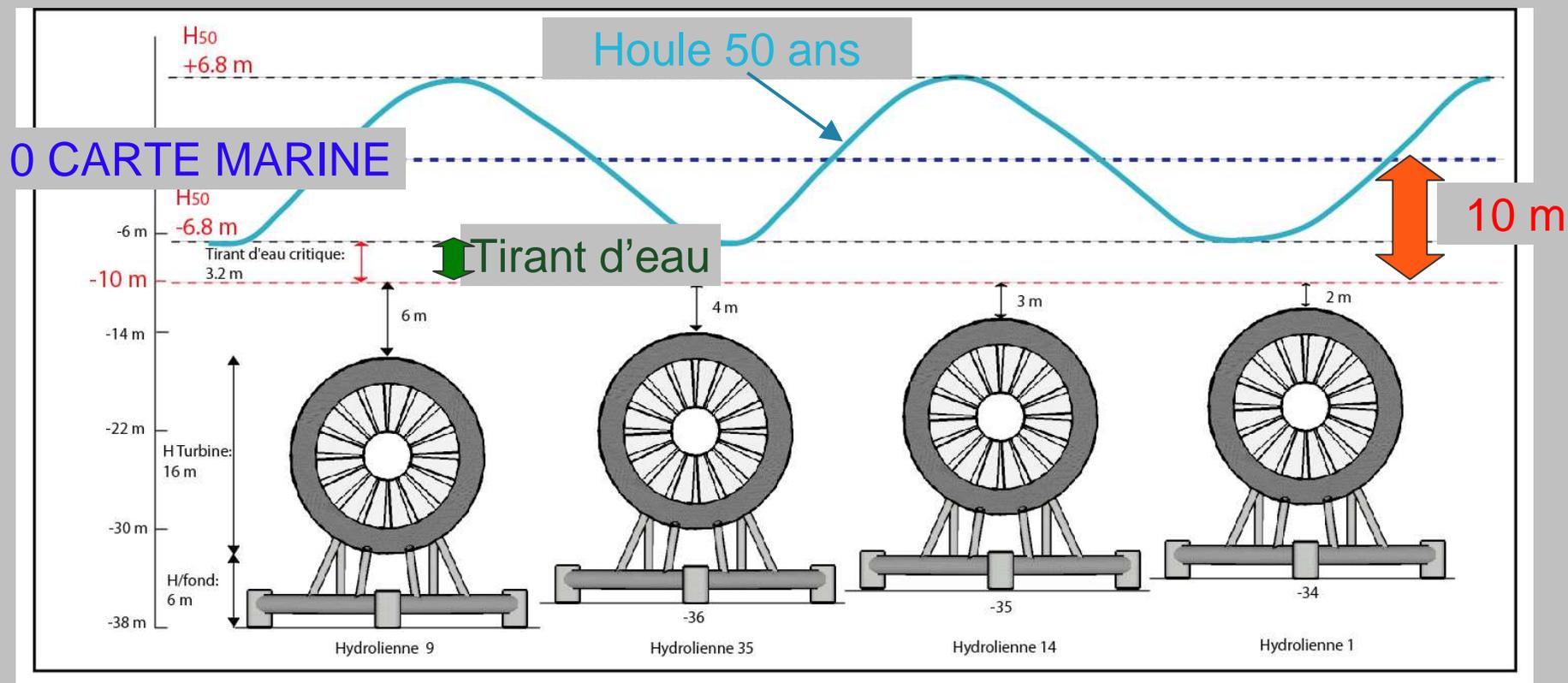
Choix de l'implantation



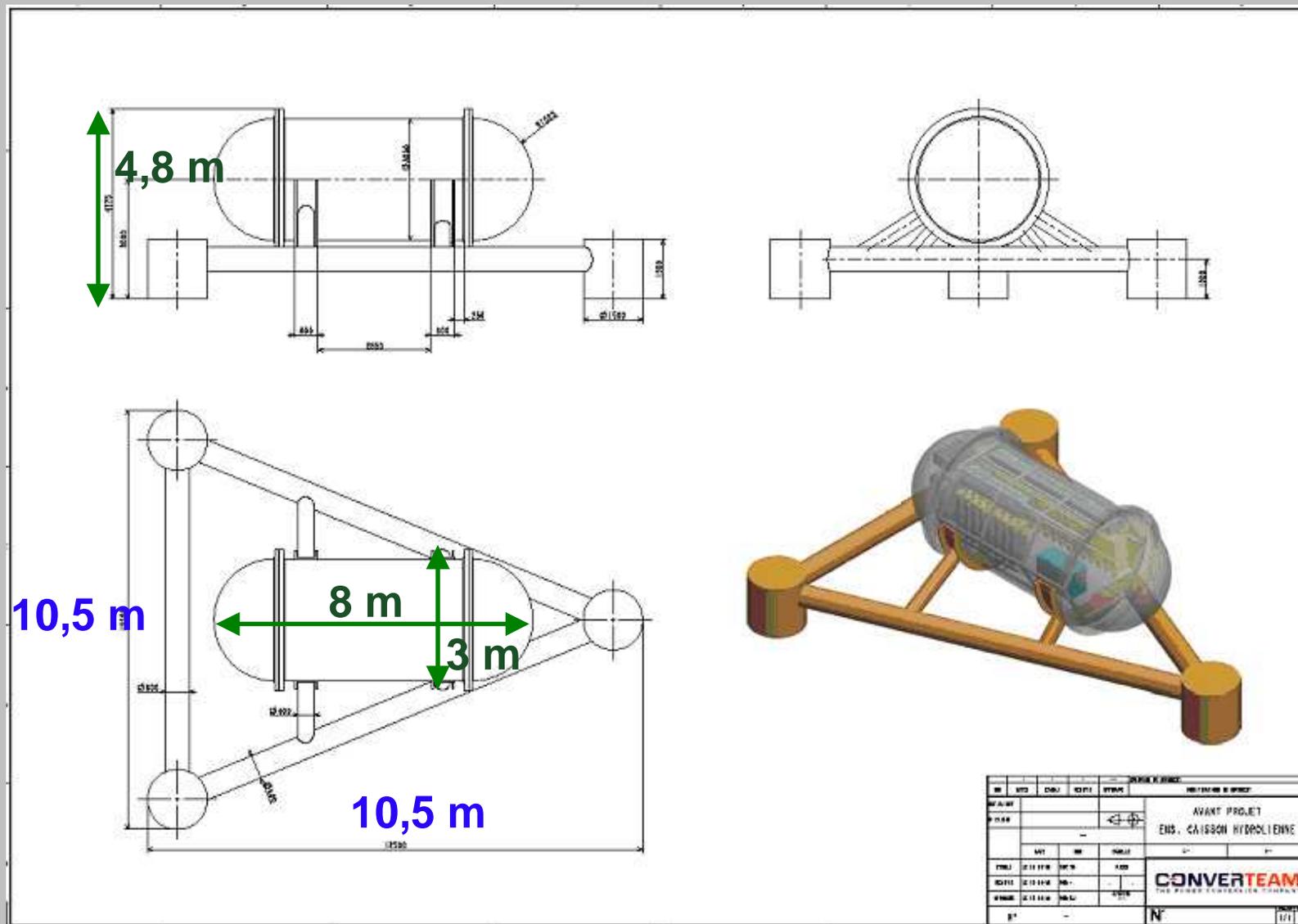
Localisation précise des hydroliennes



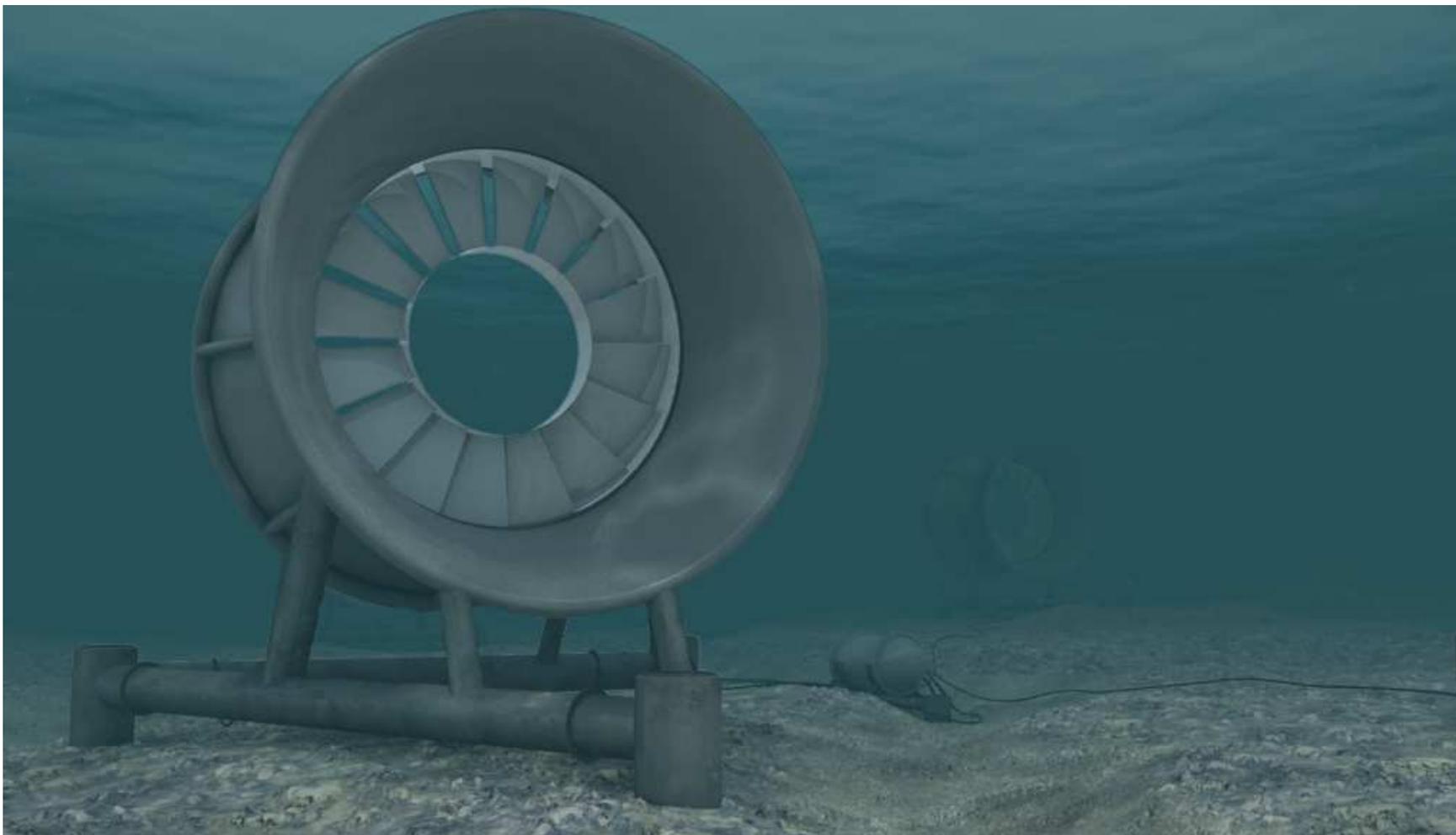
Position (Z) précise des machines



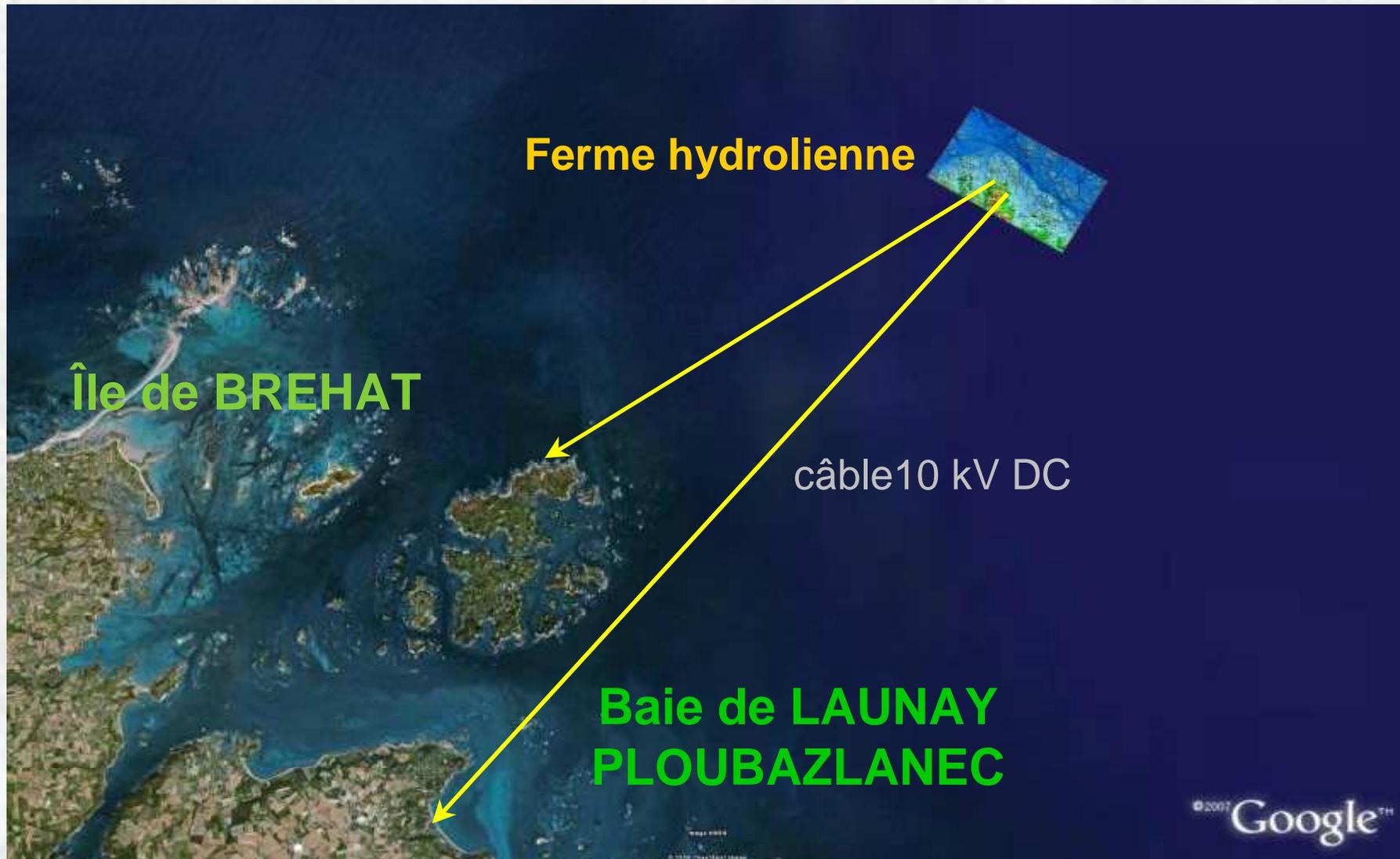
Poste de conversion (Structure immergée)



Vue 3D du parc d'hydroliennes



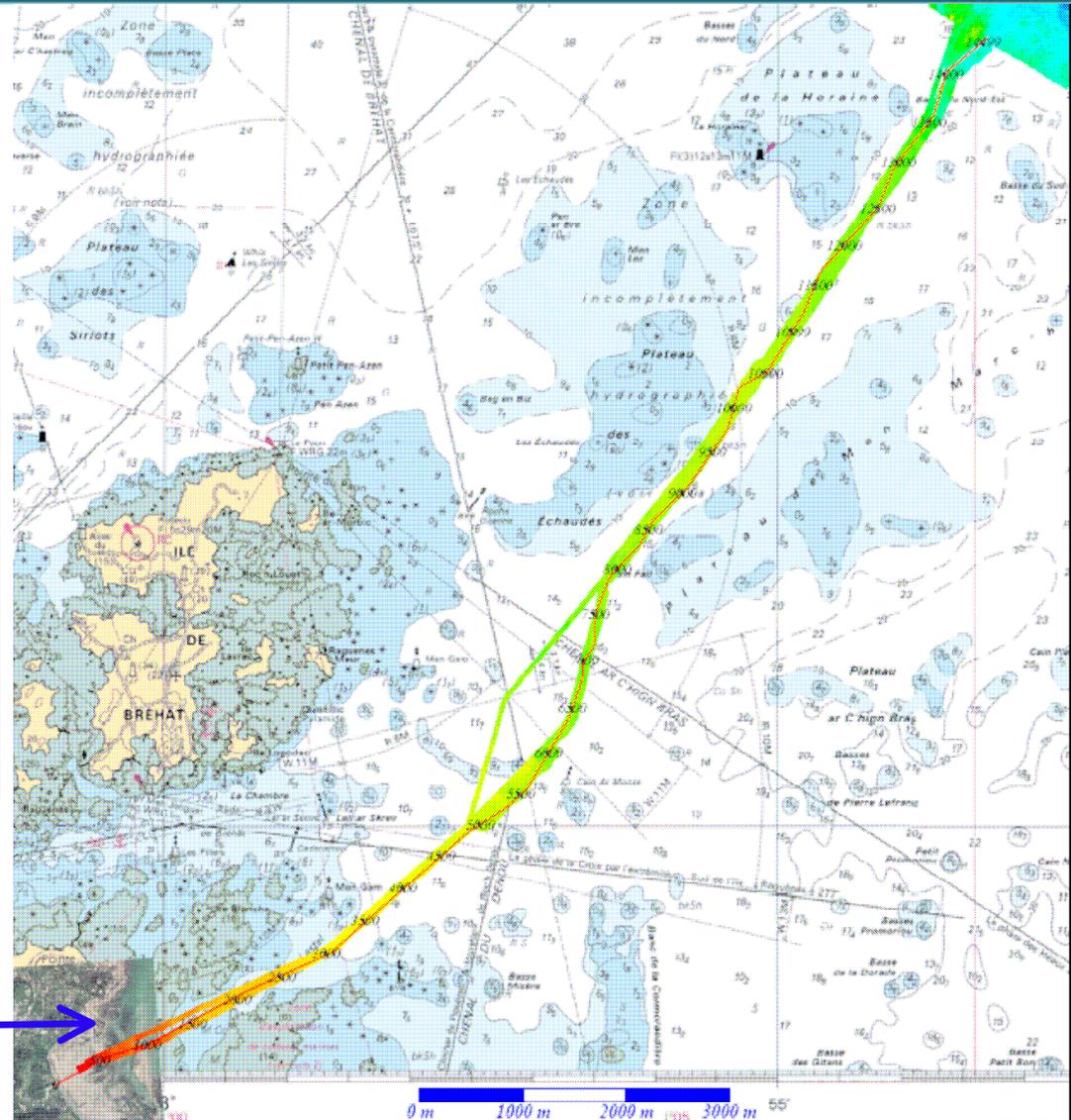
Options pour la connexion au réseau



3

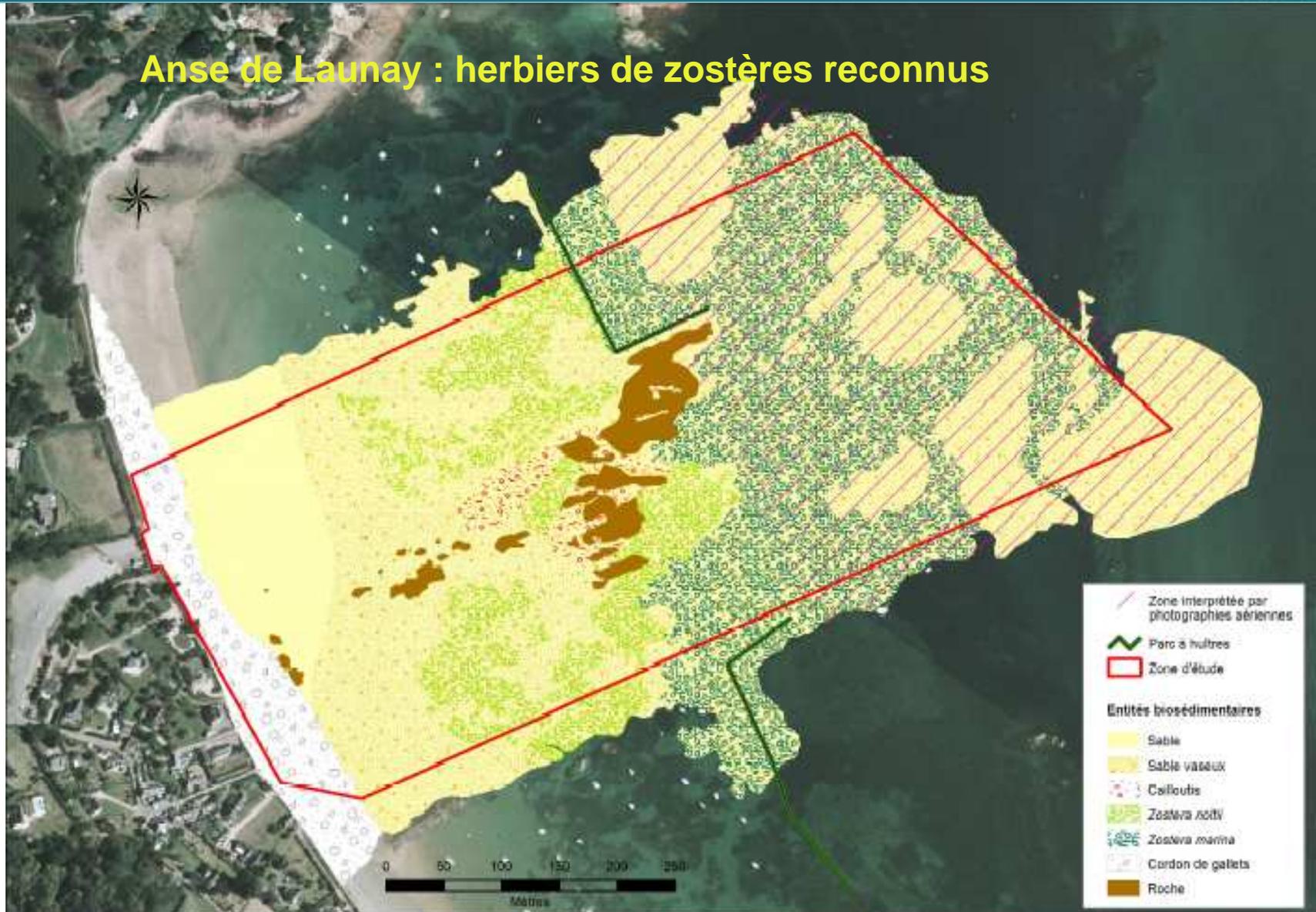
L'implantation des machines et l'atterrage

Route du câble



Tronçons d'approche

Anse de Launay : herbiers de zostères reconnus



Parking communal de LAUNAY



4

Les procédures et la concertation

Effet du projet sur l'environnement

PHASE TRAVAUX

Travaux de très courte durée et impacts très localisés et temporaires sur les différents compartiments

PHASE EXPLOITATION :

Impacts mineurs et négligeables

MESURES

- **REDUCTION ET SUPPRESSION**
- **COMPENSATOIRES**
- **D'ACCOMPAGNEMENT**

Procédures

Concession d'occupation du DPM,

Déclaration Loi sur l'énergie,

Autorisation Loi sur l'eau,

Permis de construire.

**ENQUÊTE PUBLIQUE CLOSE : AVIS POSITIF DE LA
COMMISSION D'ENQUÊTE**

Concertation

- **Groupe de liaison,**
- **Comité des Pêches,**
- **Ostréiculteurs,**
- **Municipalité de Ploubazlanec,**
- **Riverains de Launay,**
- **Réunions publiques.**

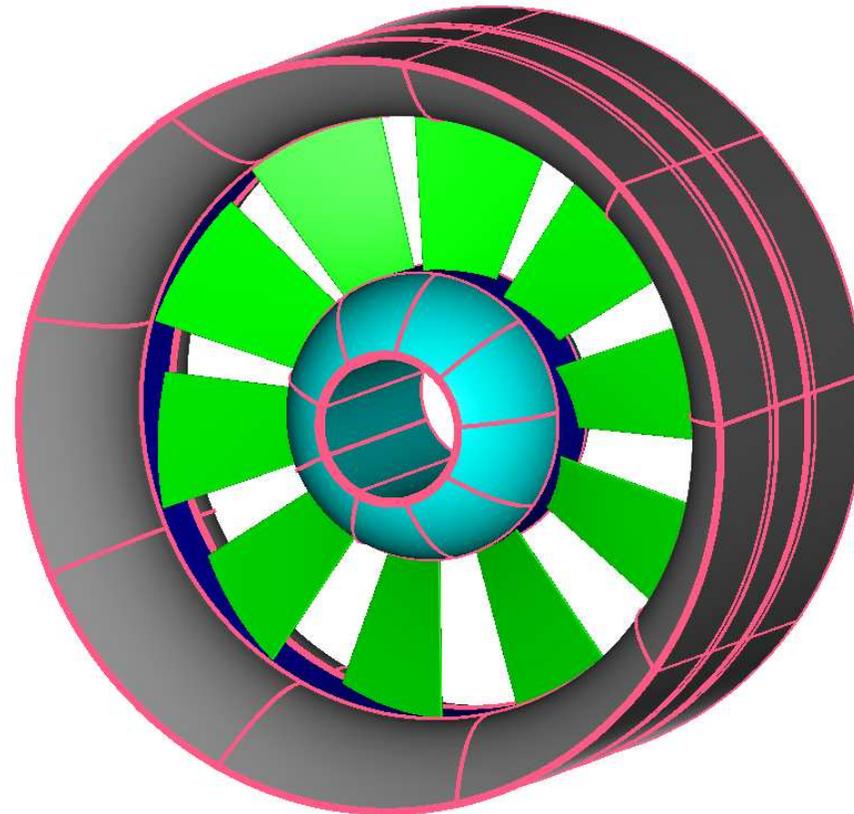
5

Optimisation des machines

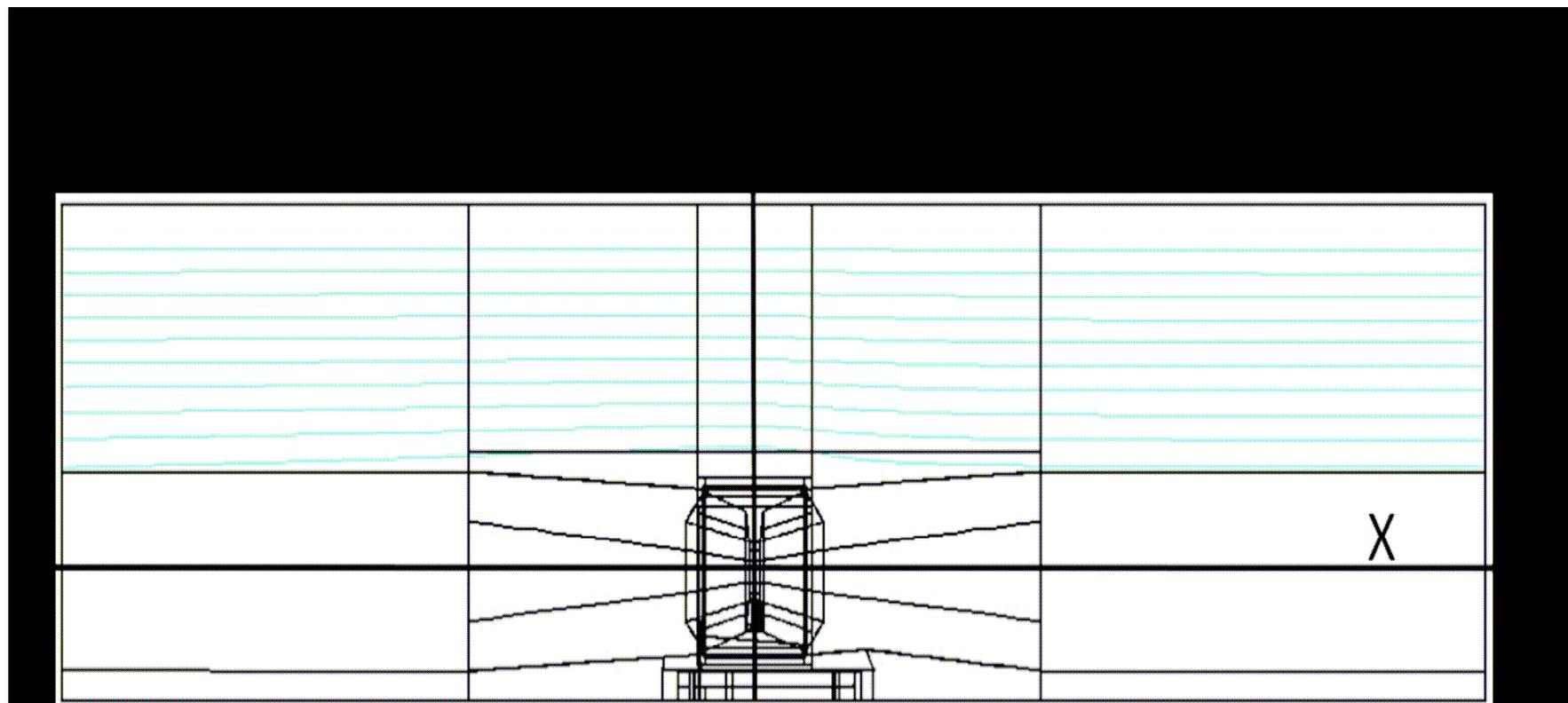
Études paramétriques des géométries

OPTIMISATION 2010

- Diam Roue
- Nbe de pales et superposition
- Profil optimal 2 sens
- Venturi externe
- Diam Trou et effet
 - Tracé du venturi interne
- Impact sillage et surface libre



Wake effects

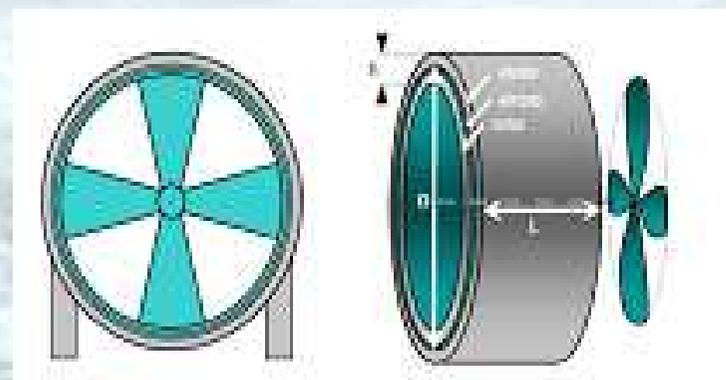


Topologie du générateur électrique

Emerging specific developments

• Rim driven concept

- Already studied for ship propellers
- A PM direct driven generator is integrated in the nozzle of a ducted horizontal axis turbine.
- PM are stuck on a rim at the periphery of the blades



Principe : Rotor and Stator

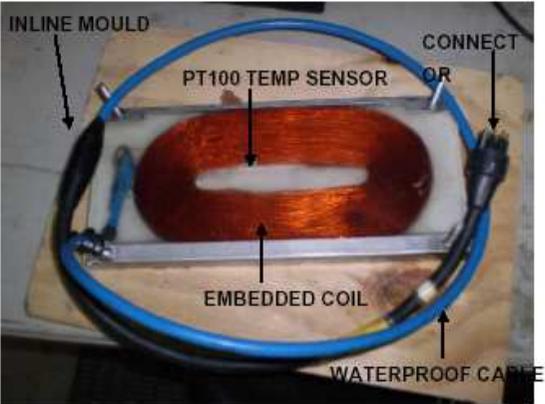
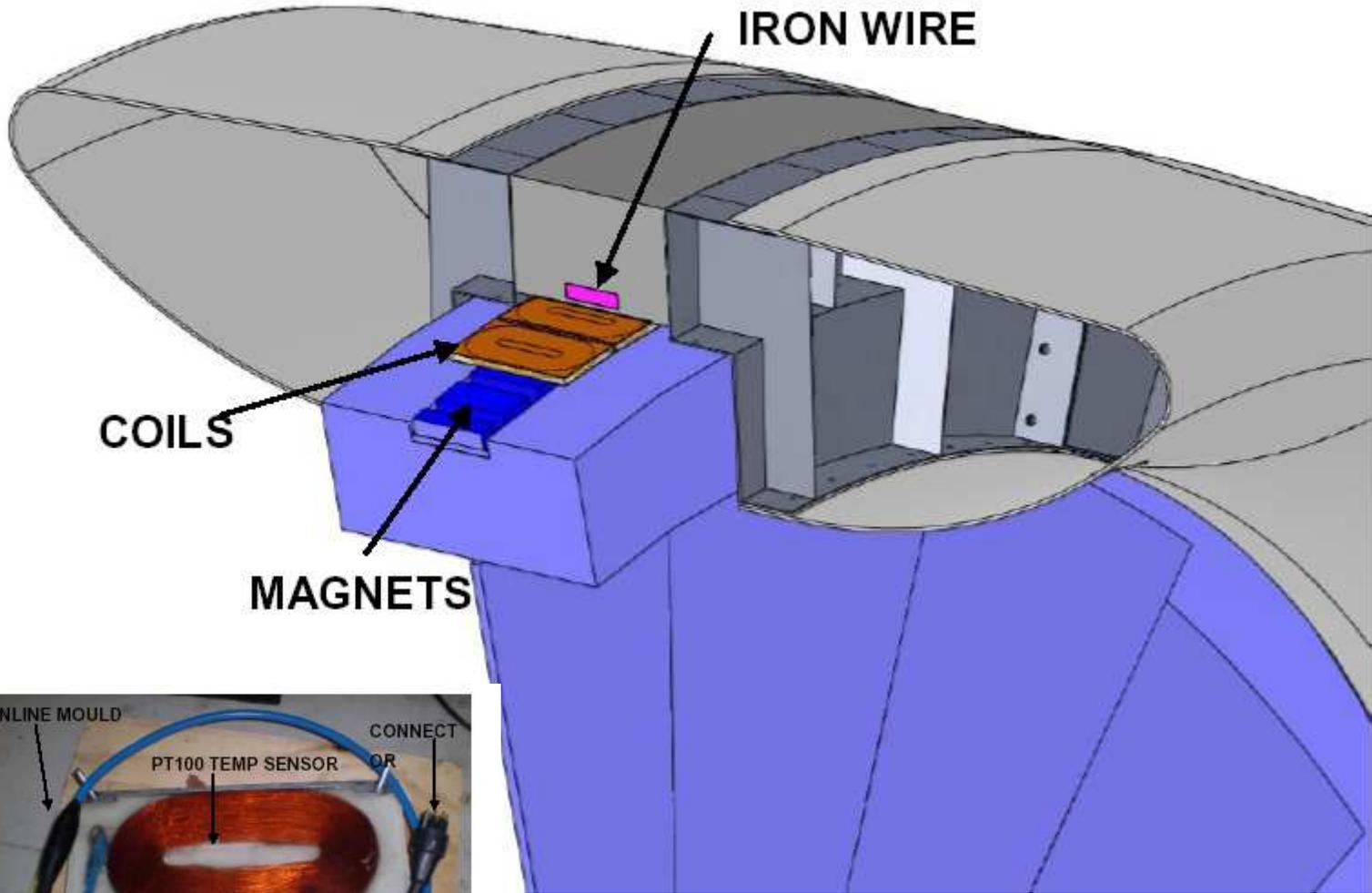
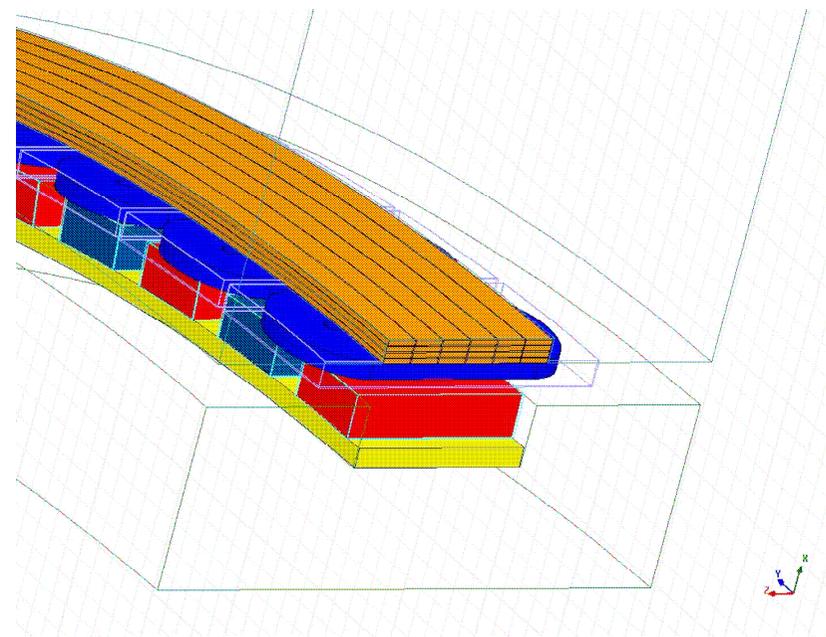
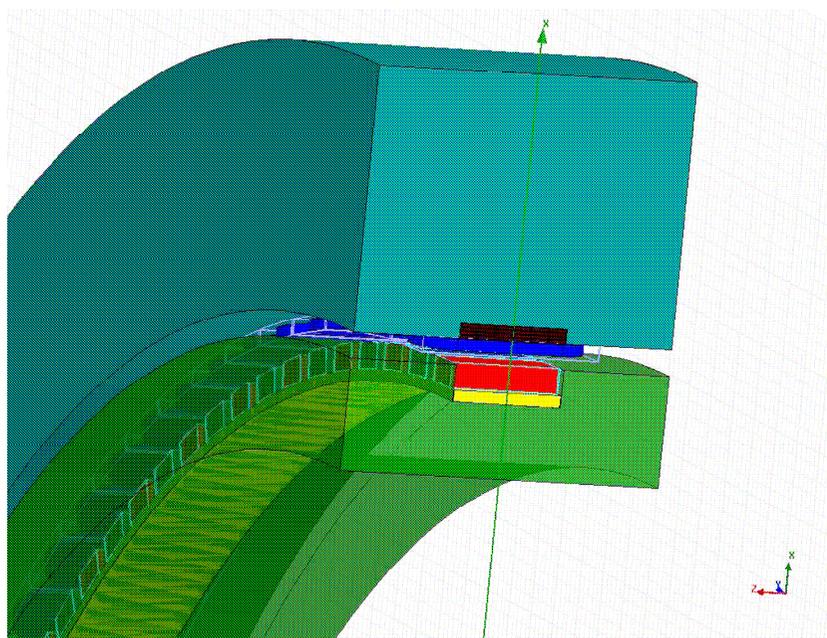


Figure 2: Photo of completed water proof coil with water tight connector

Générateur PMSG

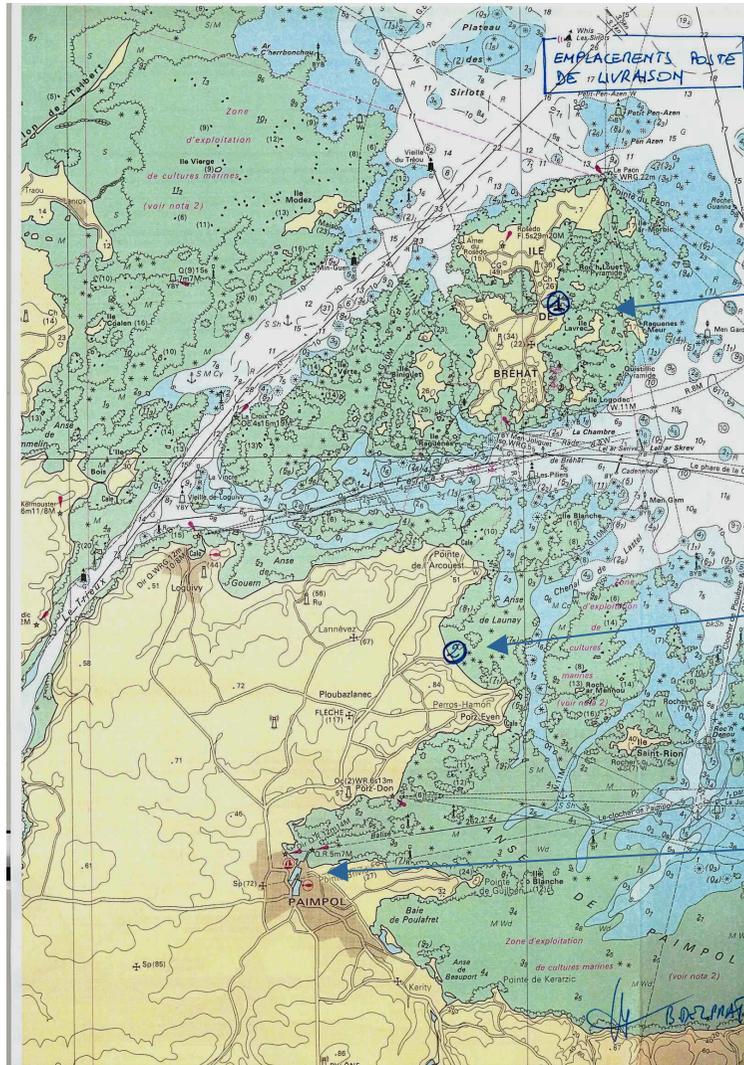
Rotor à aimants permanents & coils



Entrefer = Eau de mer Gap contrôlé

Plan de situation :

liaison réseaux HTA & HTB

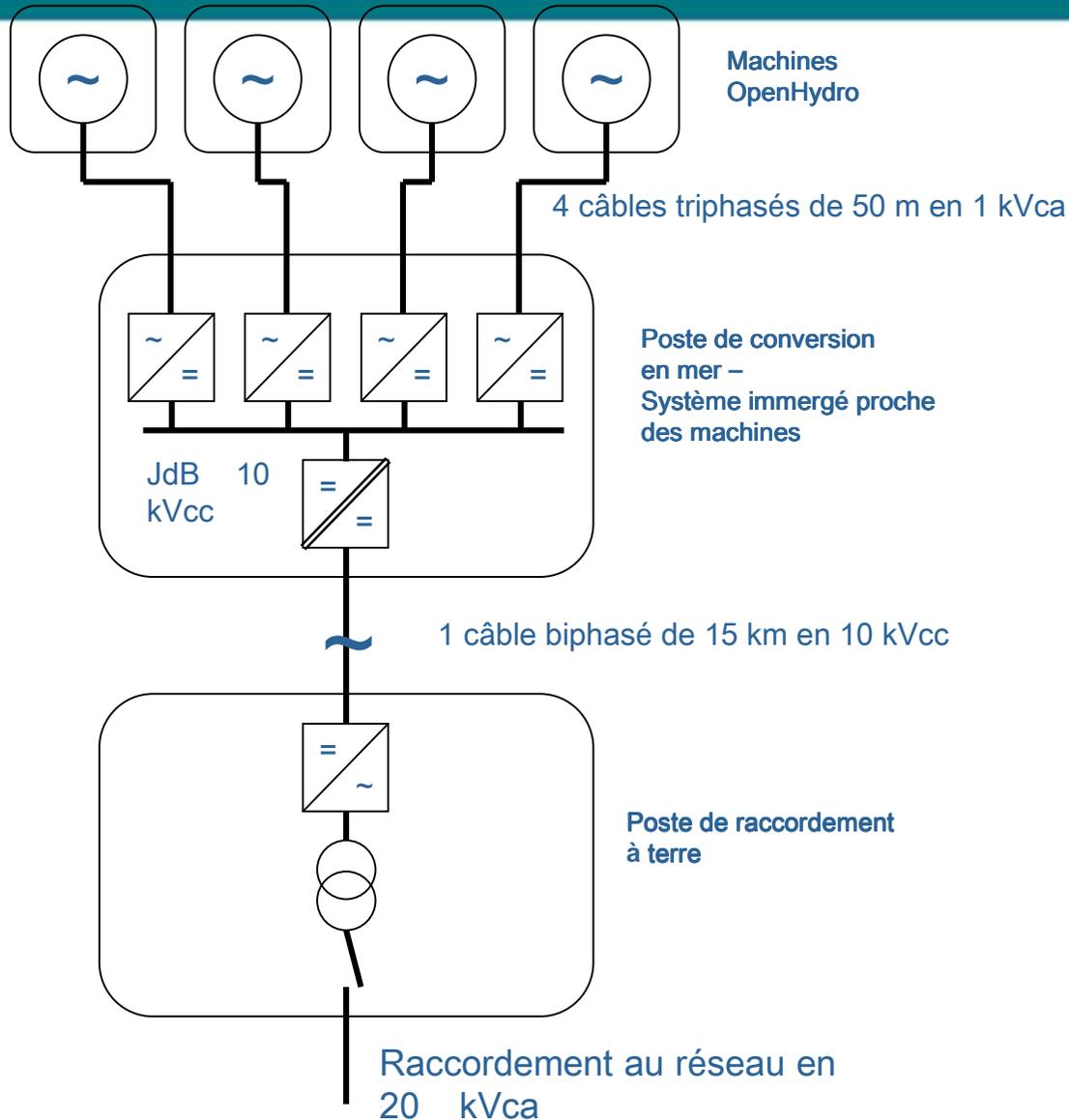


Ile de Bréhat

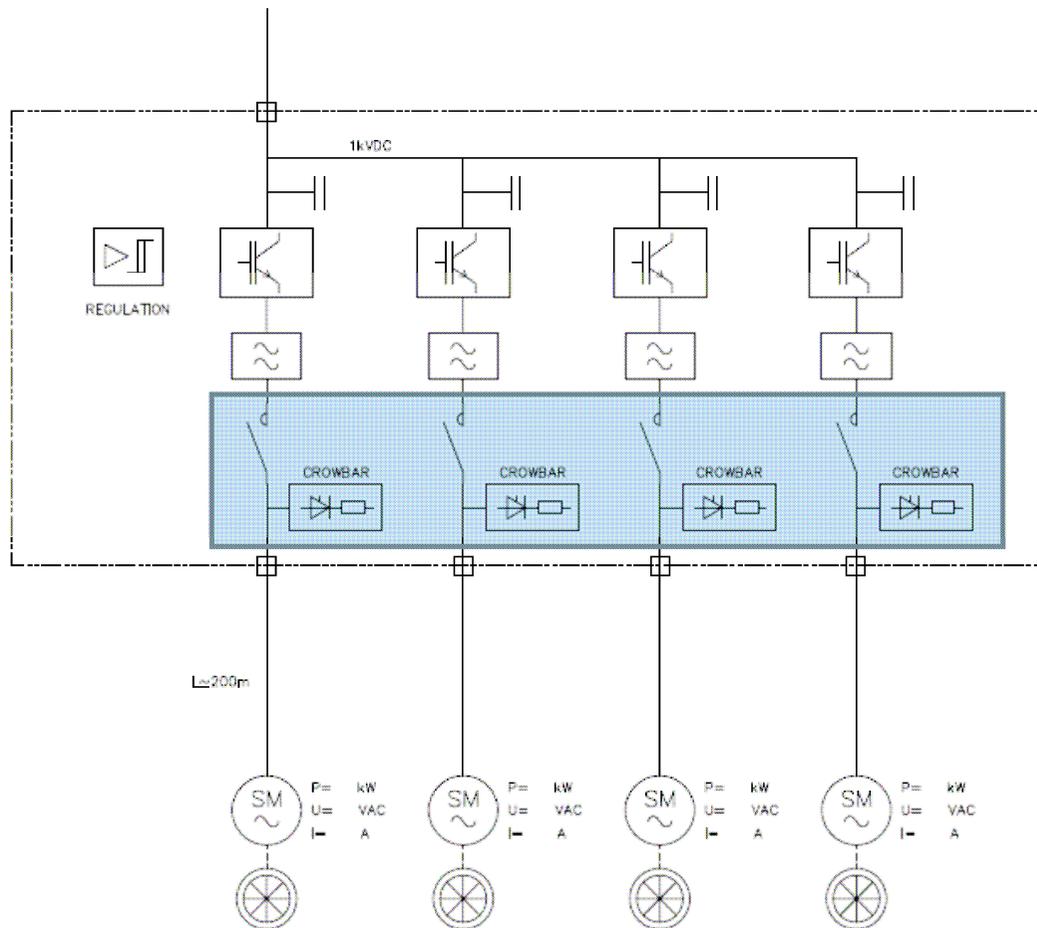
Anse de Launay

Poste 63 kV à Paimpol

Interface Machine – Réseau HTA

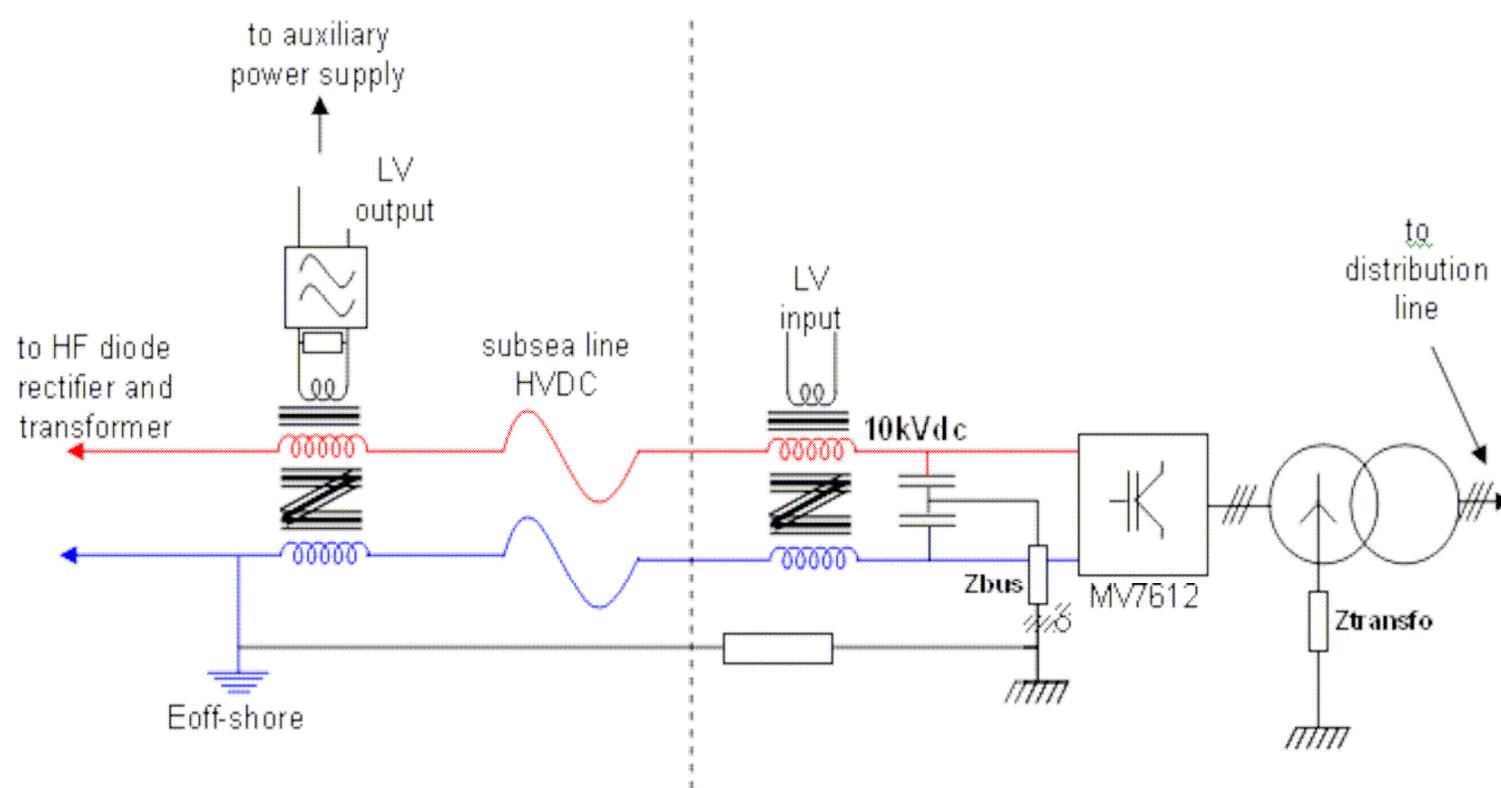


Machines électriques en parallèle



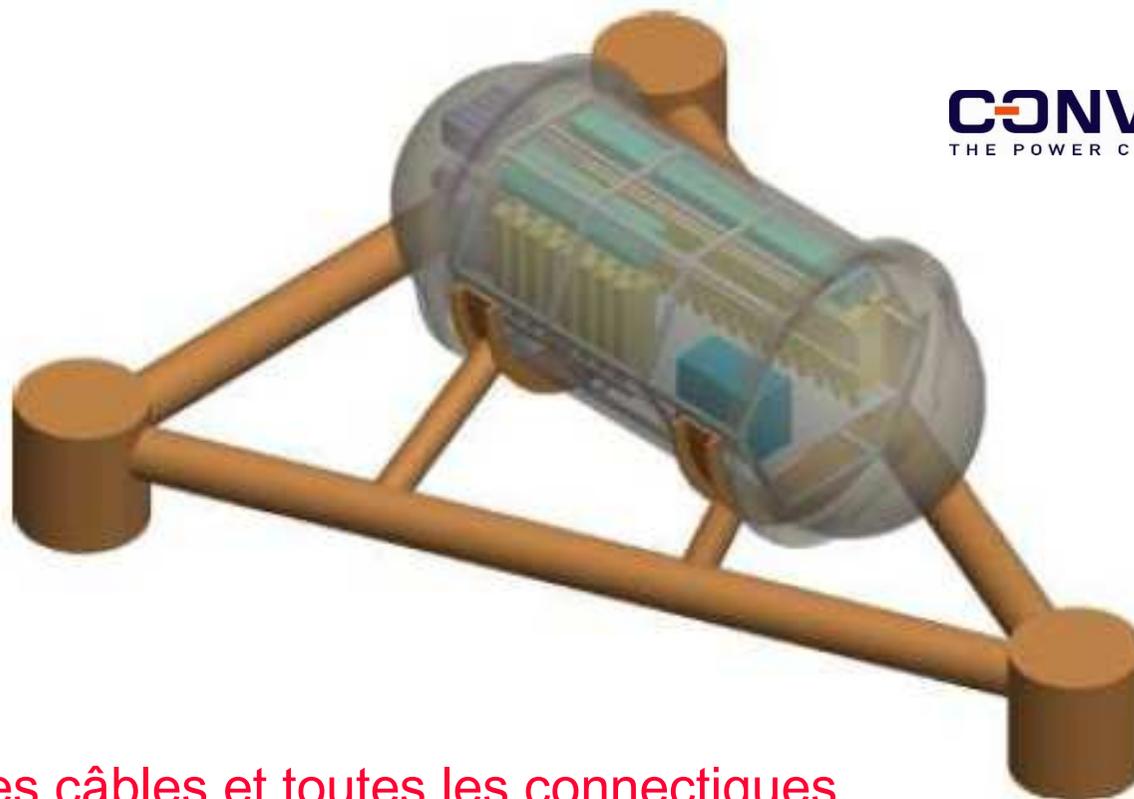
Interface du système électrique

Liaison Machines – Réseau HTA d'ERDF



Container immergé : Station de Connexion

8.1 SUBSEA BASE



CONVERTTEAM
THE POWER CONVERSION COMPANY

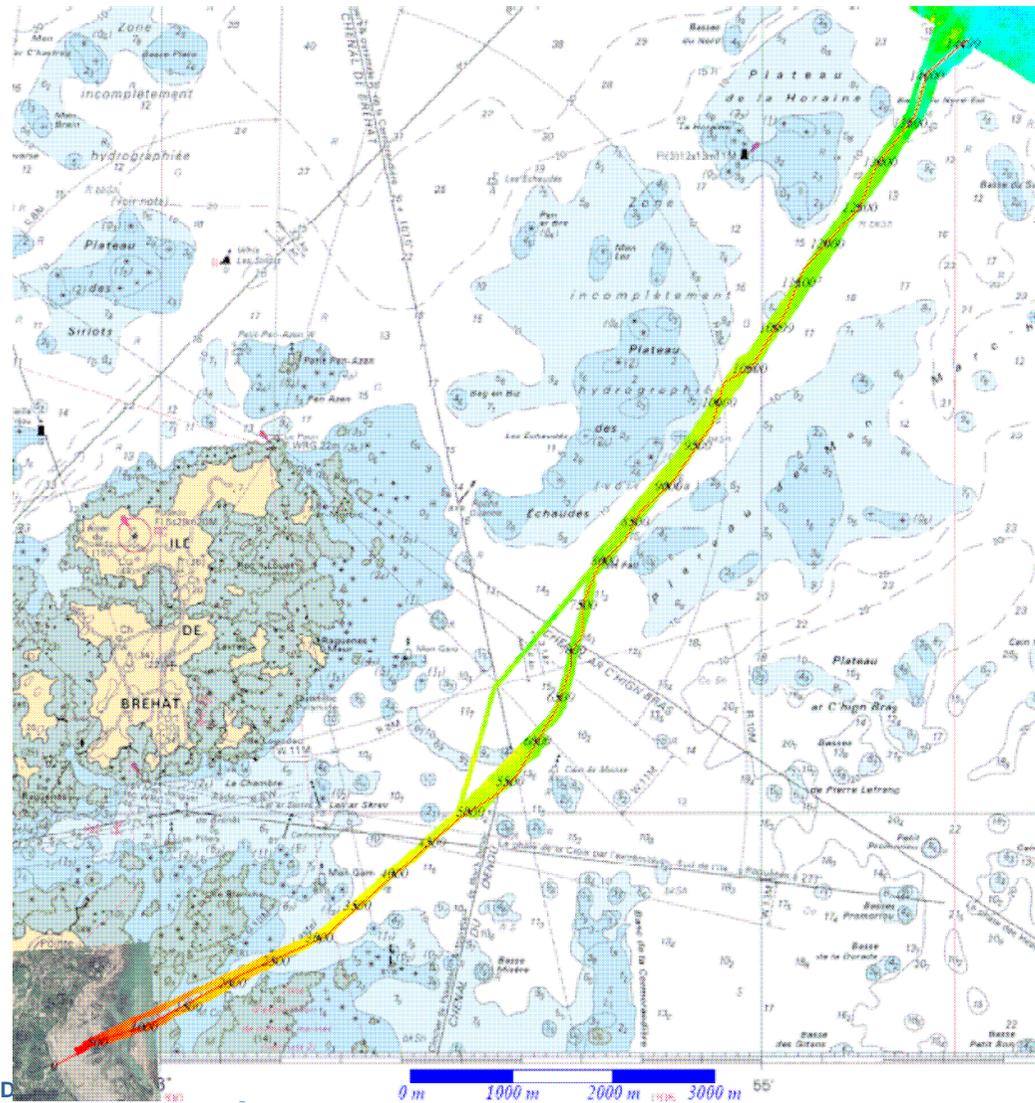
Sans les câbles et toutes les connectiques

5.1

Optimisation du câble

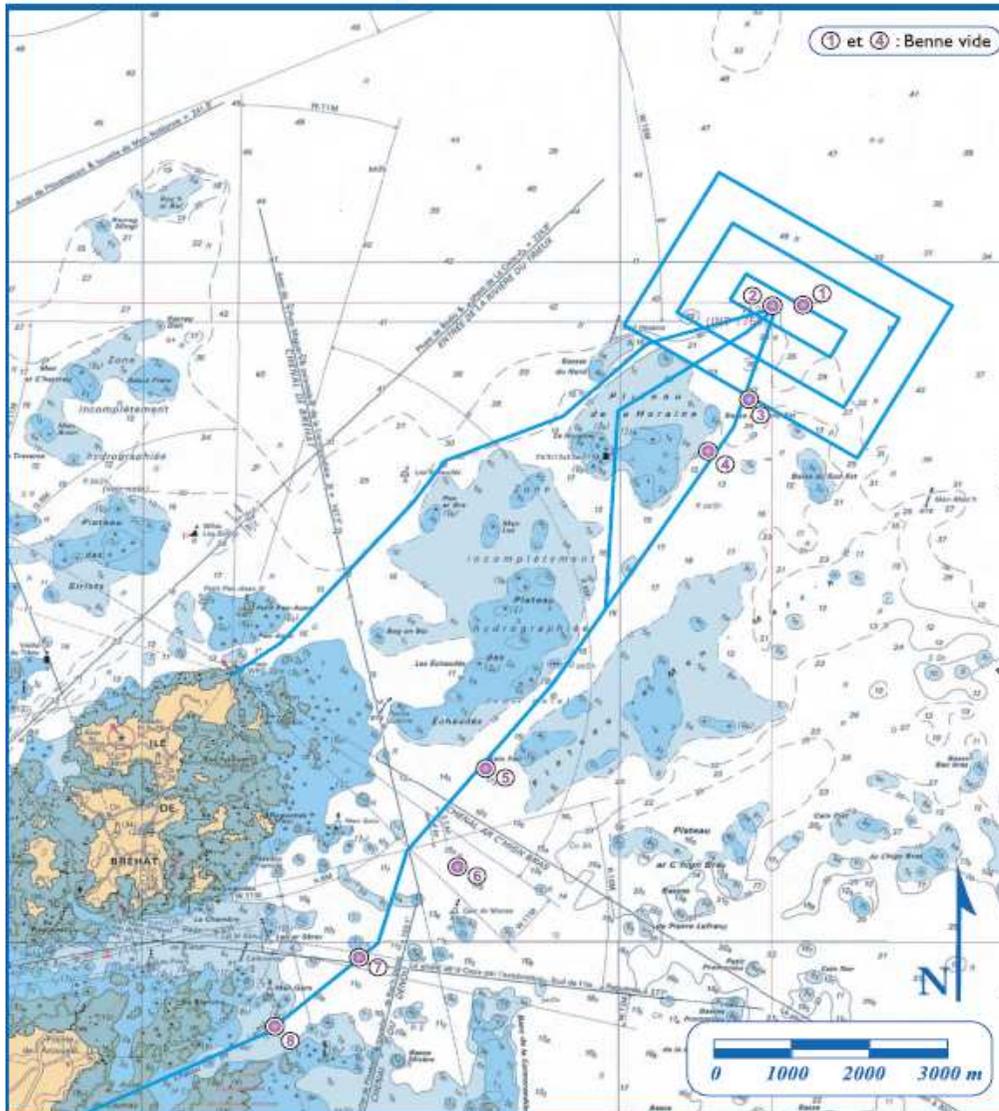
Bathymetry & cable route

Chosen cable route



Bathymétrie – Géophysique - Prélèvements

Extrait Carte SHOM 7153



Centre d'ingénierie hydraulique

CAMPAGNE 2008

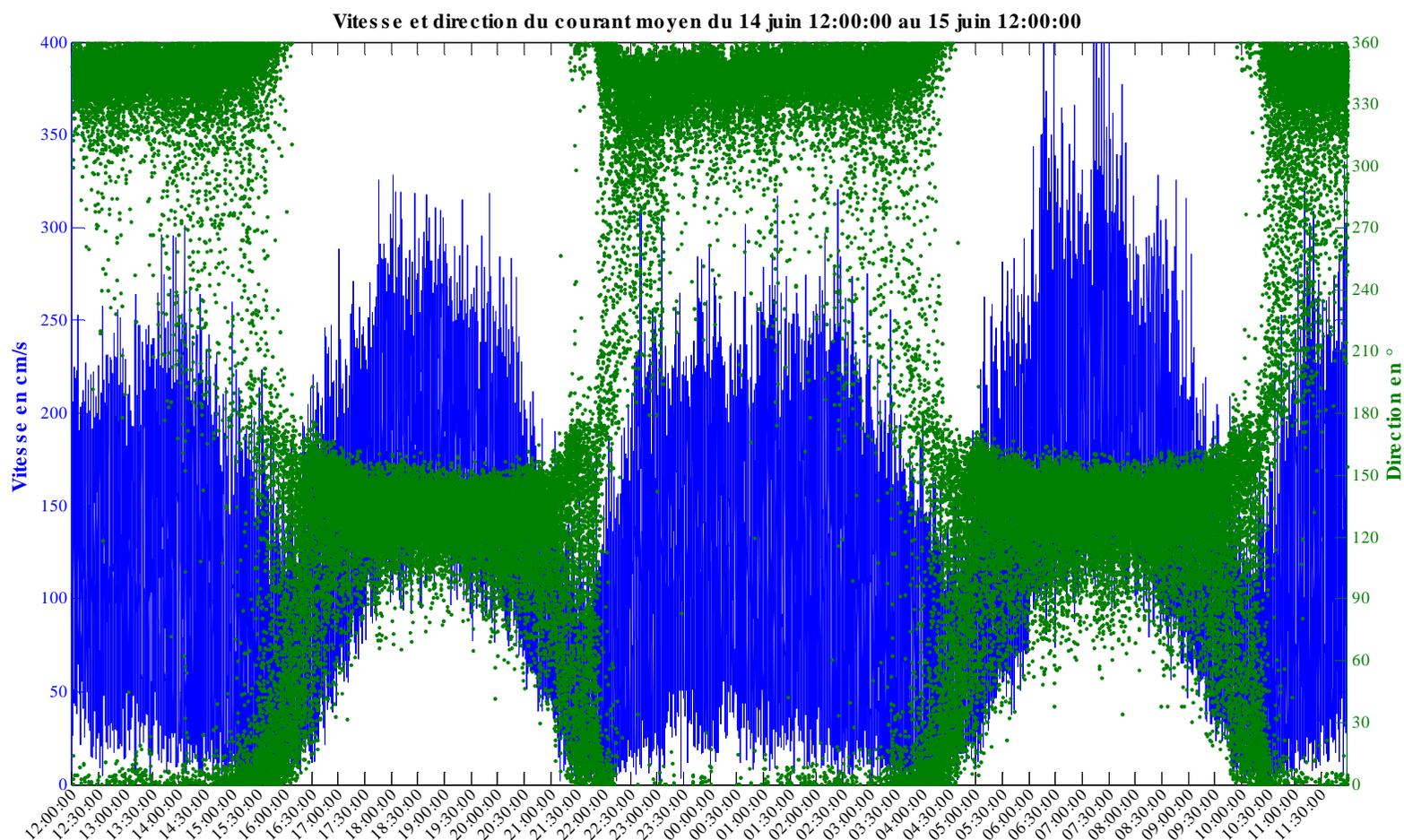
- Tracé Nord « Brehat »
 - Tracé Sud « Launay »
- Tracé Sud alternatif « Horraine »

- Tracé retenu : Tracé Sud « Launay », approx. 16 km
- Prélèvements d'échantillons le long du tracé sud (analyses granulo et benthos)
- Identification d'une zone de Maërl sur le tracé sud, révélée par l'étude ECOSUB (Déc. 2008)

Auteur : J J HEROU



Point D – 1 Hz – 40 cm from the ground



5.2

**Installations Machines Container Câbles
.....Maintenance ultérieure**



Lifting Subsea Base into Water



openhydro
tidal technology

Barge Assembly



openhydro
tidal technology



Fitting of OCT-10-01 to Venturi and Barge



Installation



OCT-10-01 Successfully deployed in Bay of Fundy.

Operations to recover performance data via acoustic modem are currently being planned.

openhydro
tidal technology



6

Pré synthèse

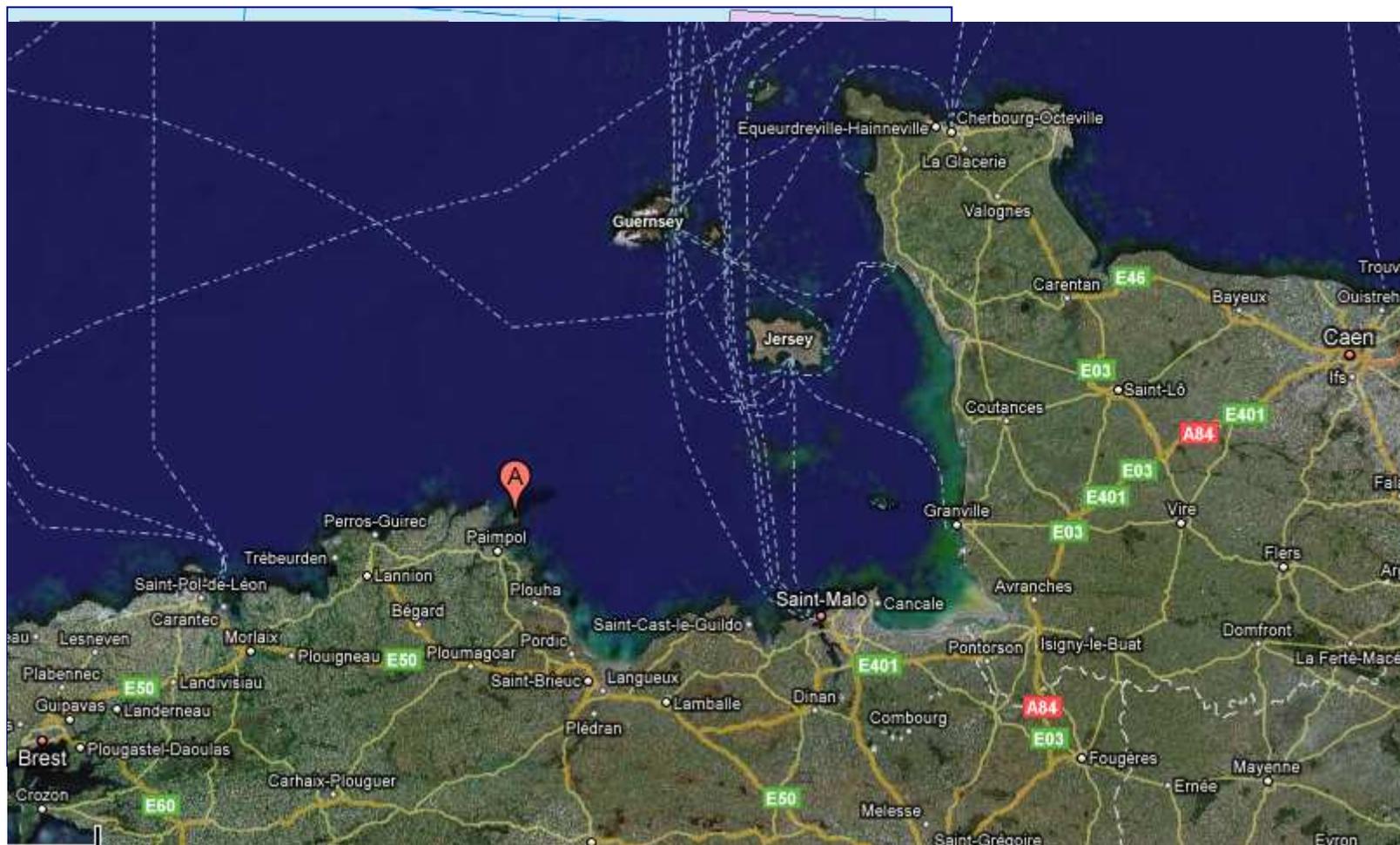
Les objectifs

- Tester le comportement en conditions réelles d'une première **ferme** hydrolienne (effet de sillage, énergie extraite...) avec une technologie validée préalablement en phase prototype.
- Évaluer les impacts environnementaux.
- Définir les conditions d'acceptabilité.
- Établir un cadre administratif et juridique-fiscal favorable à l'émergence de la filière hydrolienne.
- Donner un contrepoids médiatique à la mise en service de l'EPR de Flamanville.
- Disposer de données technico- économique sur l'OPEX d'une telle ferme, puis de la filière

Petit historique

- Études APS en 2007 d'un parc d'hydroliennes à Barfleur.
- Décision formelle fin 2007 par EDF de réaliser un parc de démonstration, pour une mise en service fin 2011.
- Choix du site, officialisé le 15/07/08.
- Choix de la technologie décidé en COPIL début juillet 2008
- Ce jour :
 - Installation telle que conçue
 - Bonne pour la tester, mais pas à exploiter
- Négoc...
- Cont...
- REX ... 2011
- Nouveau design du câble ...surcoûts début 2010 + impossible pose avec moyens classiques
- Attente des autres surprises ... en 2011, REX Fundy Bay : indispo de 6 mois ???

Plan de situation





Usine marémotrice - La Rance

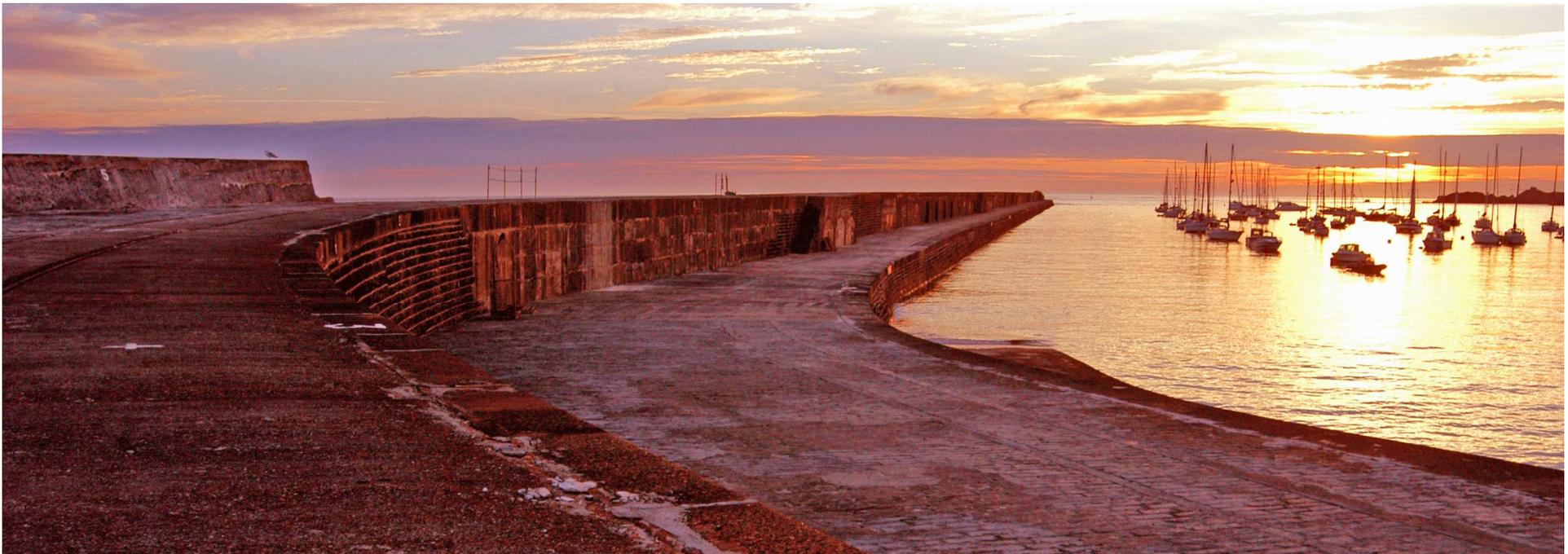
La mer, source d'EnR.....déjà

Tour d'horizon technologique



Sommaire présentation : autres concepts

- Hydrolienne
- Houlomoteur
- Marémoteur
 - Classique
 - Mixte

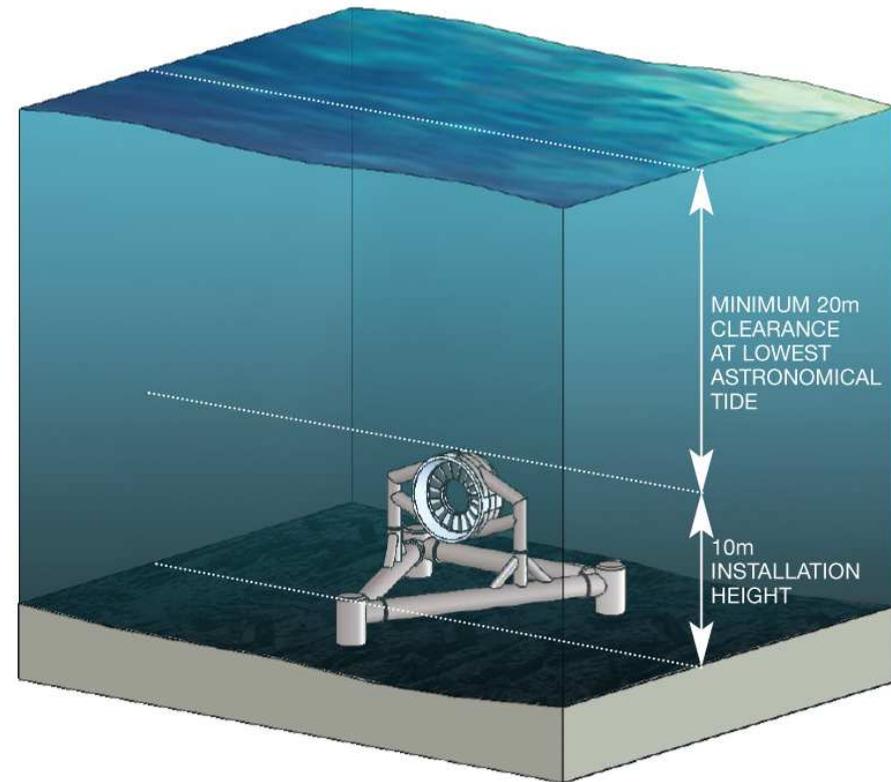
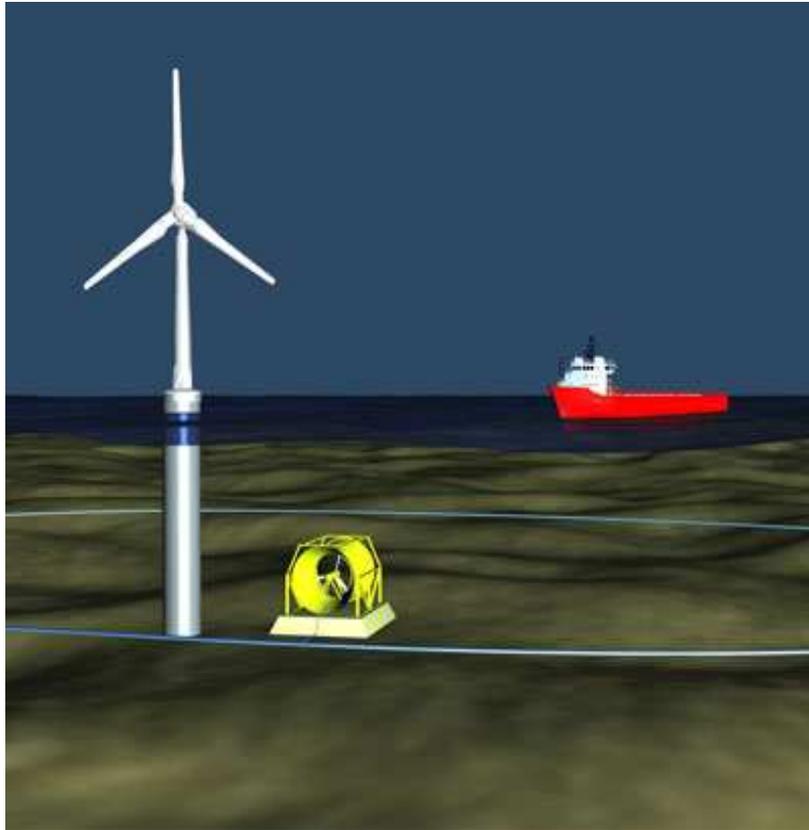


1

Hydrolienne

Machine OH à l'EMEC

Une petite remise à l'échelle



Michael Wrigley 17/09/2007

Turbines à Flux Axial /carénages de type «venturi» (I)

Projet : **Open center turbine**
Constructeur : **Open Hydro group**
Pays : **Irlande**
Commentaires : **Orifice au centre de la turbine / Génératrice annulaire (RIM) / Choisi par EDF.**



haut : **berge d'installation dédiée navigant vers le site.**

bas : **turbines installées.**



Projet : **Soion**
Constructeur : **Atlantis Resources Corporation**

Pays : **Singapour**



Projet : **Marénergie**
Constructeur : **Hydroérix Energies**
Pays : **France**
Commentaires : **Pales à pas fixe / Pas de contrôle du lacet / Système relevable pour la maintenance / Simple et robuste.**



Projet : **Clean Current**
Constructeur : **Clean Current Power Systems Ltd.**
Pays : **Canada**
Commentaires : **Génératrice annulaire (RIM) / Choisi par Alstom.**



Projet : **Rotech Tidal Turbine**
Constructeur : **Lunar Energy**
Pays : **U.K.**
Commentaires : **Structure d'ancrage tripode / Pales à pas fixe / Pas de contrôle du lacet / Seule la turbine est relevée pour la maintenance / Simple et robuste.**



Un prototype de 250 kW diam. 6 m testé à l'EMEC (nov. 2006 – oct. 2007) & new fin 2010



Michael Wrigley 17/09/2007

Un peu de détails : $C_p * 1.4$

Complete Turbine In Container

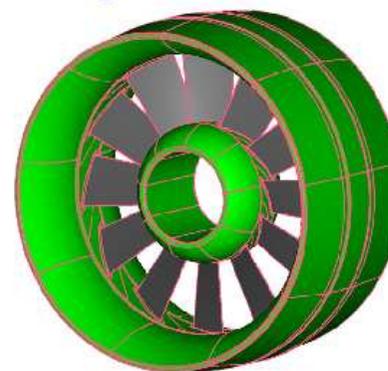
openhydro



openhydro
tidal technology



*Optimal Design of Turbine D6 with Inner
Ring Venturi - version 2*



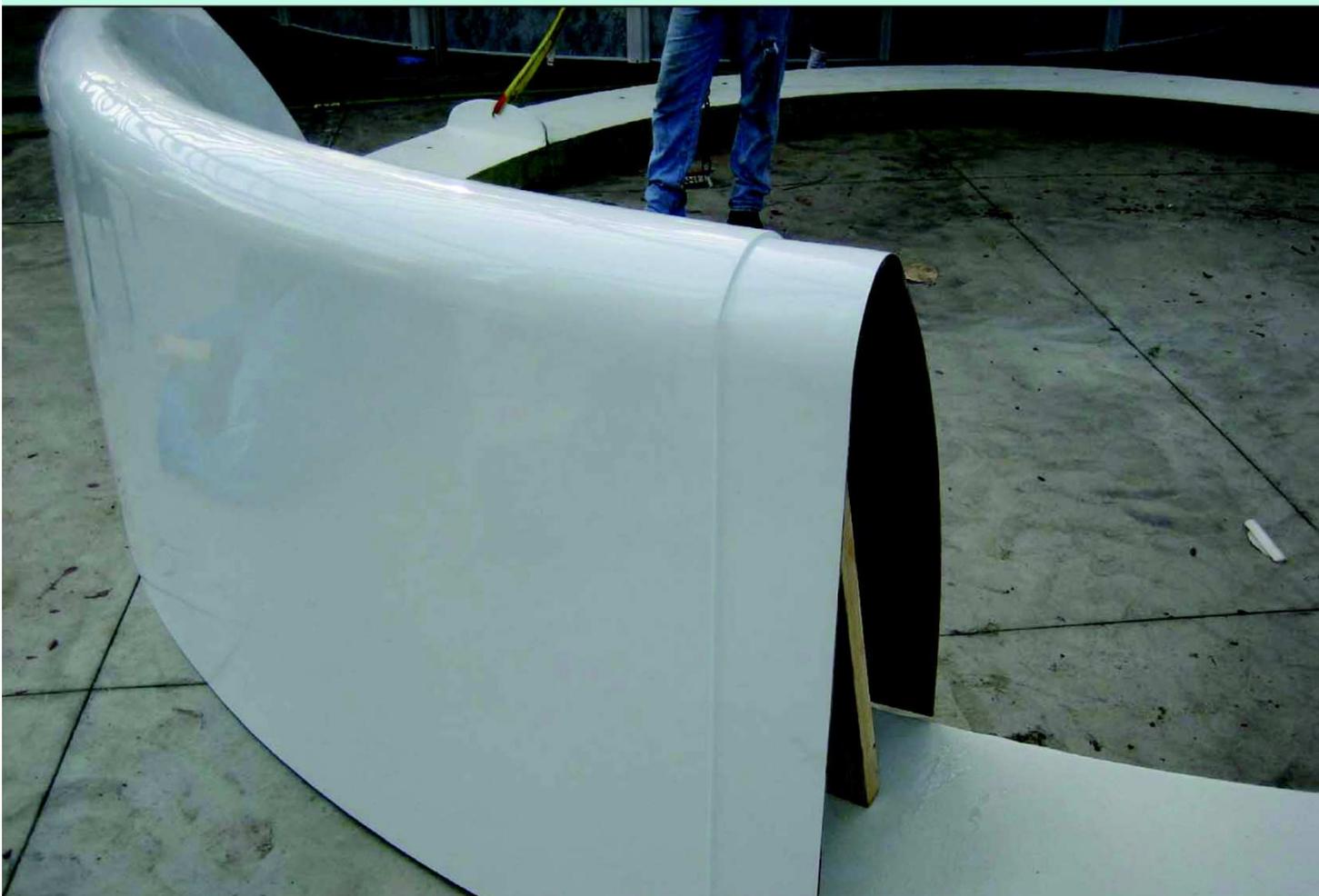
michael wrigley 17/09/2007



On rajoute les finitions

Turbine Venturi Section

openhydro



Michael Wrigley 17/09/2007

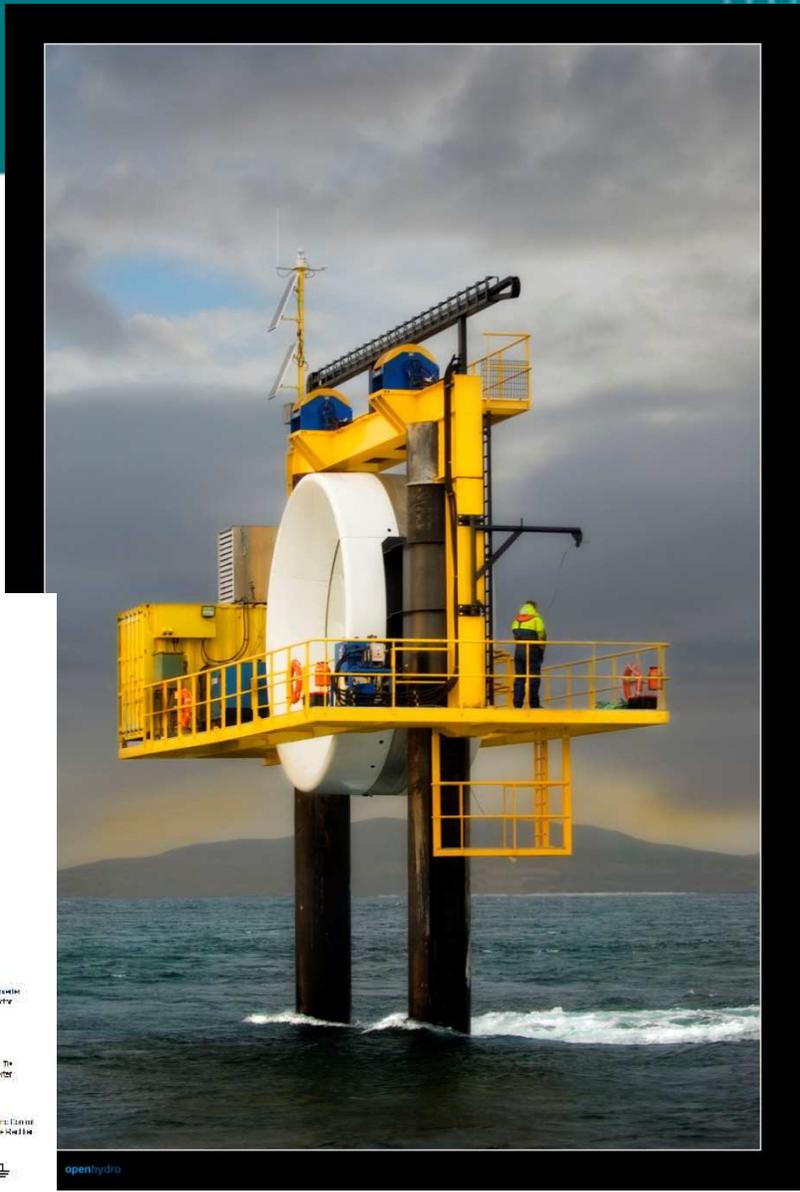
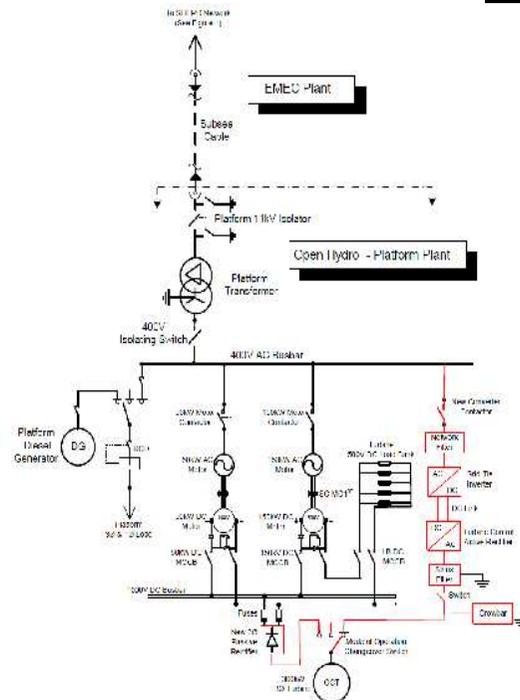
Le prototype (5) aux Orcades

Diamètre 6 m

250 kW → 370 kW

Structure sur pieux pour faciliter la remontée de la turbine (réglages...)

Electronique de connexion



2

Autre hydrolienne Machine MCT



Une autre configuration : SeaGen de MCT

Turbines à Flux Axial : Un pionnier

Marine Current Turbines™ Ltd

Projets SEAFLOW & SEAGEN (Grande-Bretagne)

SEAFLOW (1998-2003)

Projet anglais et européen

Détroit de Bristol, GB
Installation mai 2003

Pieu fiché dans le fond
Vitesse courants = 2,5 m/s
Profondeur = 15-20 m

Puissance de 300 kW
Diamètre turbine : 11 m
Diamètre pieu : 2,1 m
Non raccordée au réseau



SEAGEN (2004-2008)

Détroit de Strangford, Irlande du Nord
Installation : avril 2008

Pieu fiché dans le fond
Vitesse courants > 3,5 m/s
Profondeur = 20-30 m

Puissance de 2x600 kW
Diamètre turbine : 16 m
Diamètre pieu : 3,5 m
Raccordement au réseau

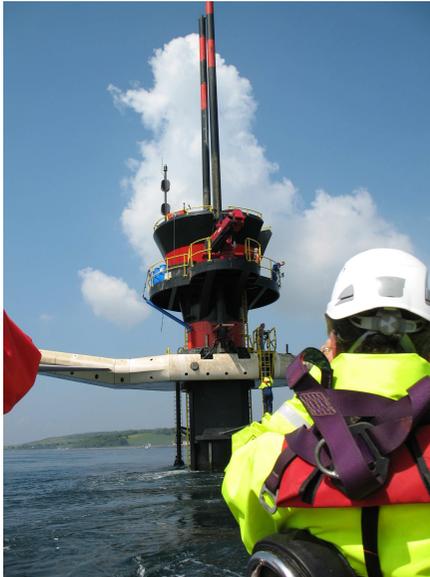


Quid de l'hydrolien ?



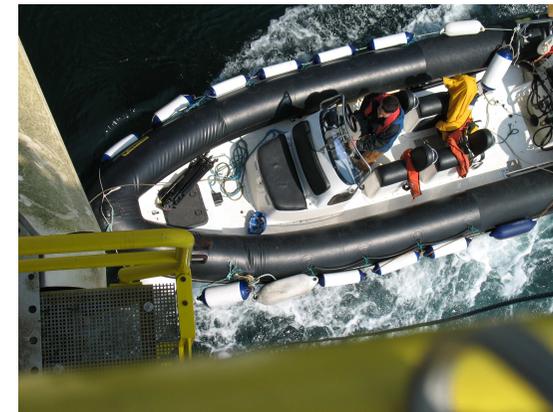
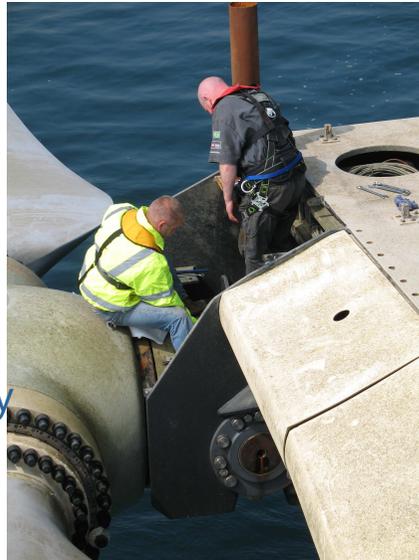
Marine Current Turbine (2 x 0,5 MW)

M C T : Visite de la plateforme



Offshore Turbines

-can either be partially or completely submerged
-partially submerged are **less costly** for maintenance



3

Houlomoteur Le projet CETO(*)

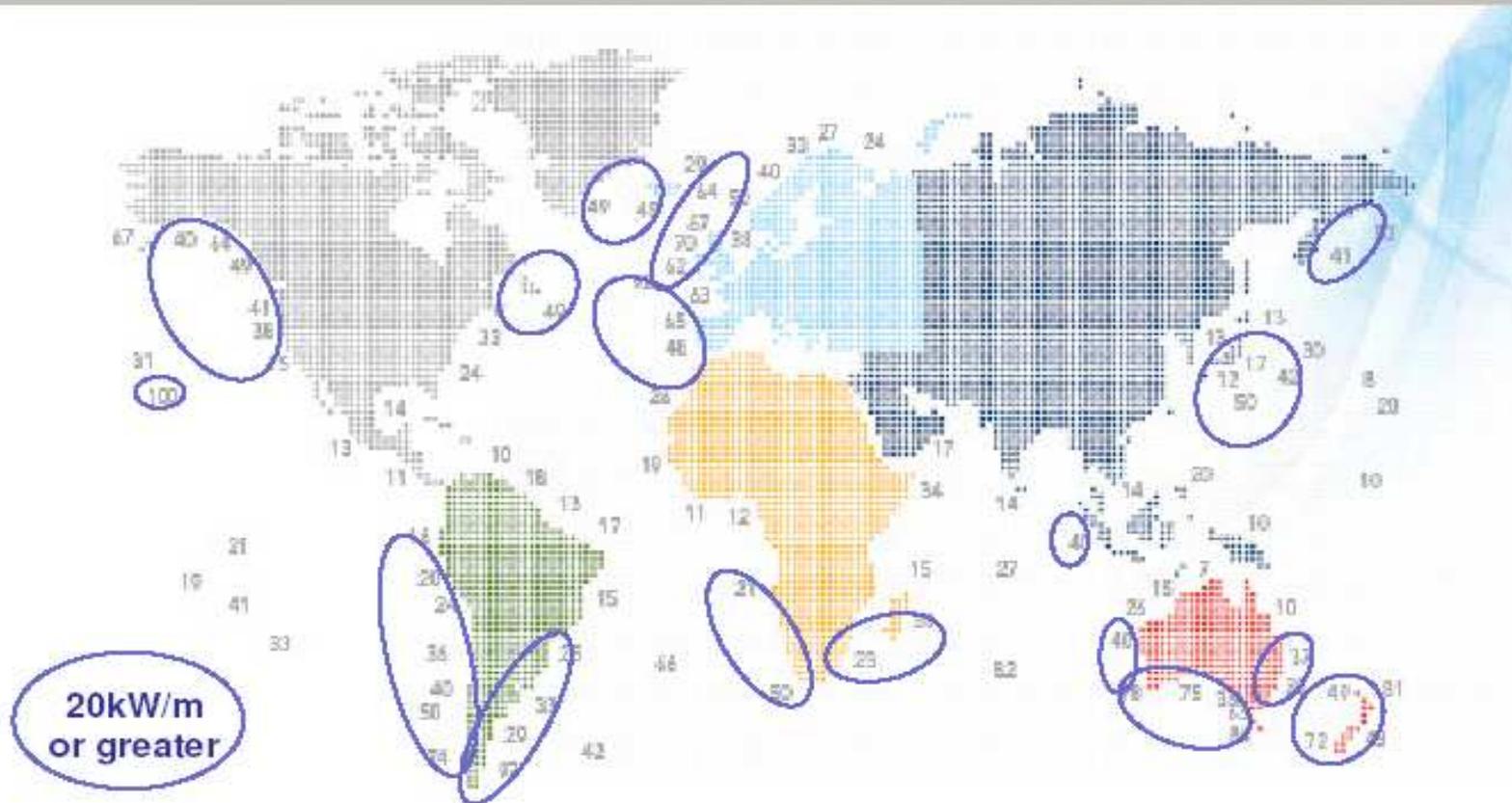
* marque déposée

Les principes généraux

- **Principe retenu** : utilisation de la hauteur des vagues ou de leurs impacts
- **Avantages** : performance (densité de l'eau), peu ou pas d'impact visuel selon la technologie retenue ...
- **Inconvénients** : effet +/- prévisible des vagues (f météo) ; impact des marées, partage des zones côtières, maintenance, sites spécifiques :
 - Vitesse de l'eau
 - Profondeur
- **Production d'eau potable, l'électricité étant un sous produit pour l'une des technologies (+ de crédits d'état ...)utopie métallurgique et sédimentologie...roue Pelton : les Bois une roue par trimestre !!!**

Ressources mondiales des Vagues

Wave Energy – a global resource



Wave Energy Resource – average annual kW/m of wave front



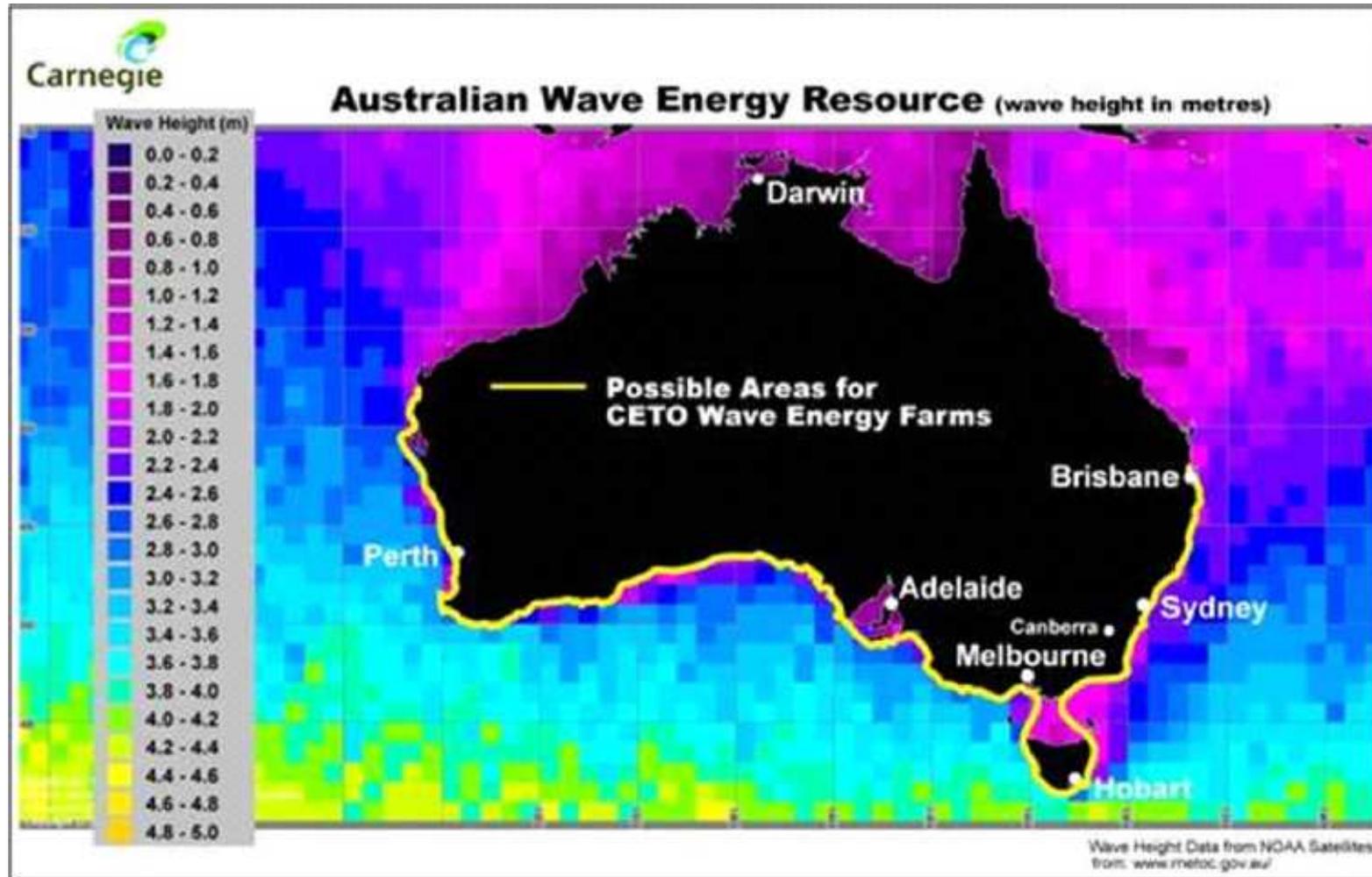
Wave Energy = Global Energy Resource

- **Ressources mondiales : à ce jour = à 2 fois la consommation d'électricité mondiale**
- **Utilisable en énergie de base**
- **Situation géographique, énergie des vagues dépend du vent et par conséquent est prédominant aux latitudes moyennes 40-60 N/S**
- **Europe de l'Ouest et les zones évoquées sur le globe (Amérique , Afrique ...)**

Quelques photos des techniques disponibles

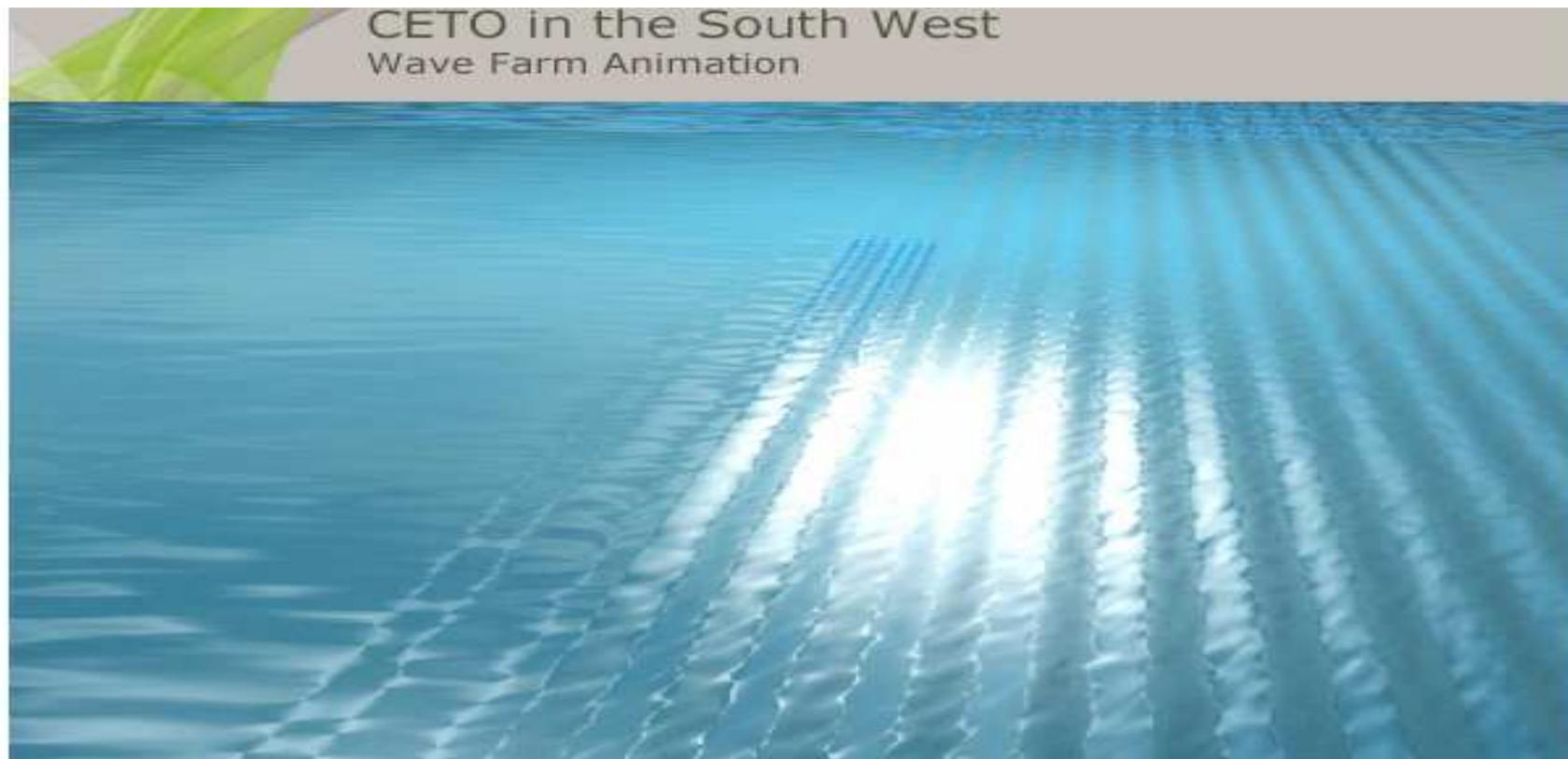


Ressources australiennes



Applications australiennes : Gisement + Applications prévues

- Pourquoi l'Australie : EDF-EN via REH (Île de man) dispose de la licence pour l'hémisphère Nord

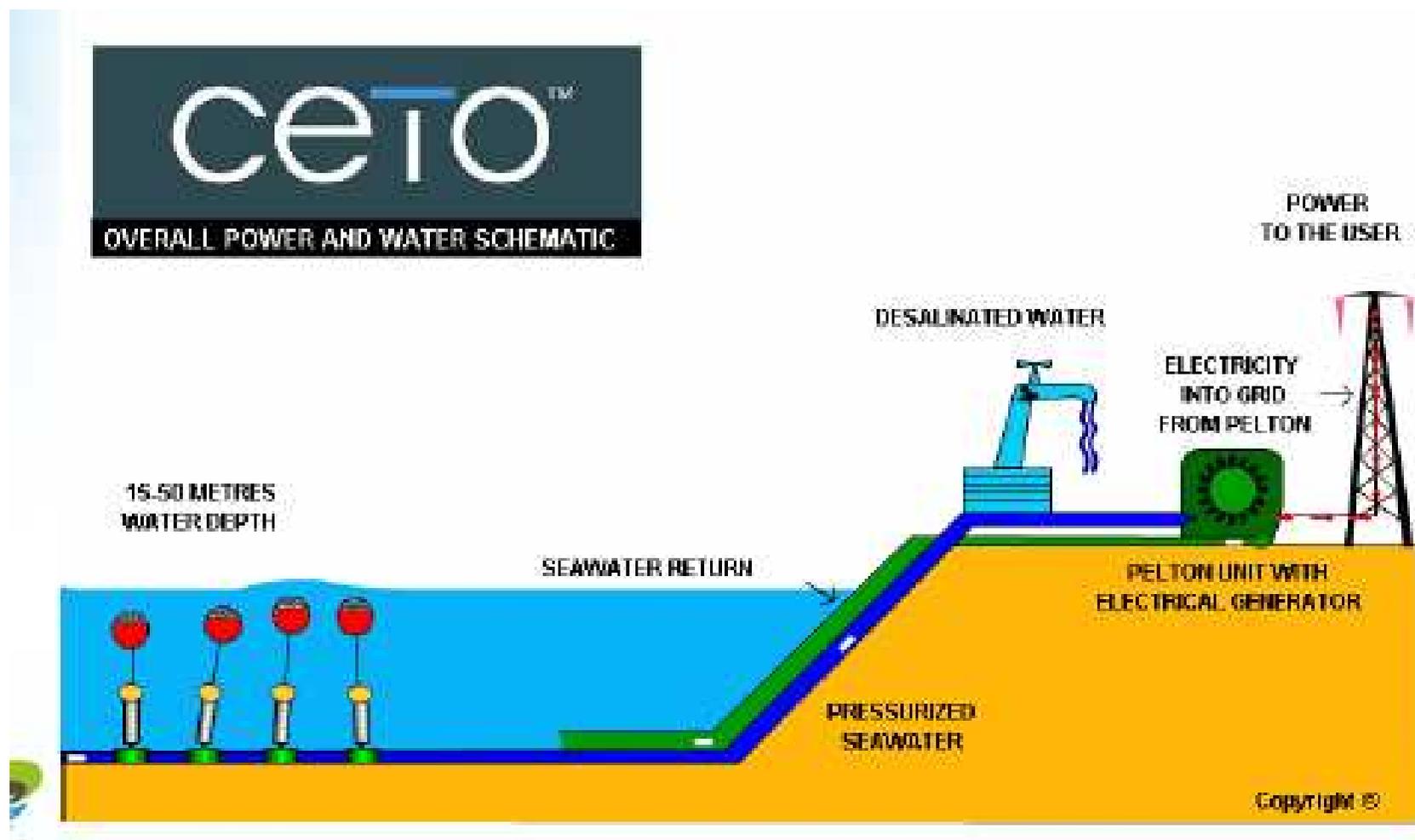


el

S



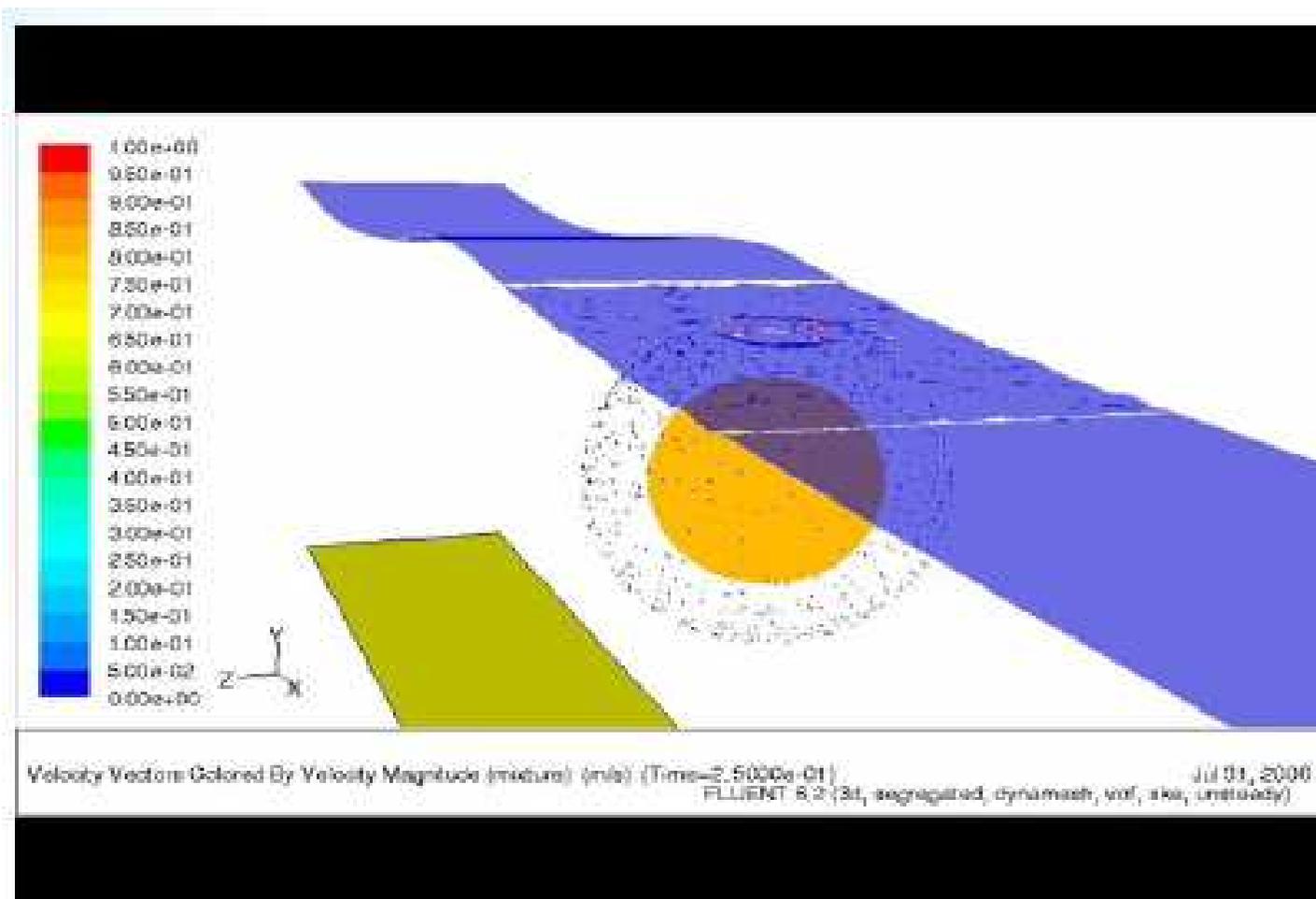
Principe du système CETO



Technologie de la pompe



Modèles CFD : Bouée



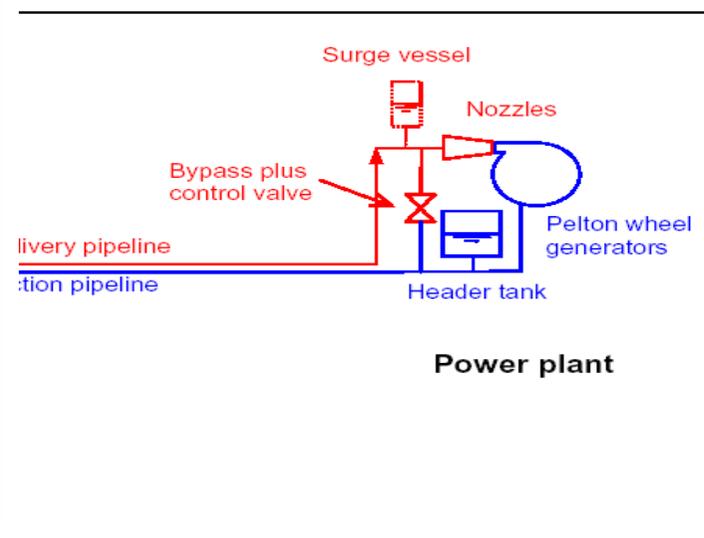
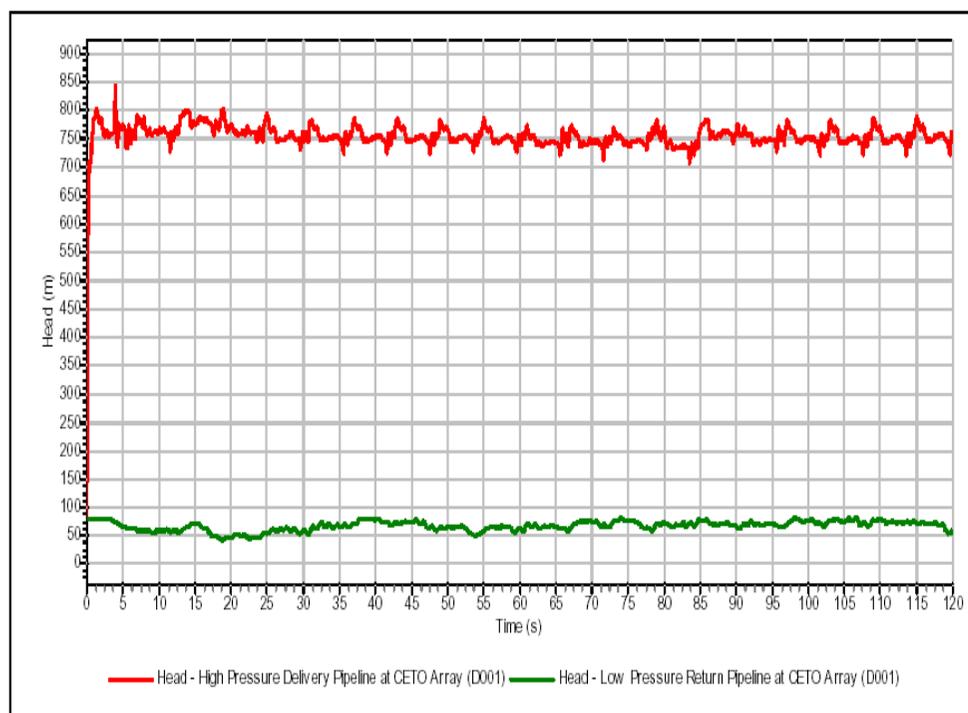
Site de l'Île d'YEU : expérimentation EDF-EN

10, entre 20 et 20 km au sud-ouest de Saint-Jean-de-Lyon.



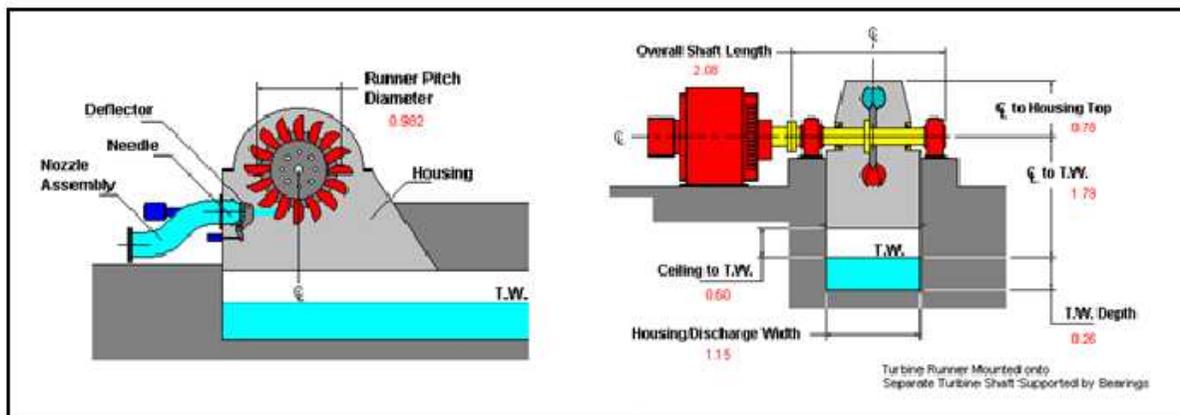
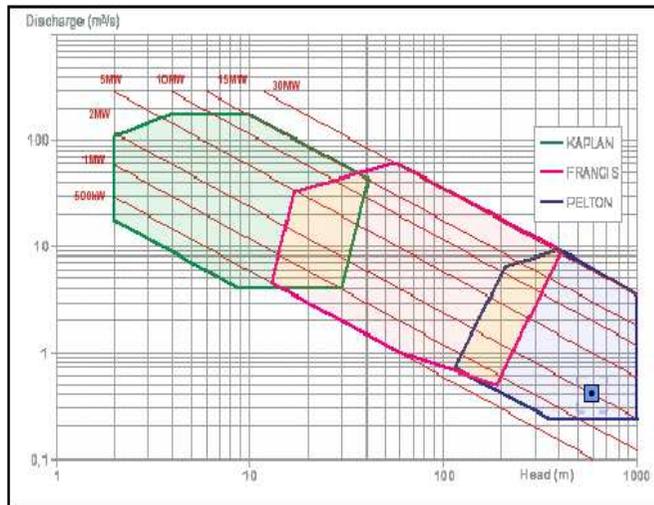
Lissage Pression entrée machine

- Critères Turbinier input Delta P environ 20 m
- Volume anti-bélier HP environ 15 m³ (à vérifier par Transients Calculations)



Turbine Pelton

- Limite de plage pour Alstom mini hydro
- Vitesse permet un générateur standard 1000 tr/mn
- Auxiliares à huile simplifiés : injecteurs
- Encombrement réduit (2,5 * 1,5 m environ)



Managed Commercialisation of CETO

- Three, fully instrumented, CETO II units are currently installed off Perth, Australia
- CETO III will be a scaled up version of CETO II,
 - including optimization resulting from CETO II instrumentation analysis, and
 - addressing cfd and load differentials associated with larger unit
- Expected CETO III deployment in Northern hemisphere in 2009
 - CETO III nameplate capacity of 180kW
 - CETO III manufacturer selected



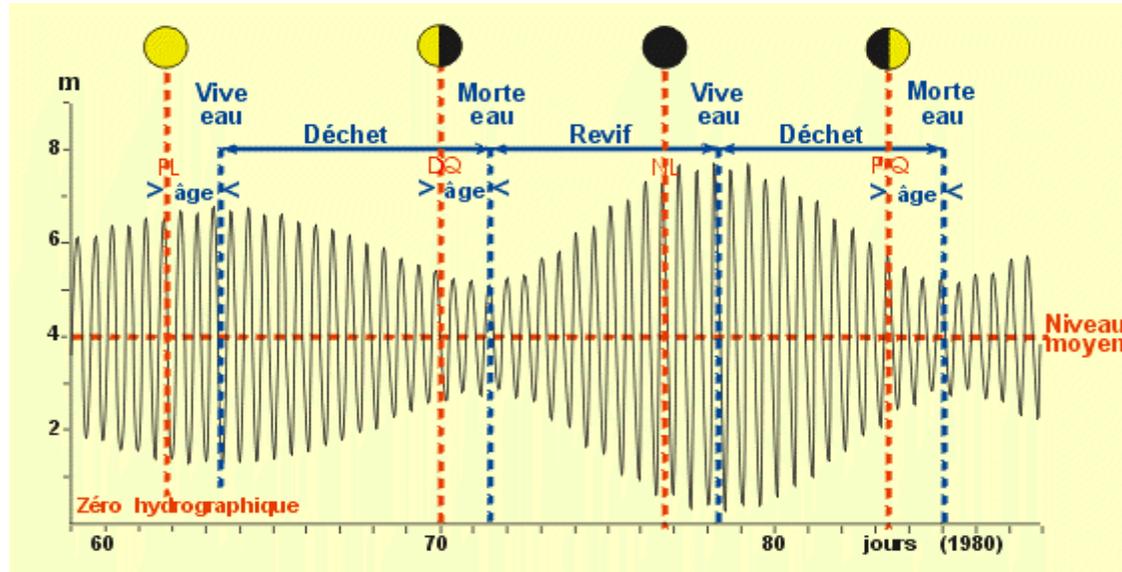
Planning - Exploitation – Maintenance Offshore

- **Planning : Tests CETO 3 en début 2009 retard de 2 ans au moins...**
- **Partie énergétique pas démarrée (attente BE Aus sur Albany) ; revoir intérêt de 1000 psi et Pelton car plus d'eau potable**
- **Coûts exploitation et maintenance minimisés**
- **Adaptation aux eaux européennes pas entamée avec en particulier l'impact vagues d'amplitudes max au cours des tempêtes et grandes marées ; utilisation maximale de la ressource!**

4

Projets Marémoteur

Principes : utilisation du dénivelé



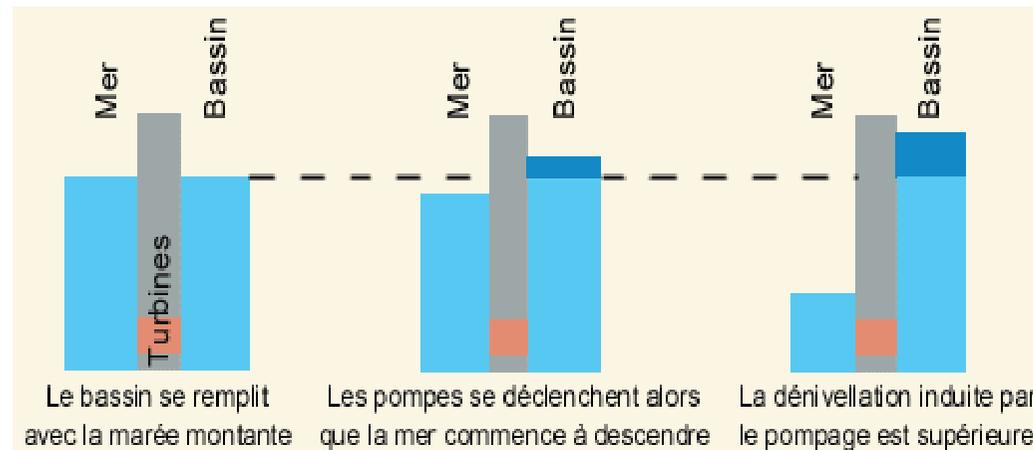
$$P = Q \cdot w \cdot H \cdot \eta$$

H : Chute

Q : débit

η : rendement

$w = r \cdot g$: poids volumique de l'eau
 r : masse volumique de l'eau (1 000 kg/m³)
 g : accélération de la pesanteur (9,81 m/s²)



4.1

La Rance

A - Some figures on the Rance tidal power plant

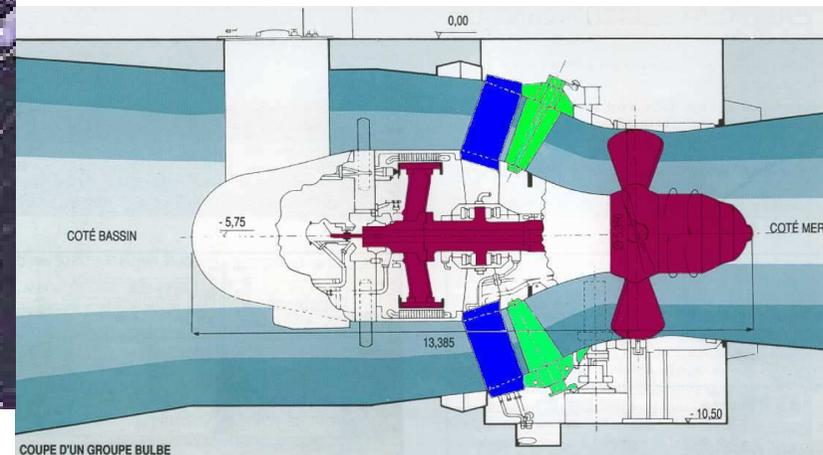
- Studied between 1943 and 1961, built between 1961 and 1966
- Equipped with 24 bulb-units (rated at 10 MW each)
- Total installed capacity : 240 MW
- Generation : 540 000 000 kWh / year
- 20 000 boats/year passing the lock
- 30 000 up to 60 000 vehicles/day on the road above
- 70 000 visitors per year
- EDF staff : 28 employees for operation and everyday maintenance
- Construction cost : 95 M Euros (1967) – about 560 M Euros (2007)



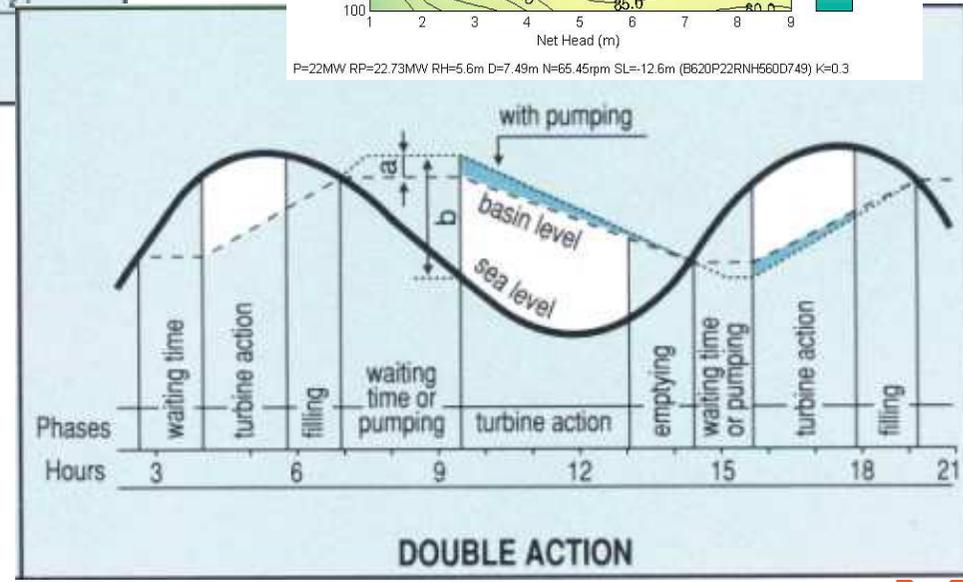
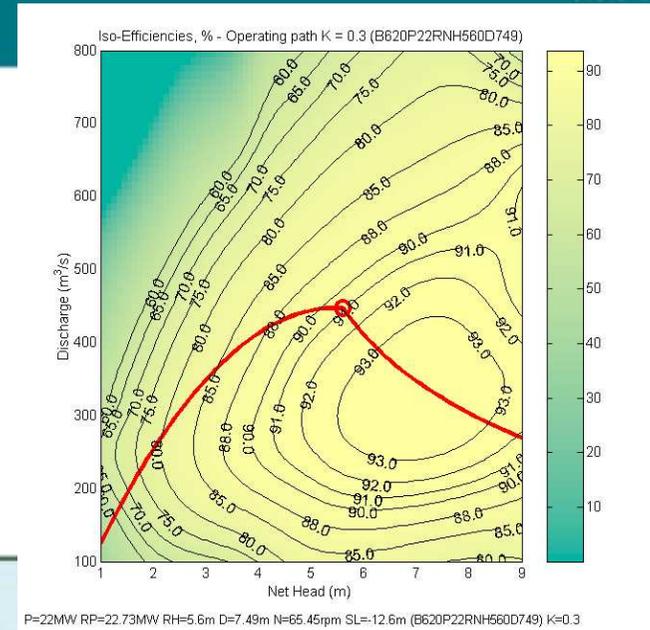
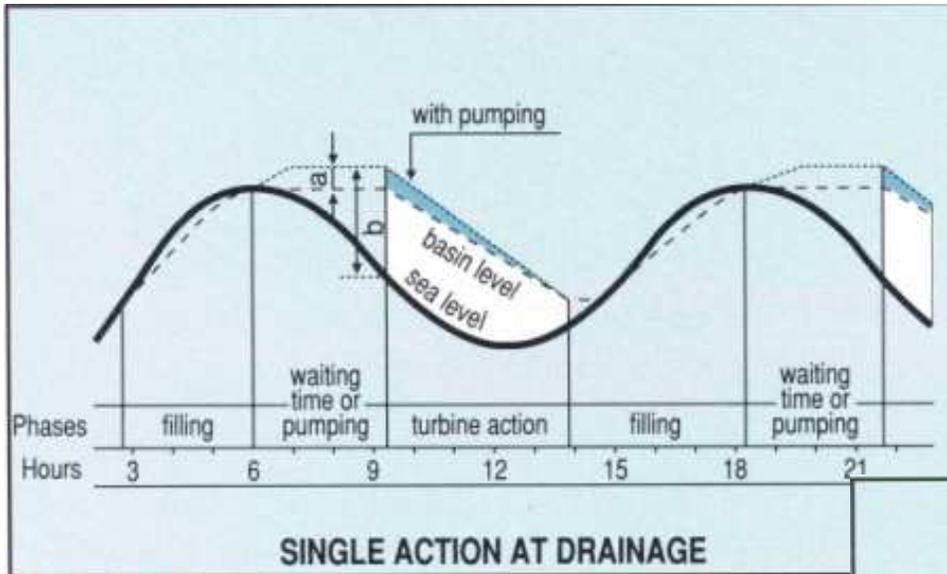
La Rance



Highest tides range in France:
average 8.2 m,
Maximum 13.5 m



“Simple action” or “Double action” ?



→ Choice for the Rance's Tidal Power Station :
Single and double action



LA RANCE

The 24 Bulb Units

Runner diameter: 5,35 m

Number of blades : 4

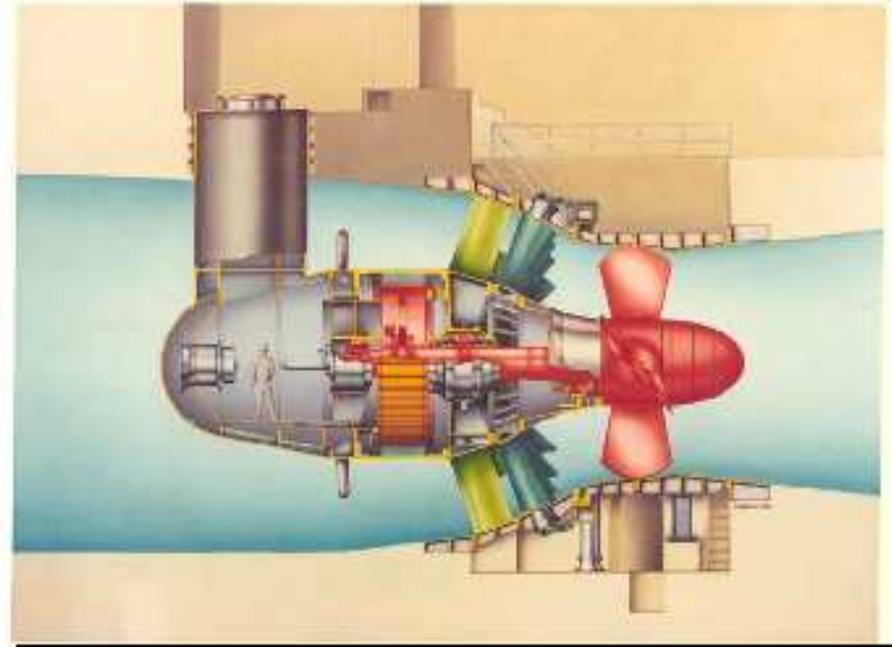
Number of wicket gates: 24

Normal operating head ranges: 3.0 - 9.0 m

Maximum operating head: 11.0 / 13.5 m

Turbine output at rated head: 10.0 MW

Discharge at rated head: 175 m³/s



**After 40 years, each bulb units has run for 222 690 hours (on average),
with an immersed time of 324 494 hours.**

**The 24 units have generated 21 600 000 000 kWh of renewable energy
saving approx. ????? Tons of CO2 emissions**

The Tidal Power Station...a permeable dam

- Dès 2000, un phoque a vécu dans le bassin, passant librement à travers des équipements de l'installation
- Souvent il a rejoint ses congénères en mer, il est souvent revenu ultérieurement



Sediments – Experts disagree...

- Composition of the Rance sediments is comparable with the neighbouring estuaries
- Depositional dynamics are similar to a natural estuary
- Exacerbates the natural tendency to seal off the turbidity maximum



4.2

Siwaha (Korea)

SIHWA TIDAL - Project Highlights



- Largest tidal power plant in the world
- 10 x 26 MW bulb turbine units
- Runner diameter 7.5 m
- Order 2005 - Completion early 2010

VATECH HYDRO

www.vatech-hydro.com

ANDRITZ

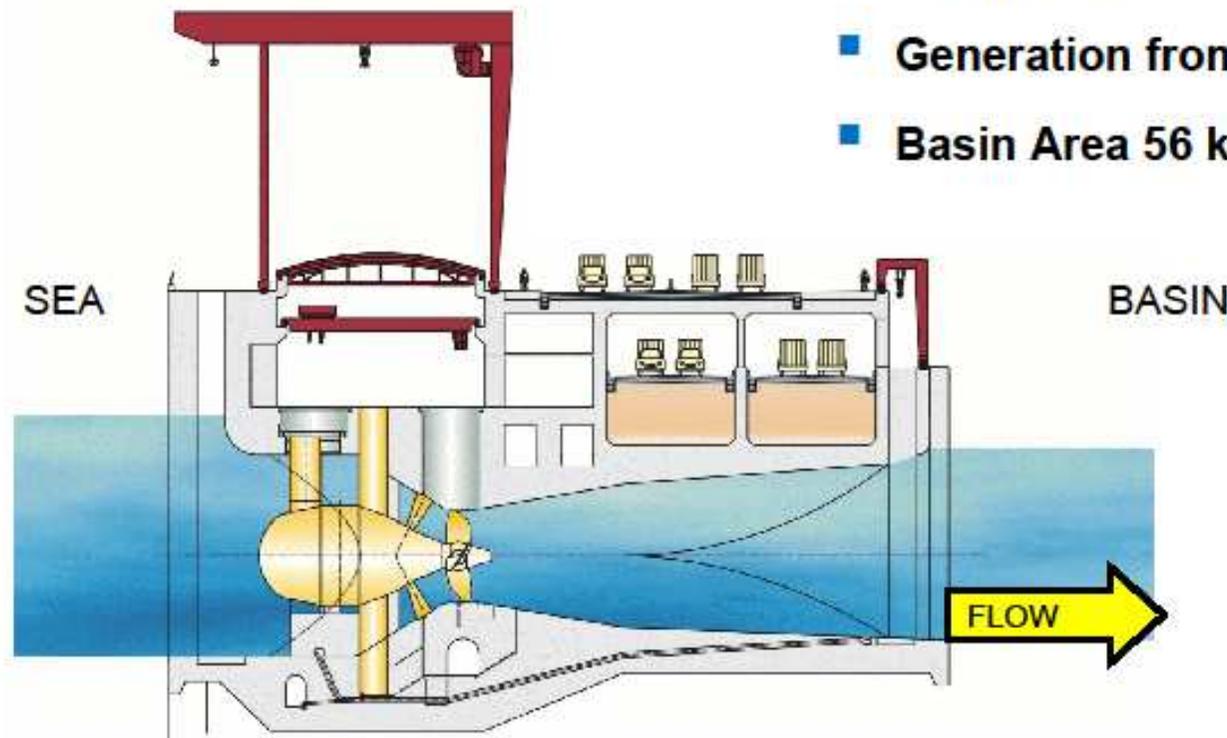
2



SIHWA TIDAL – Tidal Power Plants

SIHWA, SOUTH KOREA

- Single direction units
- Generation from sea to basin
- Basin Area 56 km²



VATECH HYDRO

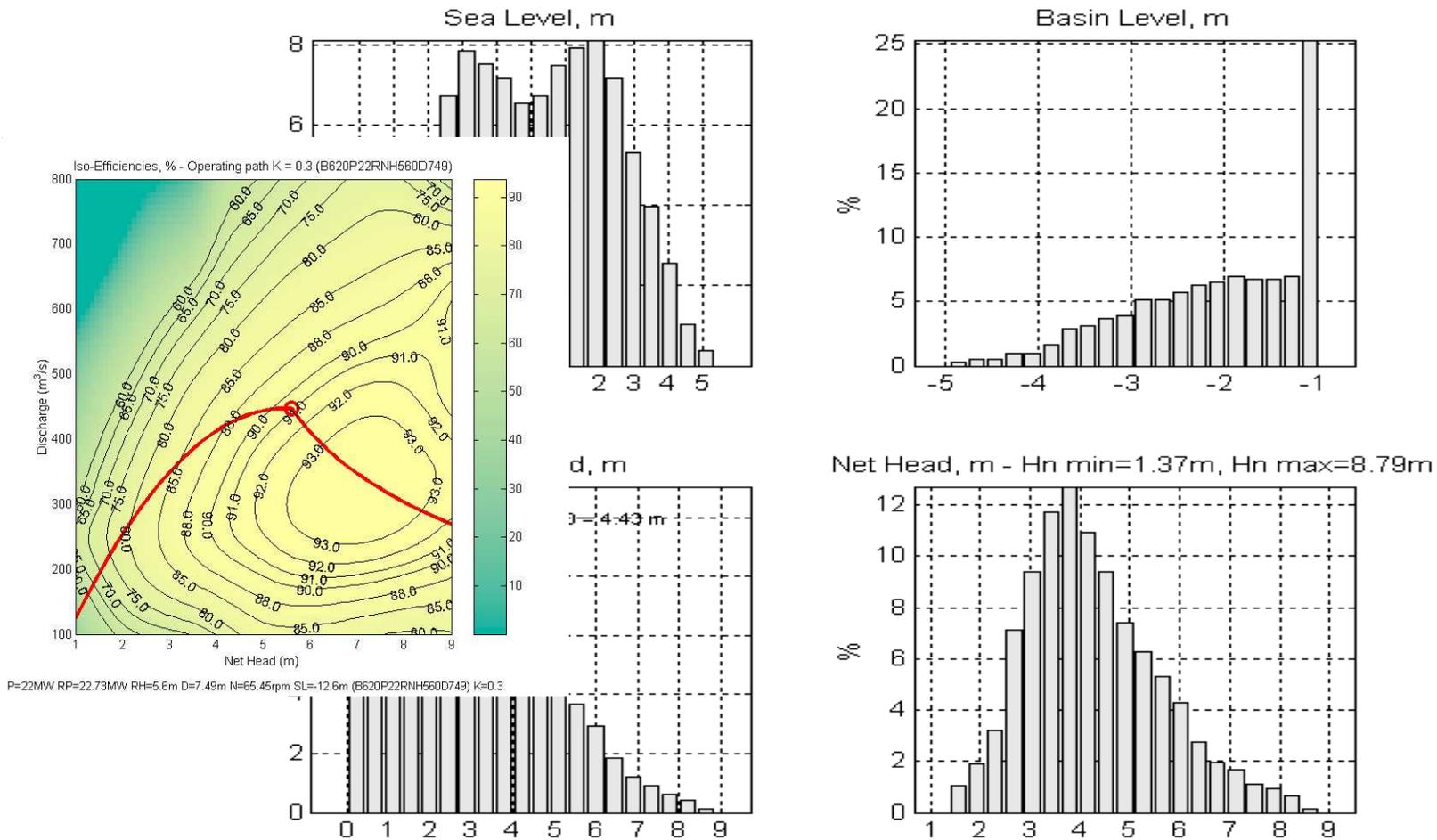
www.vatech-hydro.com

ANDRITZ

10



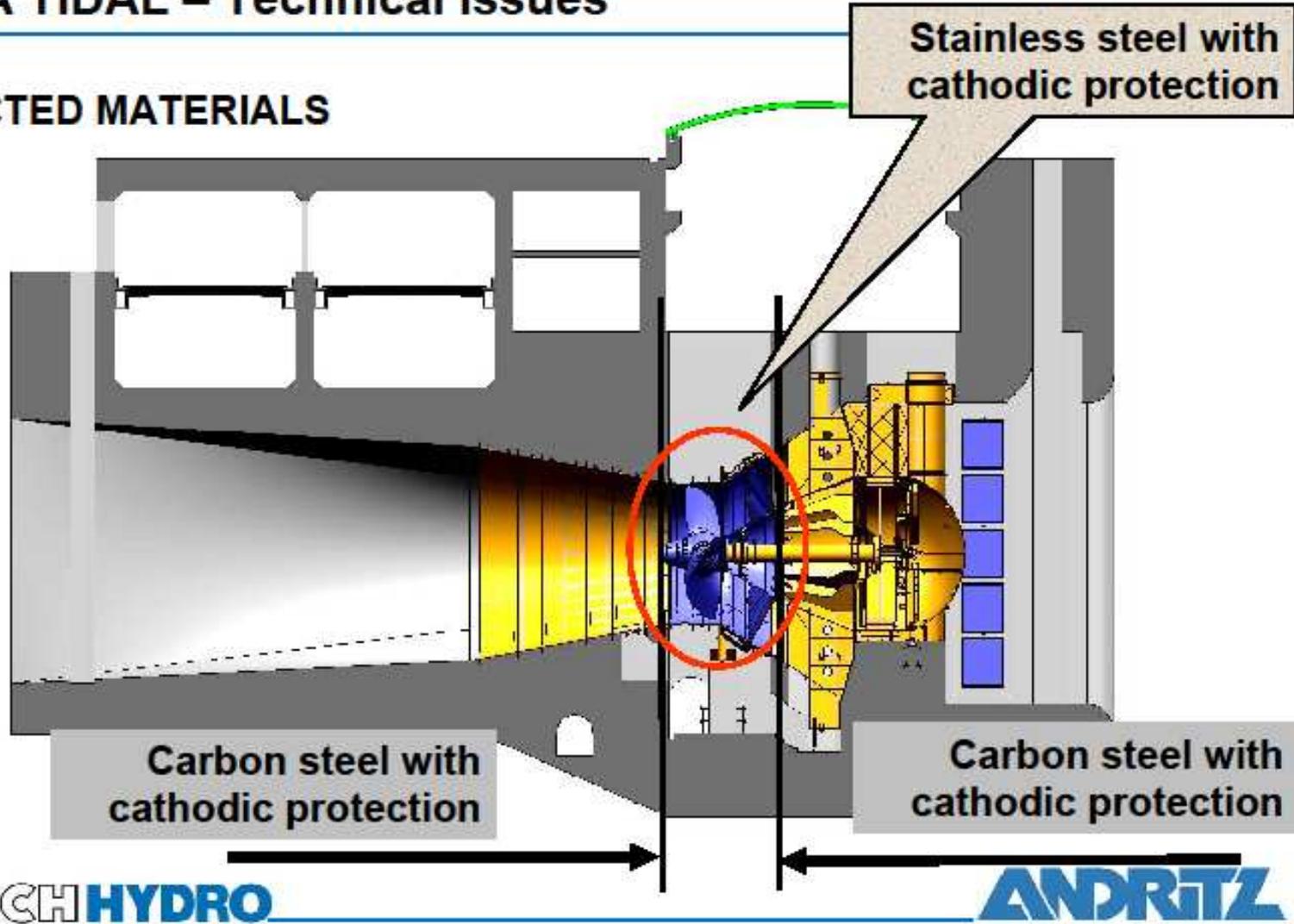
levels and heads frequencies



SIWHA TPP - EDF CIH - 03-Jul-2003 - Scenario sc-Year2002 - Batch_BU05_2002.txt #1

SIHWA TIDAL – Technical Issues

SELECTED MATERIALS



VATECH HYDRO

www.vatech-hydro.com

ANDRITZ

15



4.3

Projets Mixtes Severn (GB)

Severn Estuary Tidal Power Feasibility Study



DECC - Severn Tidal Power Unit

London



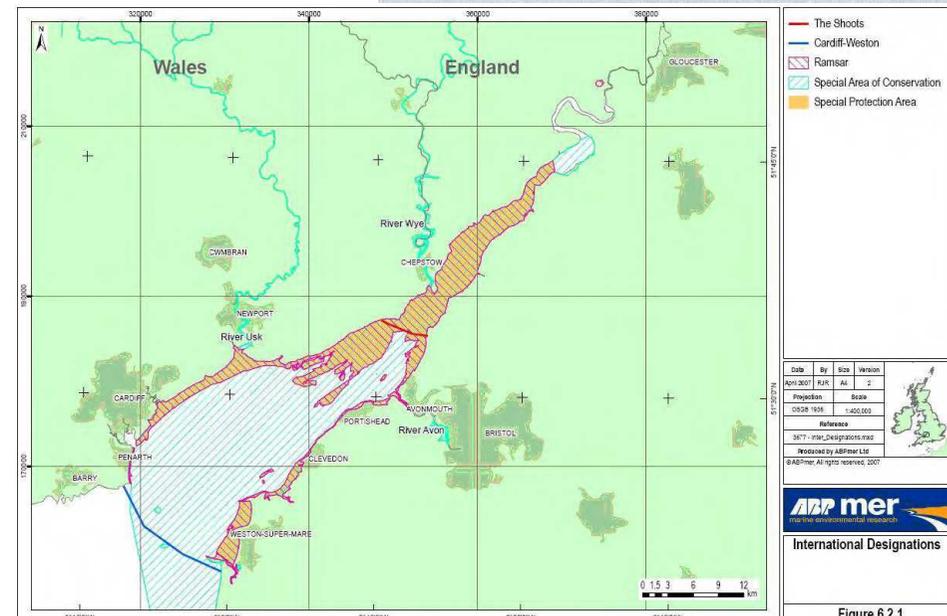
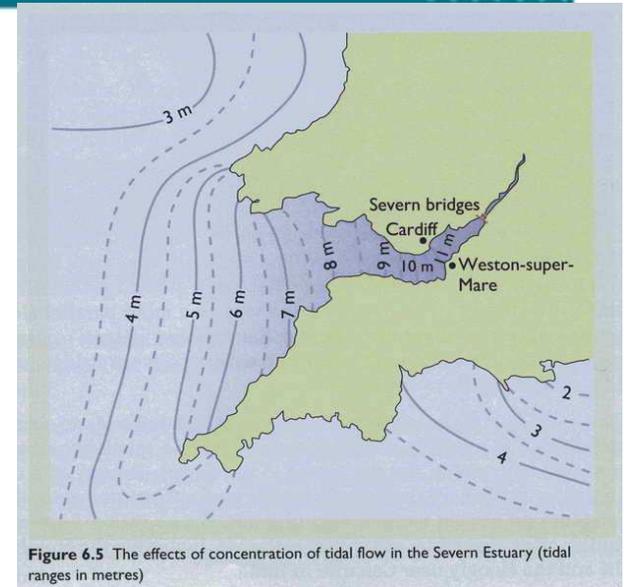
Severn Estuary

Tide Range – 14m on springs, 7m on neaps

- High tidal currents & large inter-tidal areas
- 30Mt sediment suspended on springs, 4Mt on neaps
- Little sunlight penetration through the water column
- Low dissolved oxygen levels

Ecology

- Harsh regime
- Very little life on the seabed
- Bird numbers per sq km lower than other estuaries but still substantial because of the large total area
- Ramsar, Special Area of Conservation, Special Protection Area...

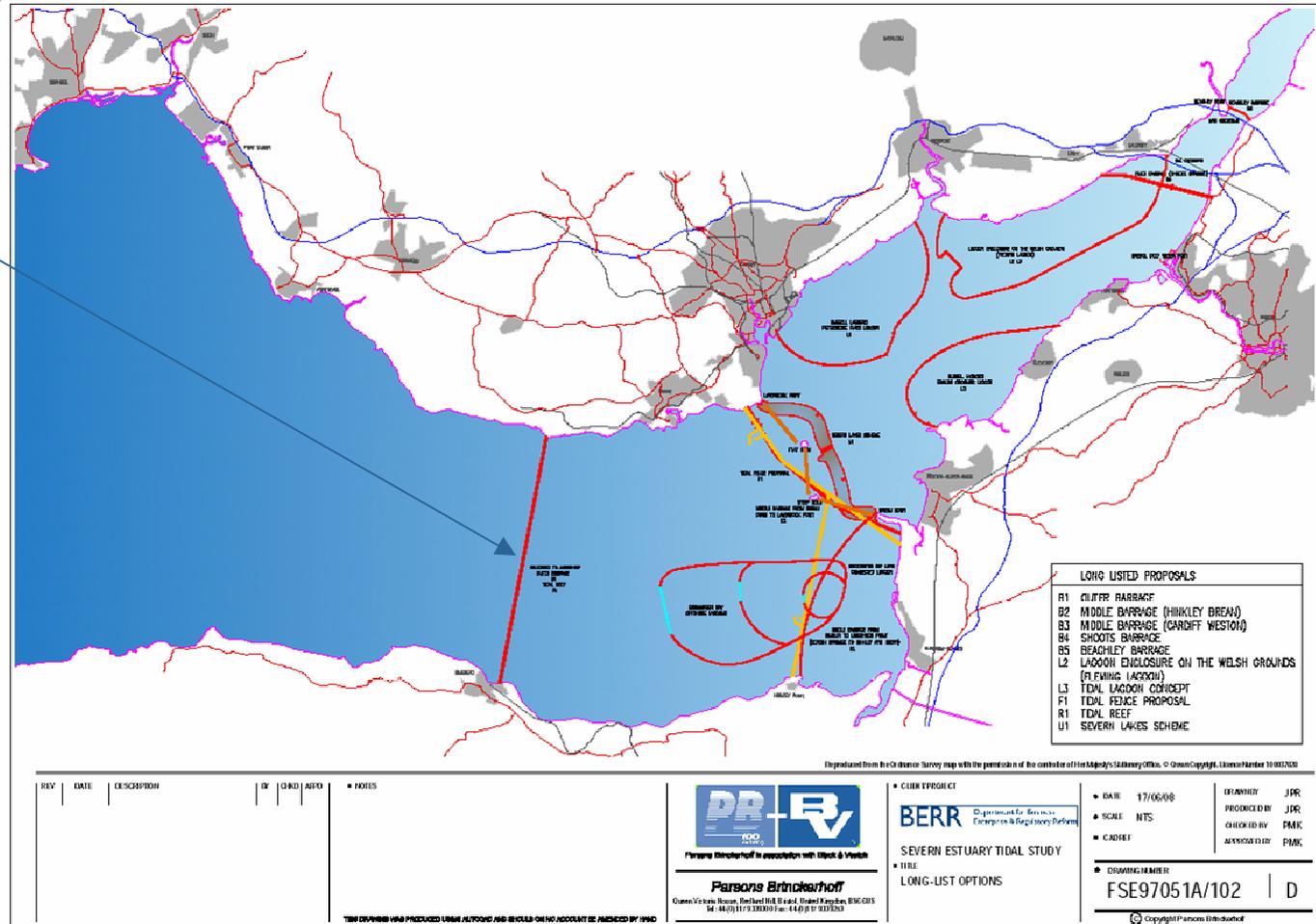


Upper Schemes

B1 Outer Barrage

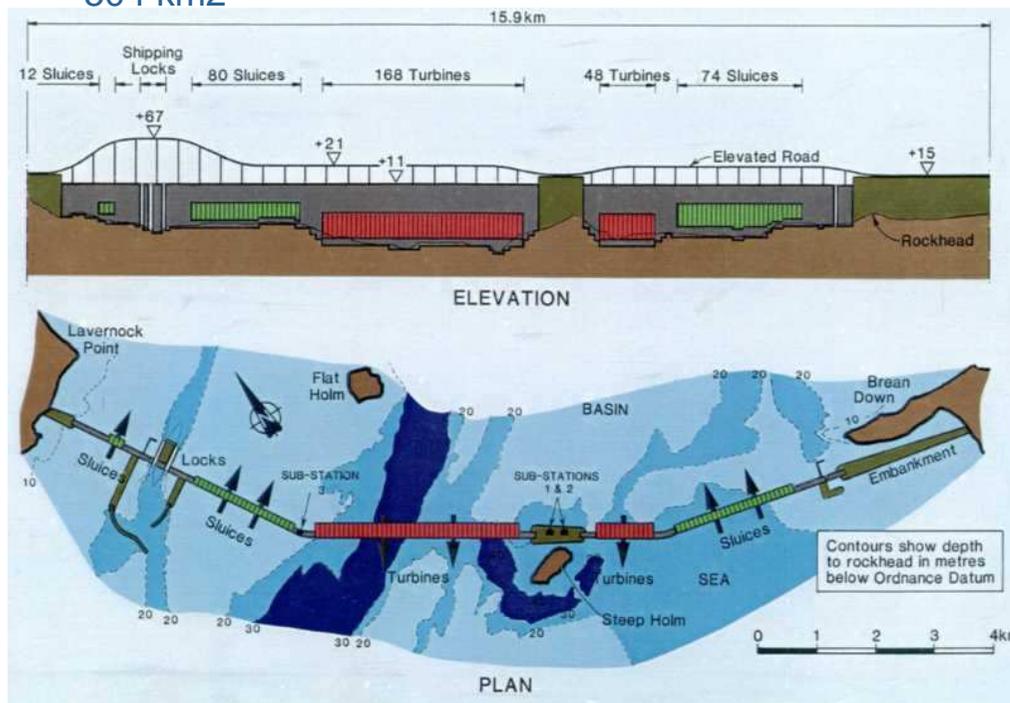
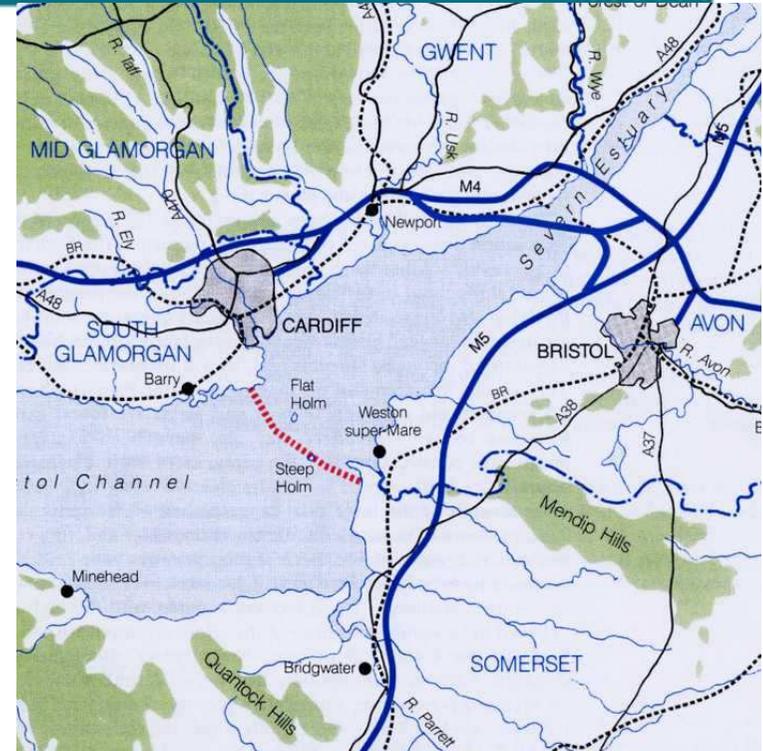
F1 Tidal Fence

R1 Tidal Reef



B3: Middle Barrage (Cardiff-Weston)

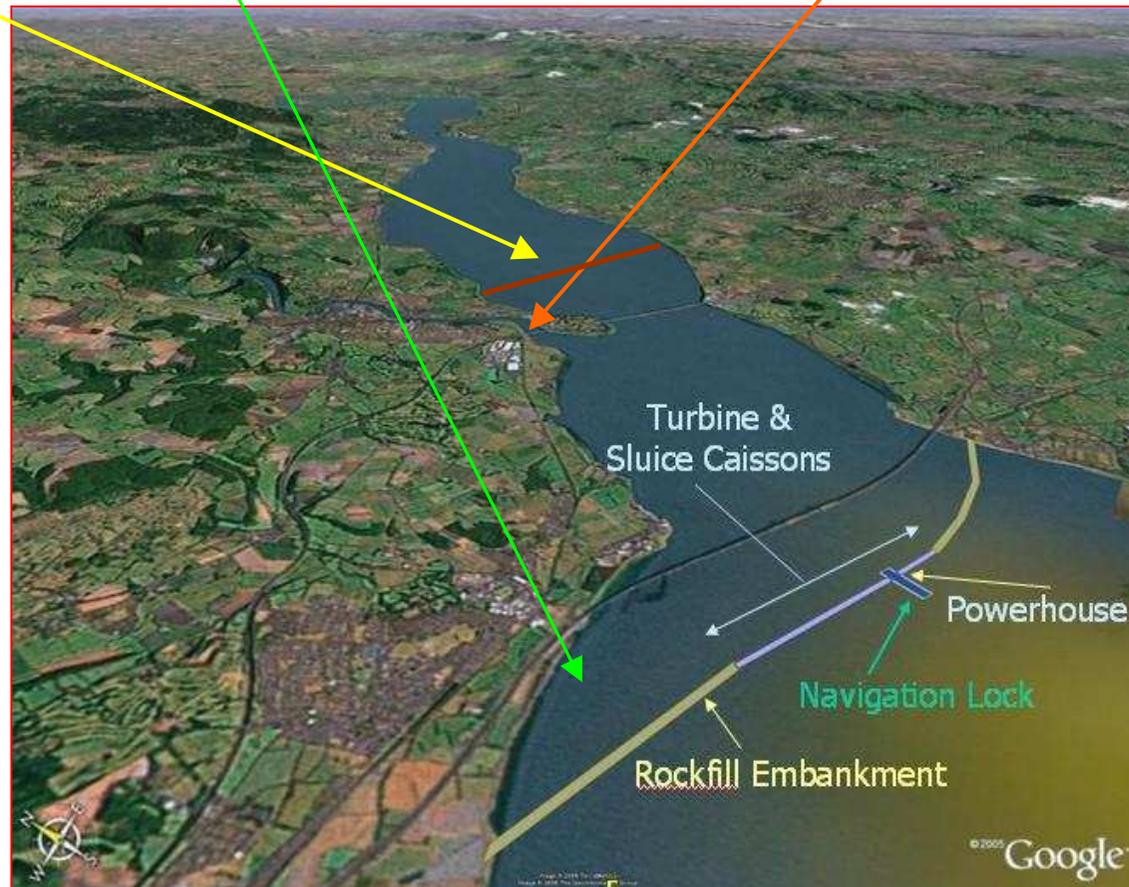
- 8,64 GW – 16.8 TWh
- From £ 19.6 bn to 22.2 bn
- 154 £/MWh
- 216 x 40 MW turbines (9 m diameter; bulb units)
- 166 sluices
- 16 km Barrage + 2 locks for ships & 2 locks for pleasure craft
- 504 km²



Auteur : J J HEROU

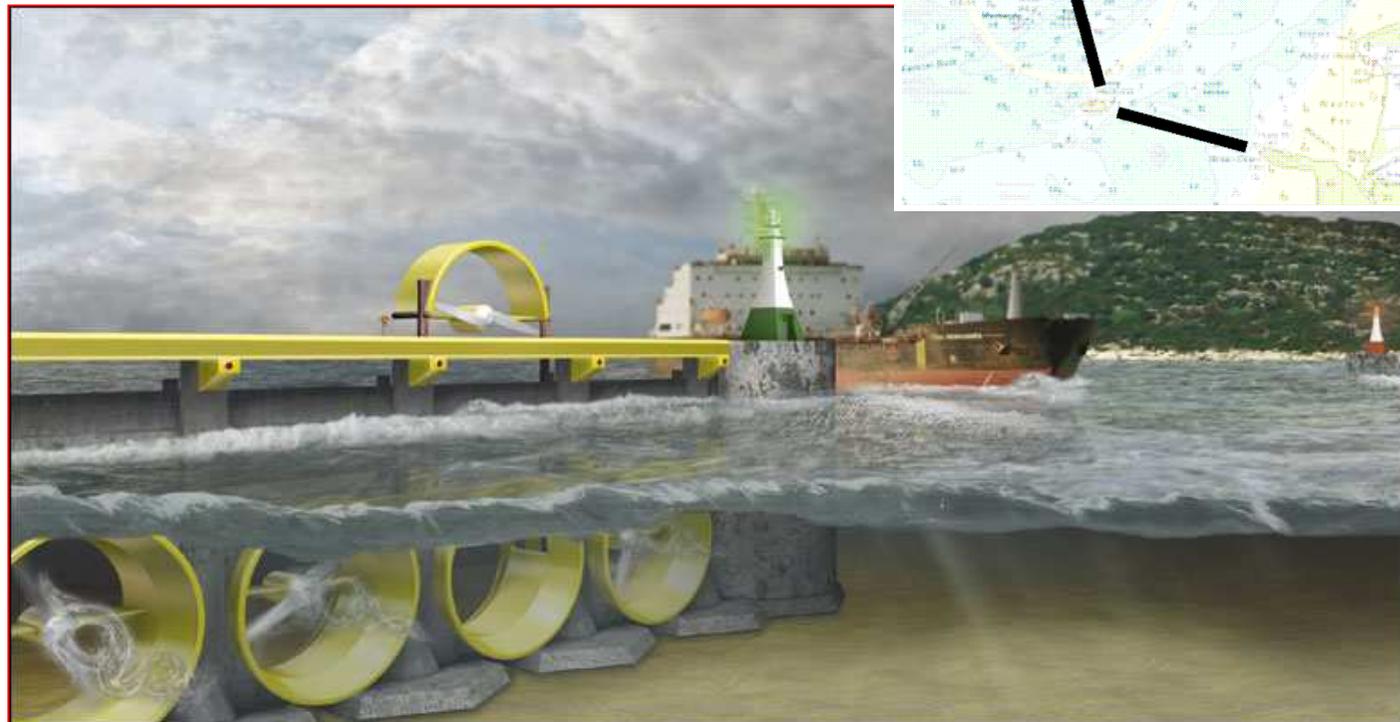
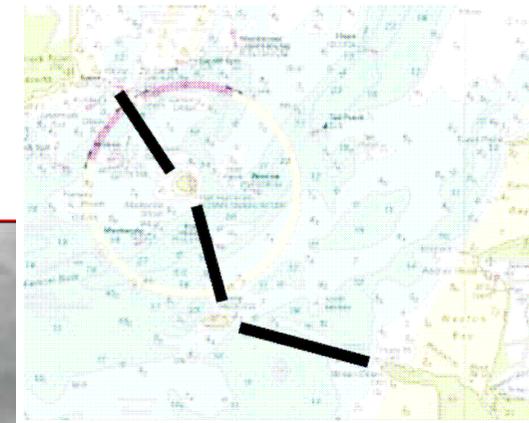
Beachley Barrage

- Beachley Barrage – smaller than Shoots but avoids blocking the river Wye
- 625 MW – 1.67 TWh
- From £ 2.1 bn to 2.5 bn
- 50 x 12.5 MW turbines
- 7.6 m diam. Straflo turb.
- 160 £/MWh
- 57 km²



F1: Tidal Fence (Minehead-Aberthaw)

- Tidal Fence Proposal : an array of tidal stream turbines proposed by the Severn Tidal Fence Group (Pulse Tidal devices; total 9 km; 260 x 5MW tidal steam turbines !)
- 1.3 GW - 3.3 TWh
- From £ 6.5 bn to 6.9 bn
- 251 £/MWh



Conclusionpartielle

Tidal Power Plant

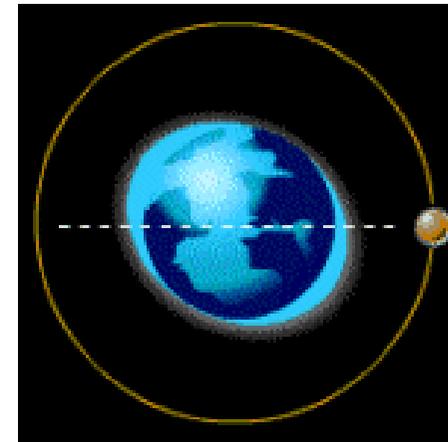


Kilimandjaro (AFP/Nasa)



A working concept with
no CO₂ production

More than a renewable
energy, a predicted and
almost « perpetual »
energy



A scenic view of a pebbly beach with green vegetation in the foreground and houses on a hill in the background. The text "MERCI DE VOTRE ATTENTION" is overlaid in the center in a bright yellow, bold, sans-serif font.

MERCI DE VOTRE
ATTENTION