

# Le Groupe EDF acteur du développement de l'hydrolien

Plan Energie pour la Bretagne – Réunion « Energies marines »

# Structure de la présentation

- **Le Groupe EDF, acteur européen du développement de l'hydrolien**
  - **Stratégie du Groupe EDF dans les Enr**
  - **Dimension britannique du développement de l'hydrolien : EDF Energy et MCT**
  - **Dimension française du développement de l'hydrolien : projet R&D « Hydrolienne en mer »**
- **Projet « Hydroliennes en mer »**
  - **L'analyse des zones potentielles en France**
  - **Le prédiagnostic environnemental des zones potentielles**
  - **Le développement d'outils et méthodes numériques**
  - **Perspectives en France**
  - **Veille sur les développements technologiques**



1

# Le Groupe EDF acteur européen du développement de l'hydrolien

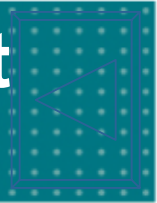
# Stratégie du Groupe EDF dans les EnR

- L'ambition du Groupe EDF est de se positionner comme un **acteur énergétique multi - filières**, fortement présent dans les **énergies renouvelables**, avec l'objectif d'en faire un secteur de croissance rentable pour le Groupe.
- Pour les **filières ayant atteint la maturité industrielle**, il s'agit d'assurer leur développement par une maîtrise industrielle et des investissements rentables.
- Pour les **filières en devenir**, il s'agit de préparer les relais de croissance futurs et de prendre position à travers **l'innovation technologique et la recherche et développement**.

# Objectifs stratégiques retenus pour chaque filière EnR

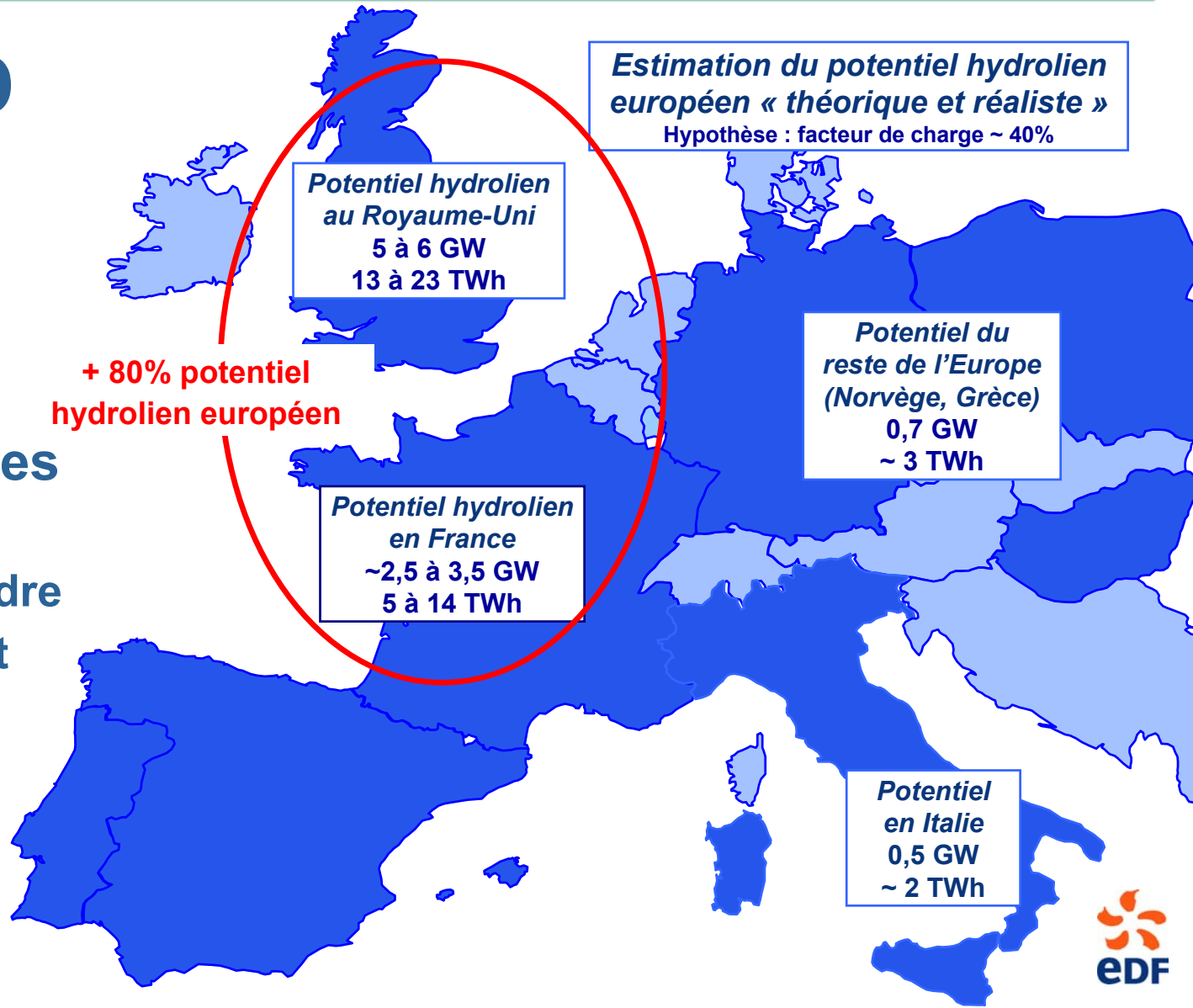
- **Hydraulique** : conforter, voire augmenter (suréquipements, turbinage des débits réservés...) les capacités de production hydraulique du Groupe
- **Solaire** : atteindre une position de leader sur les solutions solaires en France, développer ce relais de croissance
- **Éolien** : devenir un producteur éolien de premier plan en répondant aux exigences et contraintes du Groupe en France, Italie et UK
- **Biomasse** : rester en position d'observation et saisir les opportunités selon leur rentabilité
- **Hydrolien et filière photovoltaïque couches minces** : préparer l'avenir par une forte implication dans la R&D

# La dimension européenne du développement hydrolien au sein du Groupe EDF



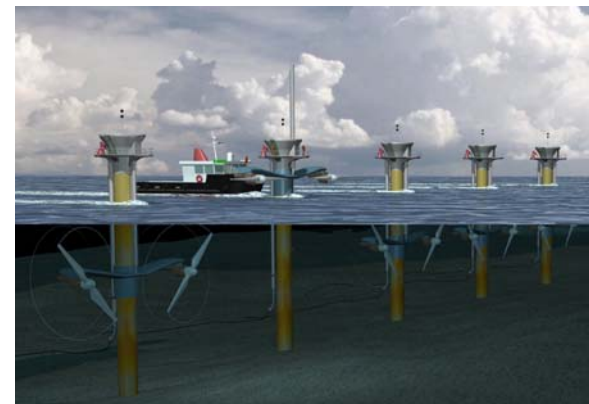
## EDF R&D

Partenaire de  
L'Action de  
Coordination  
sur les  
Énergies marines  
financée par le  
6e Programme-Cadre  
de Recherche et  
Développement  
de la  
Commission  
Européenne



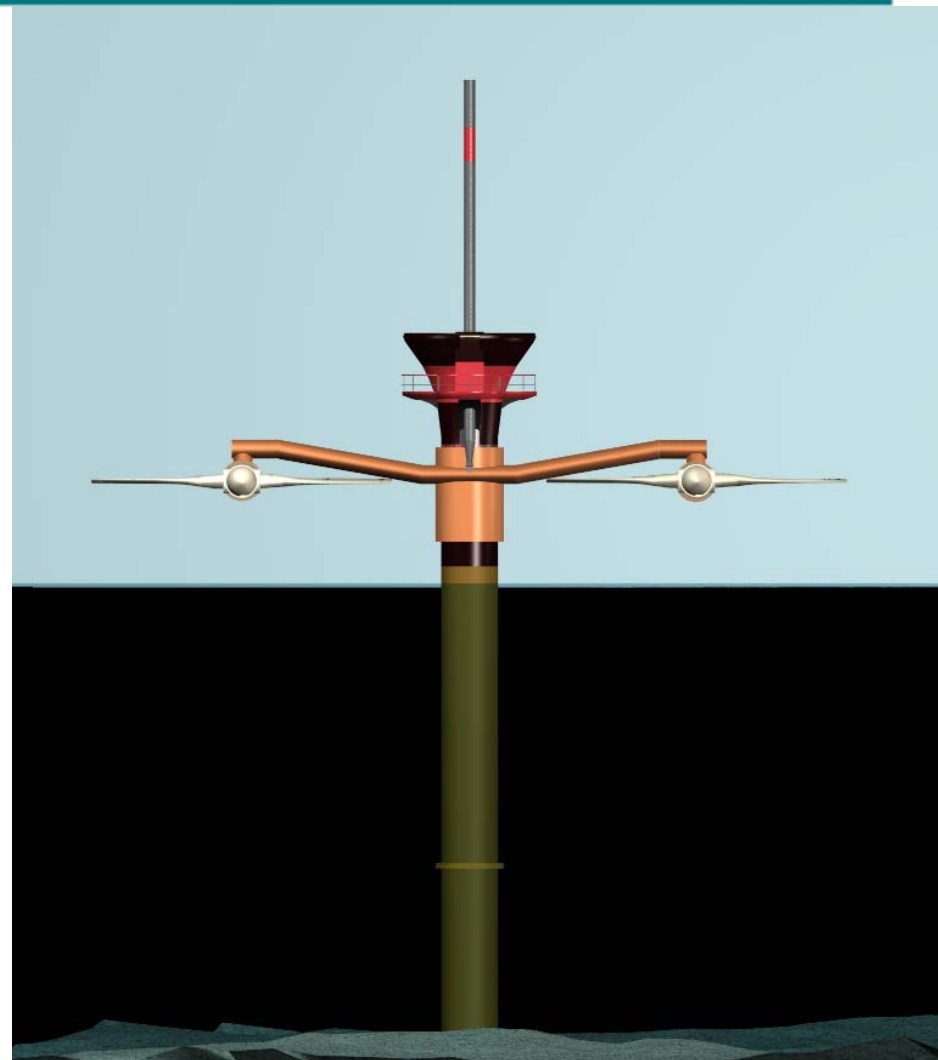
# La dimension britannique du développement hydrolien au sein du Groupe EDF

- Stratégie de développement des EnR du Groupe EDF (via sa filiale EDF Energy) au Royaume-Uni : 900 MW d'ici 2010 dont l'éolien offshore et l'hydrolien (objectif d'un premier parc en 2008)
- EDF Energy, actionnaire de la PME Marine Current Turbine (MCT), apporte son soutien au développement de la technologie de MCT :
  - 2003 : installation du prototype SeaFlow (300 kW - Lynmouth-Devon)
  - Été 2006 : installation de l'hydrolienne pré-industrielle SeaGen, raccordée au réseau (1,2 MW - Strangford Lough-Irlande du Nord)
- Synergie au sein du Groupe, grâce à l'implication de la R&D et de l'ingénierie EDF dans le suivi de l'installation et de l'exploitation de SeaGen, dans l'évaluation des sites potentiels hydroliens au Royaume-Uni



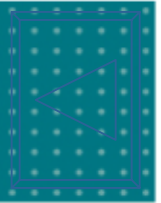
# Hydrolienne SeaGen de MCT-Strangford

- . Diamètre rotor : 16 m
- . Puissance : 2x600 kW
- . Diamètre pieu : 2,1 m
- . Courants : > 3 m/s
- . Raccordement réseau : 300 m
- . Site très protégé ⇒ étude d'impact conséquente + suivi environnemental
- . Fabrication à partir de différents fournisseurs européens (UK, Rép. Tchèque, Danemark...)
- . 2 ans de tests





# La dimension française du développement hydrolien au sein du Groupe EDF

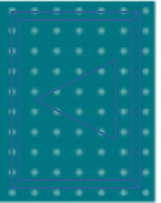


## Le projet de Recherche et Développement « Hydroliennes en mer »

### Objectifs de ce programme

1. Identifier les sites prometteurs en France métropolitaine
2. Réaliser les études préliminaires d'impact et d'insertion dans l'environnement marin
3. Caractériser les technologies d'« hydroliennes » les plus performantes
4. Etudier la faisabilité technico-économique d'un premier parc d'hydroliennes dans les eaux françaises  
*(Développer les outils et méthodes ad hoc)*

# La dimension française du développement hydrolien au sein du Groupe EDF



## Le projet de Recherche et Développement « Hydroliennes en mer »

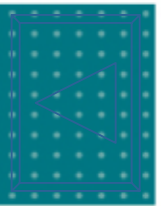
### Actions menées en 2004 et 2005 pour atteindre ces objectifs

1. L'analyse de sites potentiels en France
  - Modélisation numérique des courants de marée en Manche
  - Réalisation d'un pré-diagnostic environnemental (5 sites)
  - Mesures des courants et vagues en Manche (2 sites)
2. Le développement d'outils et méthodes numériques
3. La veille sur les développements technologiques en Europe

# 2

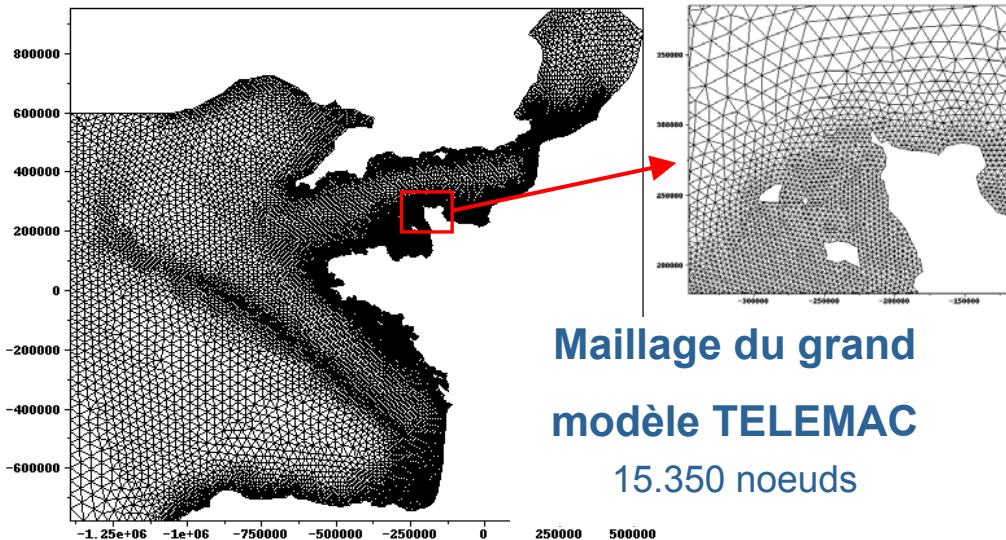
## L'analyse des sites potentiels en France métropolitaine

# Recherche des sites à potentiel hydrolien les plus prometteurs en France métropolitaine



## Modélisation numérique à l'aide du système TELEMAC

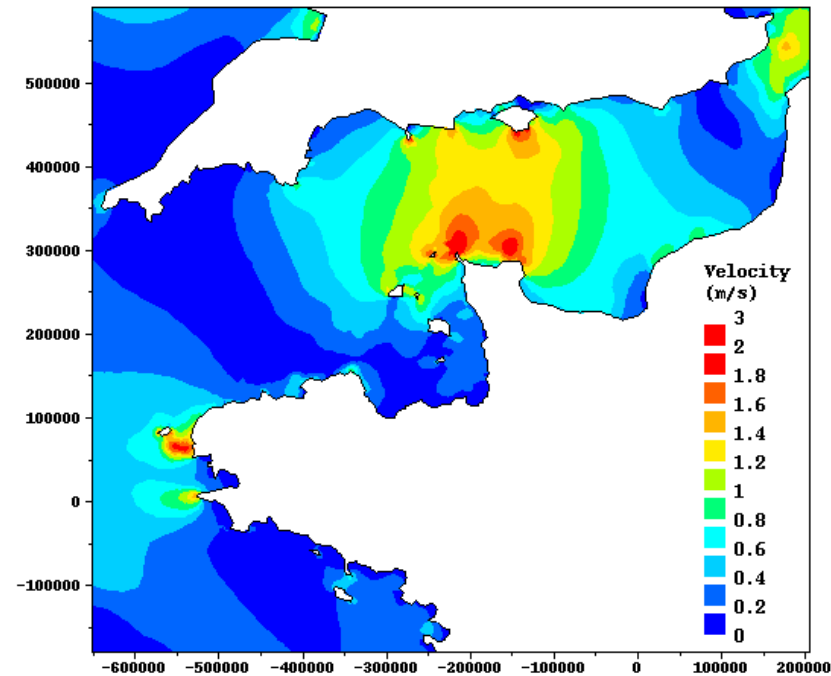
Formalisme en éléments finis utilisant les équations 2D de St Venant



Maillage du grand  
modèle TELEMAC  
15.350 noeuds

Approche de Betz pour commencer...

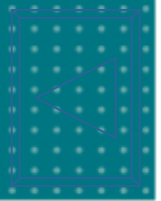
$$E_{extractible} = \frac{16}{27} \frac{1}{2} \rho \int_0^{1an} V^3 .dt$$



Champ de vitesses max. dans la  
Manche (max dans le Cotentin)

**Sélection de quelques sites prometteurs**

# Réalisation de campagnes de mesures de courants et de vagues en Manche – les objectifs



## Campagnes de mesures en Manche début 2005

➤ en janvier dans le Cotentin (Barfleur)

➤ en avril en Bretagne (Bréhat)

➤ sur un cycle de marée (15j)

- Objectif non-technique

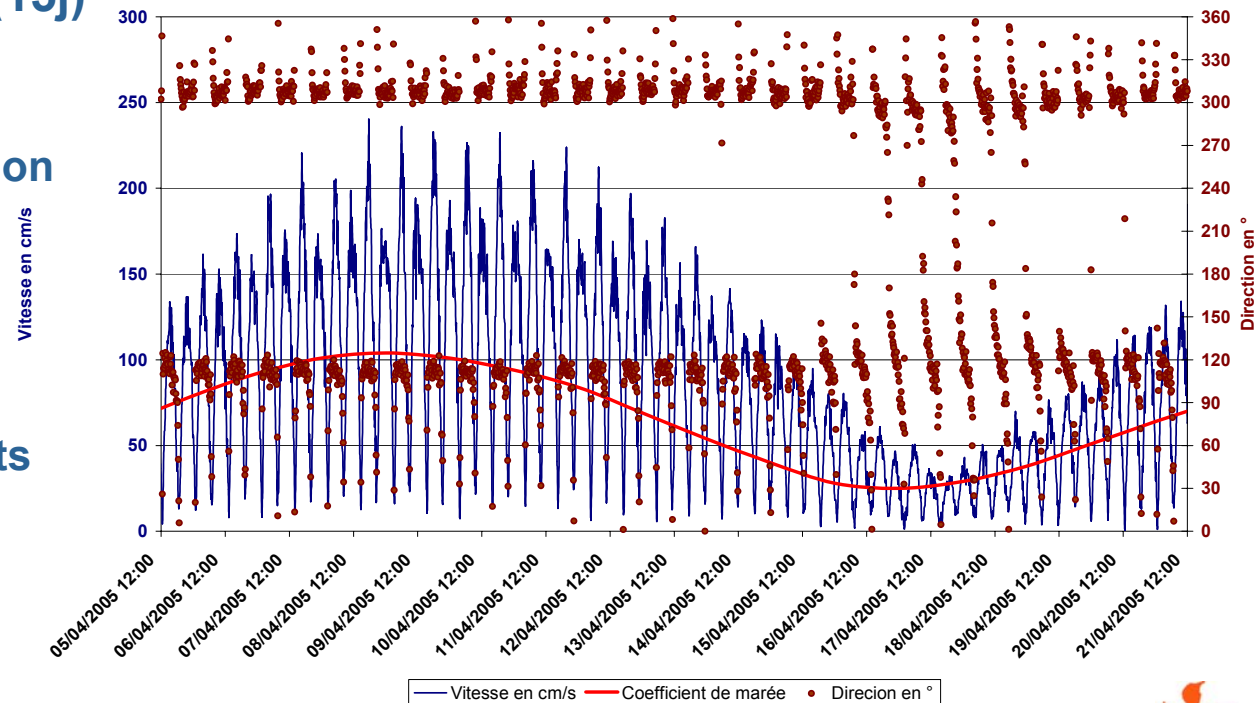
Initier le partage d'information et la concertation

- Objectif scientifique

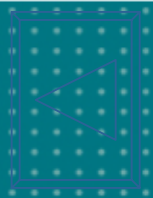
mieux connaître les caractéristiques des courants et des vagues (interactions)

### Exemple de résultats à Bréhat (vitesse, direction)

Vitesse et direction du courant au niveau intermédiaire (à 18 m du fond) au point 1



# Réalisation de campagnes de mesures de courants et de vagues en Manche – exemple de Bréhat

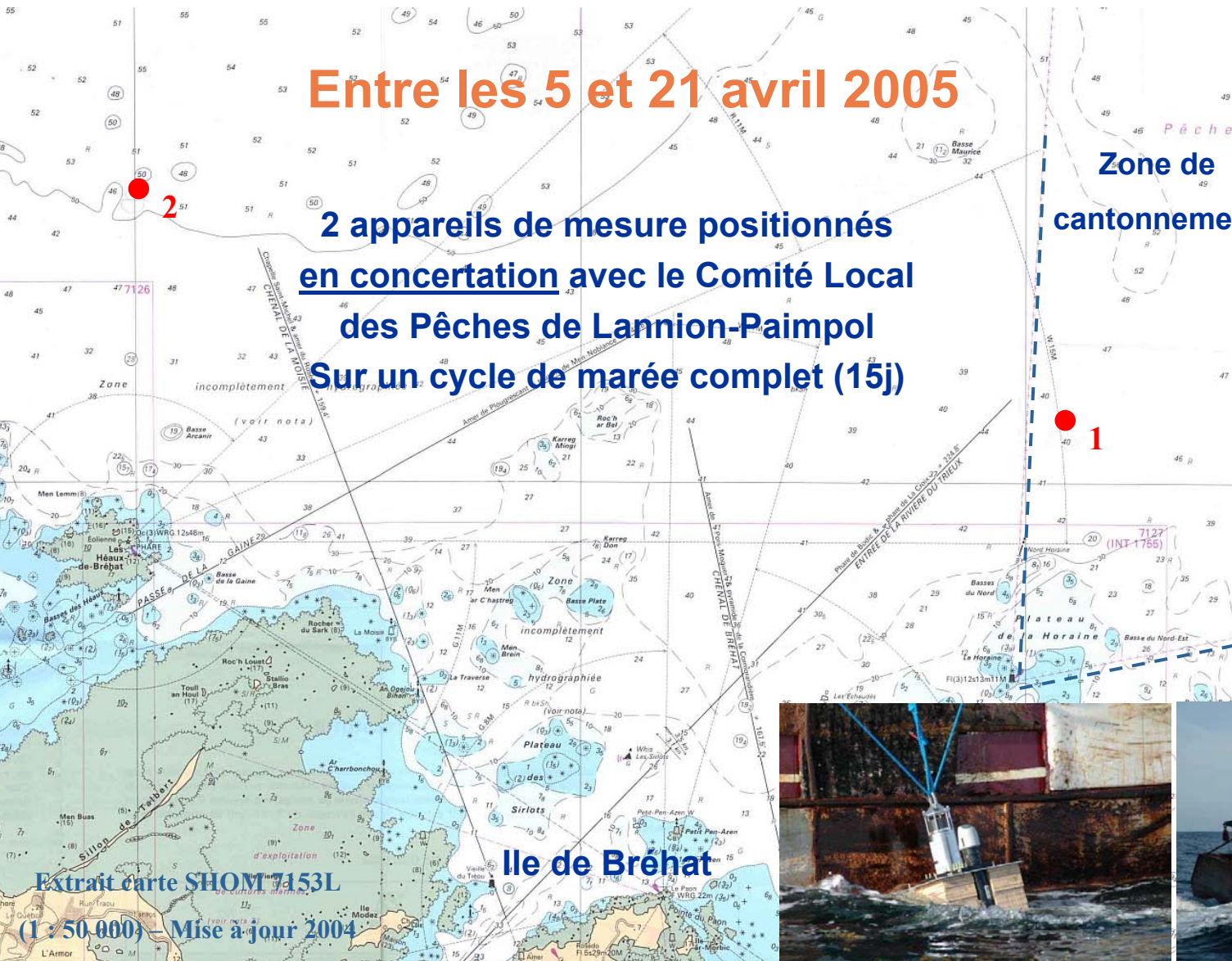


Entre les 5 et 21 avril 2005

2 appareils de mesure positionnés  
en concertation avec le Comité Local  
des Pêches de Lannion-Paimpol  
Sur un cycle de marée complet (15j)

Zone de  
cantonnement

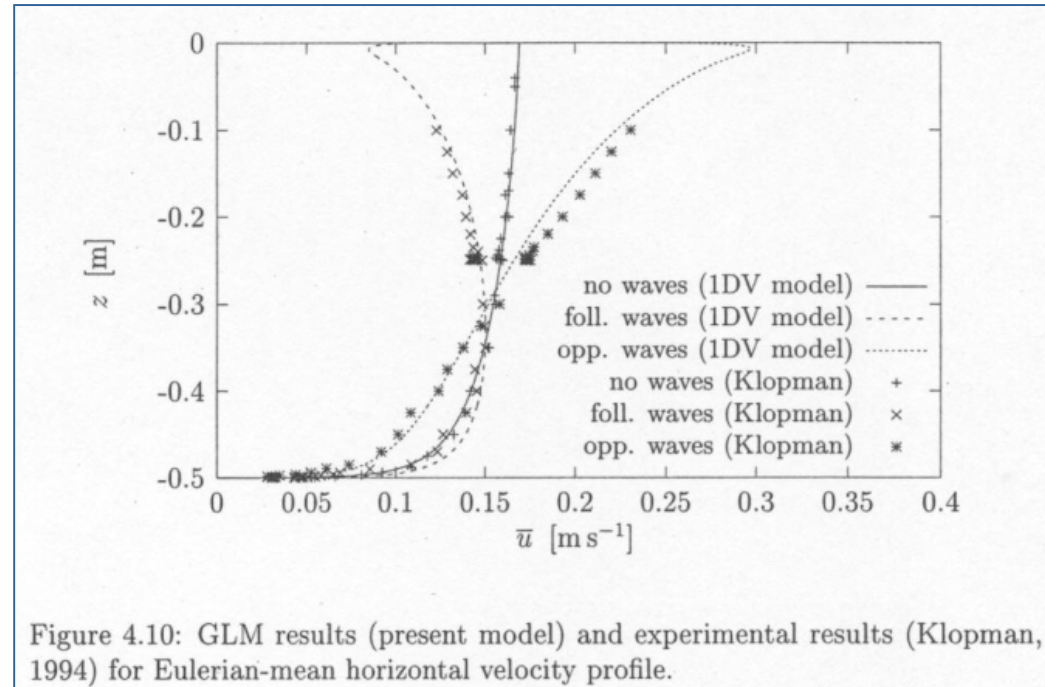
1



# Les campagnes de mesures de courants en Manche – exploitation des résultats « recherche »

## Exploitation à venir à partir de 2006

- Objectif : comprendre les interactions fines entre courants et vagues (accélération / ralentissement de la vitesse des courants ?)
- Pas simple de comprendre cette physique
  - Phénomènes complexes
  - Outils d'analyse statistiques exigeants



Une thèse IFREMER (travail de recherche de 3 ans) a commencé sur le sujet en novembre 2005, et EDF est partenaire de ces travaux

# 3

## Le pré-diagnostic environnemental : des résultats encourageants



# Le pré-diagnostic environnemental : encourageant – la zone de Barfleur

**Aucune contre-indication majeure...  
... mais des points de vigilance**

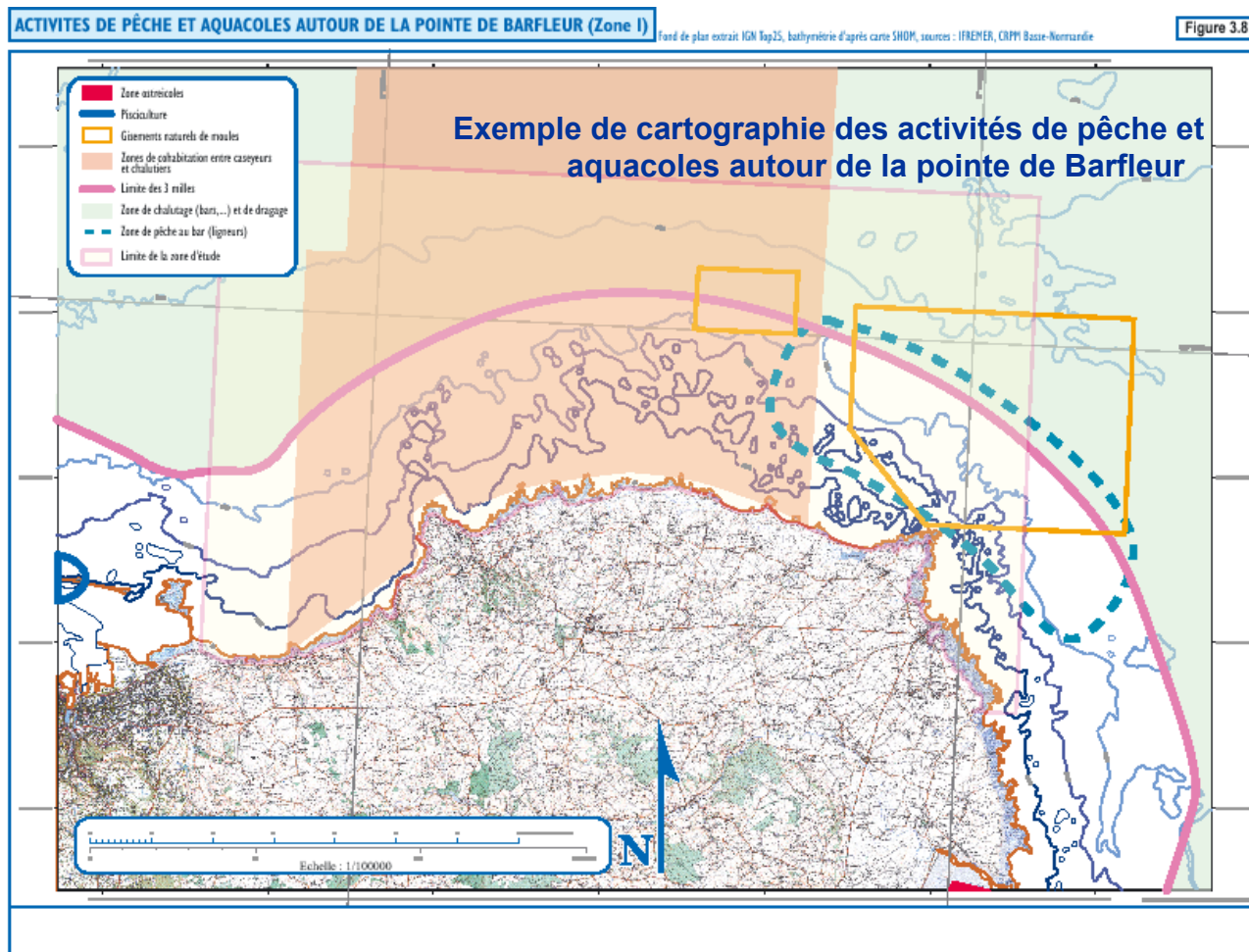
## • Analyse de :

- l'environnement physique
- des activités existantes
- (pêche, conchyliculture...)
- du contexte réglementaire

## • Points de vigilance :

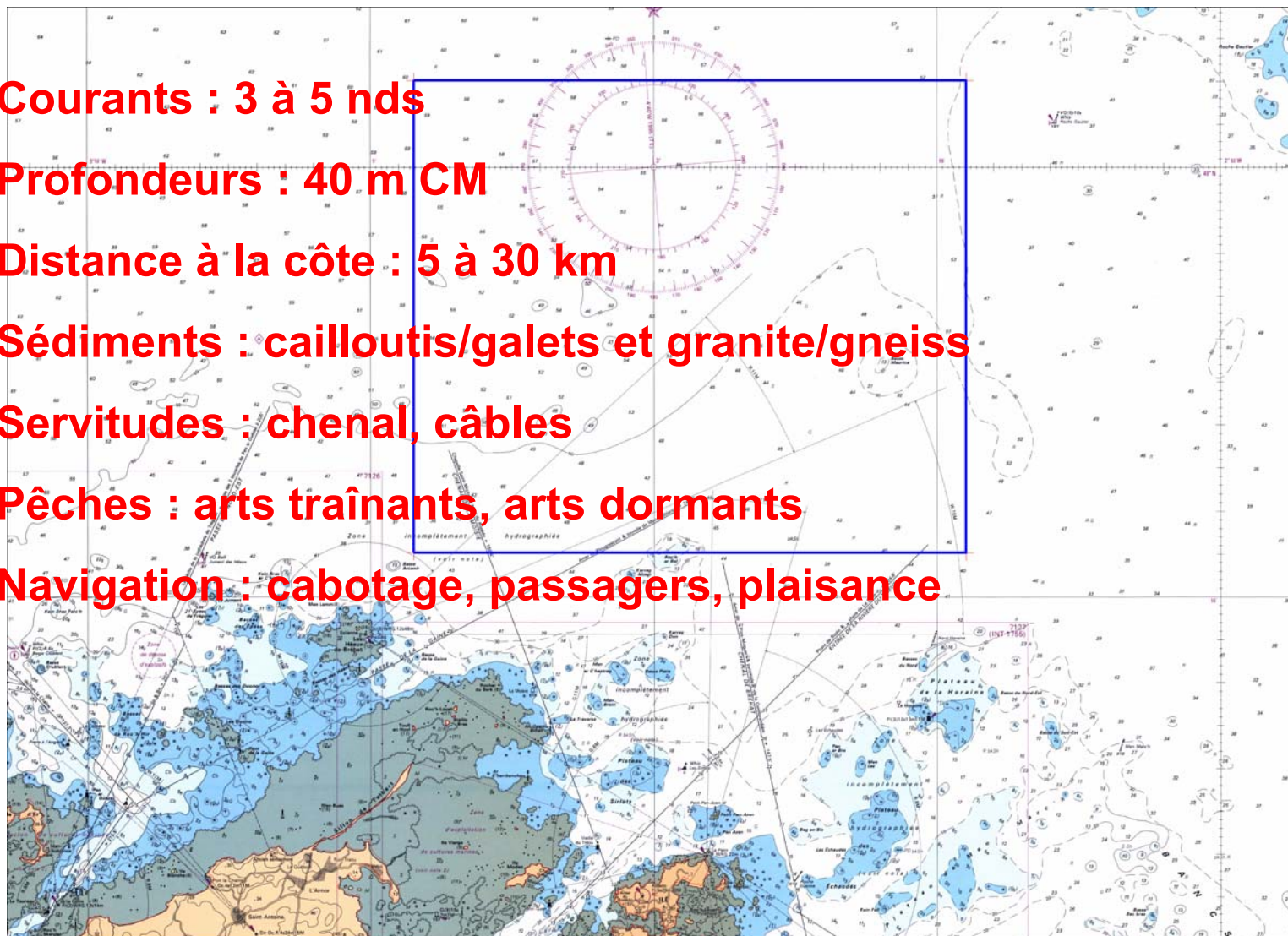
- Pêche au bar
- Transport maritime
- ...

➔ **Poursuite du partage d'information !**



# Le pré-diagnostic environnemental : encourageant – synthèse sur la zone de Bréhat

- **Courants : 3 à 5 nds**
- **Profondeurs : 40 m CM**
- **Distance à la côte : 5 à 30 km**
- **Sédiments : cailloutis/galets et granite/gneiss**
- **Servitudes : chenal, câbles**
- **Pêches : arts traînants, arts dormants**
- **Navigation : cabotage, passagers, plaisance**



# Le pré-diagnostic environnemental : encourageant – synthèse sur la zone de Bréhat

## • Protection

- pSIC (FR5300010) "Côte de Trestel à la Baie de Paimpol, Estuaires du Jaudy et du Trieux, Archipel de Bréhat", intégrant le Sillon de Talbert et les îlots qui le débordent, à 2 600 m au Sud de la zone d'étude

## • Hors site

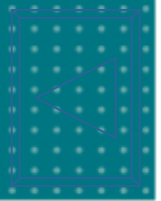
- ZPS Estuaires du Trieux et du Jaudy
- ZNIEFF 1 Sillon de Talbert, de la côte Nord et Ouest de l'île de Bréhat, de l'anse de Lanros
- ZNIEFF 2 Estuaires du Trieux et du Jaudy
- ZICO Estuaires du Trieux et du Jaudy
- Site Inscrit pour la quasi-totalité du littoral,
- Sites Classés de l'Archipel de Bréhat et de la pointe de l'Arcouest



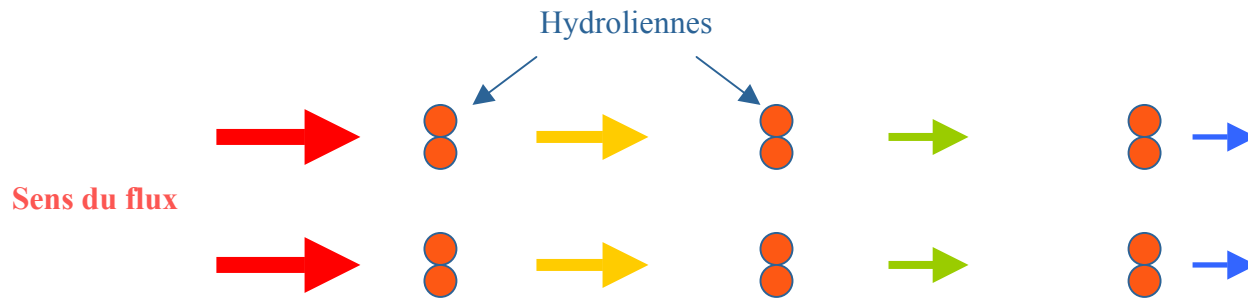
# 4

## Le développement d'outils et méthodes numériques pour évaluer la production

# Développement d'un outil de modélisation de parc d'hydroliennes à l'aide du logiciel TELEMAC (1)



Position du problème : dans un parc d'hydroliennes, les effets de sillages agissent sur la puissance extraite par les machines



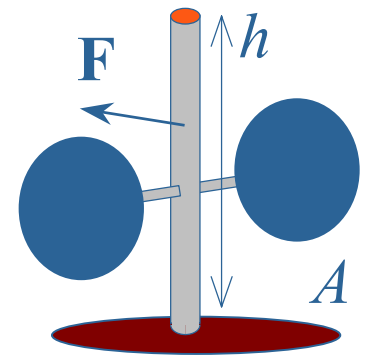
Vitesses importantes

Vitesses faibles

Puissance extraite importante

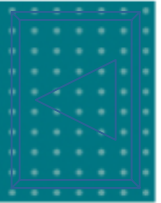
Puissance extraite faible

= Puissance extractible totale

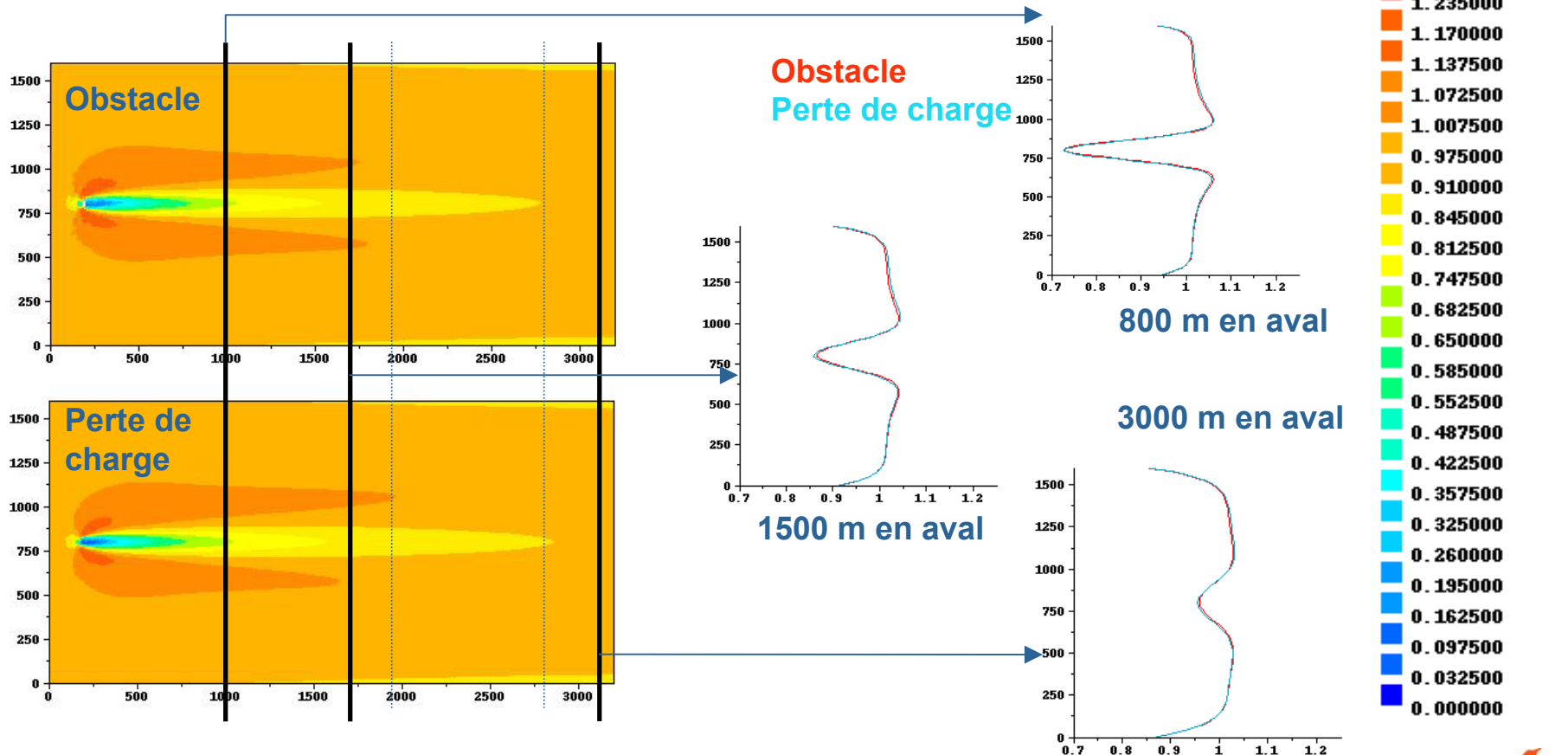


Schématisme d'une hydrolienne MCT

# Développement d'un outil de modélisation de parc d'hydroliennes à l'aide du logiciel TELEMAC (2)

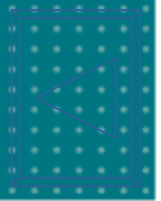


## Validation de la méthodologie de représentation d'une hydrolienne



On observe également les même pertes de puissances entre entrée et sortie dans les deux cas.

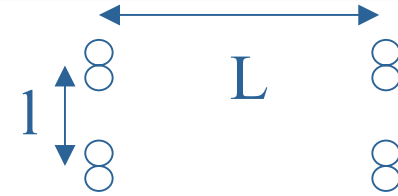
# Développement d'un outil de modélisation de parc d'hydroliennes à l'aide du logiciel TELEMAC (3)



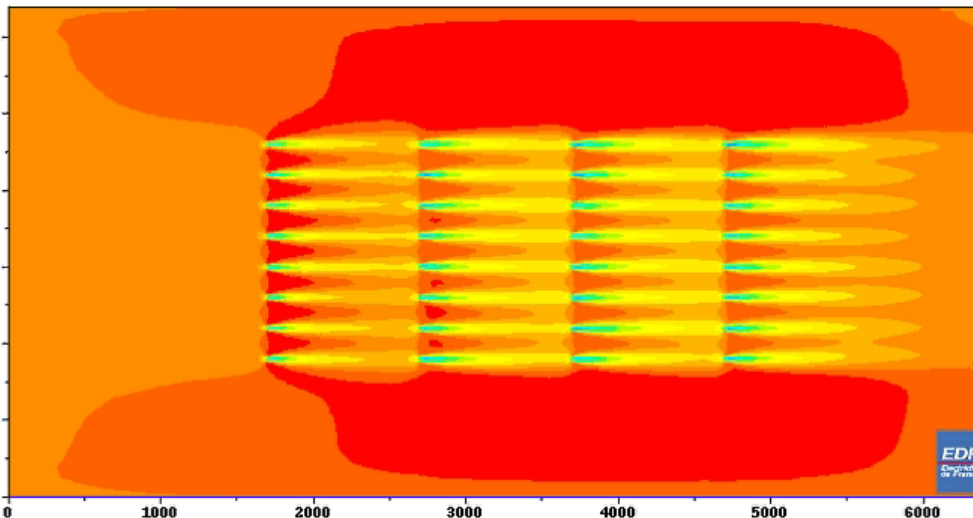
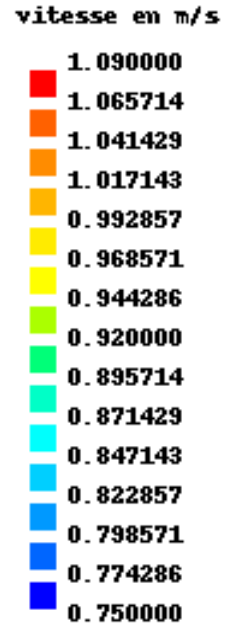
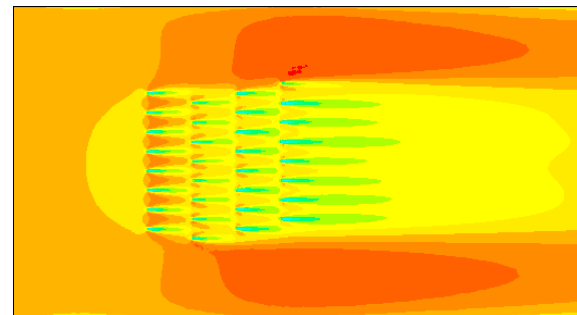
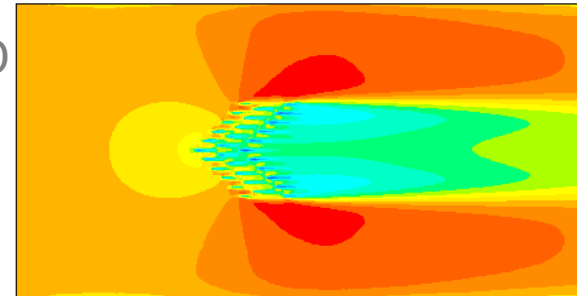
## Méthodologie de représentation d'un champ d'hydroliennes

Différentes valeurs de L et I :

- Valeurs testées pour L : 10D, 20D, 30D
- Valeurs testées pour I : 2D, 3D, 4D, 5D, 6D
- D'autres configurations aussi ...



Configuration en 'vol d'oiseaux'



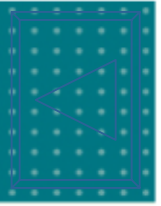
Configuration régulière en 'bataille'

Vitesse

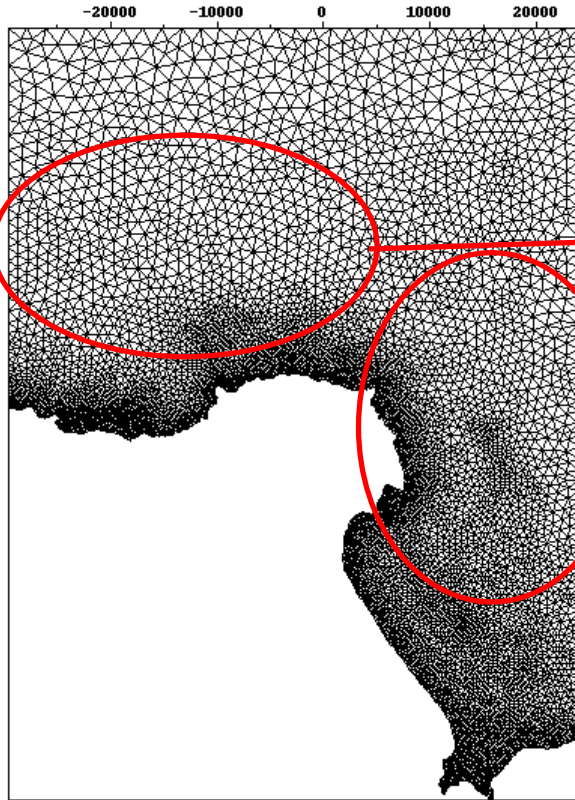
Configuration en 'quinconce'



# Exemple d'application à venir de cette méthode en 2006 : étude d'un parc à Barfleur

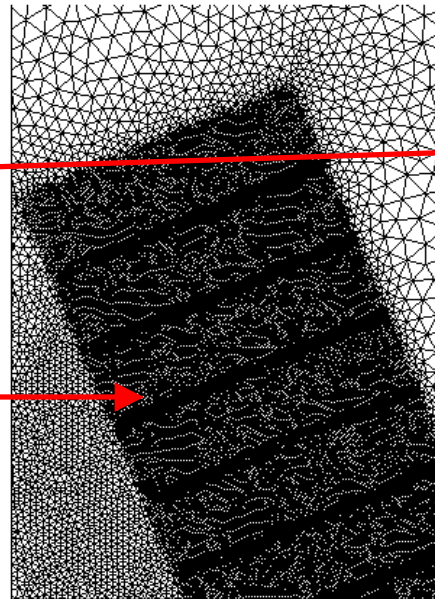


Avant la mise en place du parc : 8000 mailles

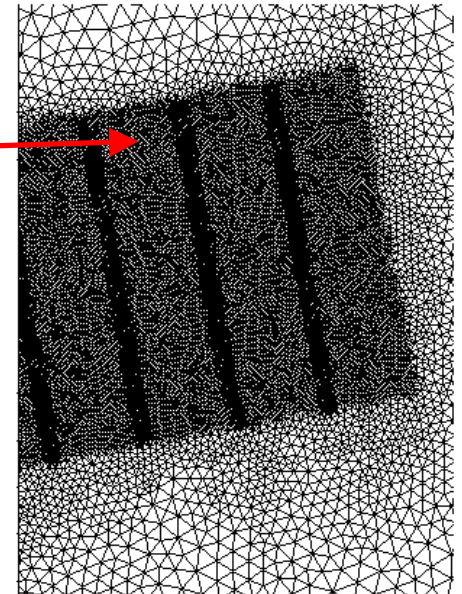


Après la mise en place d'un parc : 30000 mailles

**Zone Est**



**Zone Ouest**



Etude similaire prévue pour Bréhat en 2007.



5

# Perspectives en France

# Poursuite du projet « Hydroliennes en mer »

- **2006 : étude technico-économique en Basse-Normandie (Barfleur)**
  - **Technique** (compatibilité ressource – machines)
  - **Économique** (coûts vs gains ?)
  - **Réflexion sur protocole de suivi environnemental** (impact sur le milieu)
  - **Examen des possibilités de raccordement au réseau**
- **2006 : analyse géophysique en Bretagne (Bréhat)**
- **2006-2007 : suivi et partage du retour d'expérience sur le projet SeaGen (technique + impact & suivi environnemental) avec déclinaison aux eaux françaises. Partage de ces informations avec les acteurs concernés**
- **2007 : étude technico-économique en Bretagne (Bréhat)**

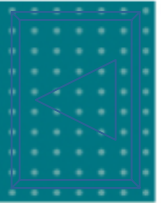
# Premier parc hydrolien en France ?

- **Décision EDF courant 2007 pour un premier parc de démonstration à l'horizon 2009-2010 environ**
- **Choix de ce premier site hydrolien en France à établir sur des critères non seulement techniques (accès, nature des fonds marins, raccordement au réseau...) mais également sur des critères d'acceptabilité en fonction des différents usagers de la mer.**
- **Suivi des orientations données par l'Etat (zonage, aides au développement, tarification EnR marines...)**
- **Poursuite de notre implication aux niveaux locaux et régionaux, en poursuivant le partage d'information, l'écoute et le dialogue avec tous les acteurs concernés (élus, Comités Régionaux et Locaux de Pêche, administrations...)**
- **Renforcement des interactions entre nos activités et les initiatives régionales en faveur du développement de cette filière des énergies marines (Pôle Mer Bretagne, Pôle EnRRDIS, Technopole Cherbourg-Normandie...)**

# 6

## Veille sur les développements technologiques

# Systemes hydroliens en developpement

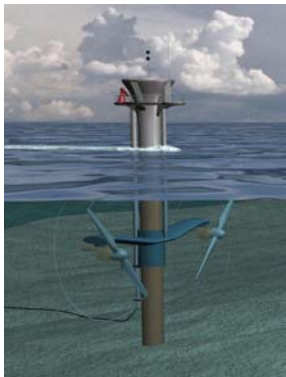


## Nouveaux systemes testes en mer a partir de 2006

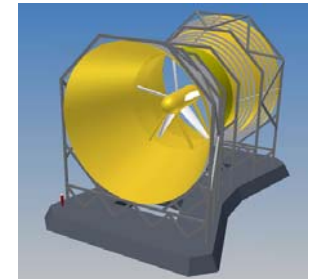
Hammerfest Strøm,  
Géné. commerciale, ~ 1 MW  
(Kvalsund, Norvège)



Marine Current Turbines  
Machine SEAGEN, ~ 1,2 MW  
(en Irlande du Nord, GB)



Lunar Energy  
Puissance 1 MW  
(EMEC, Ecosse)



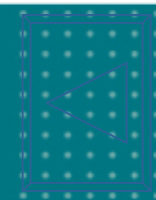
SMD Hydrovision  
Système TidEl, ~1 MW  
(EMEC, Ecosse)



**Aucun systeme industriel a ce jour !**

**=> Les premiers a horizon 2007 - 2008 ?**

# Systemes hydroliens en developpement



## Projet de Hammerfest Strom AS (Norvège)



Projet norvégien  
Déroit de Hammerfest, Norvège

Installation en septembre 2003

Vitesse courants = 1,8 m/s

Profondeur = 50 m

Puissance de 300 kW

Diamètre turbine : 20 m

Hauteur dispositif : 30 m

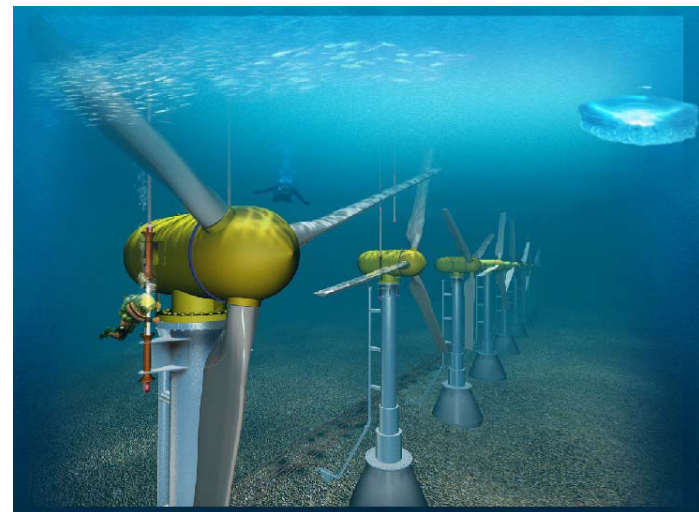
Système gravitaire

Système submergé

Raccordé réseau

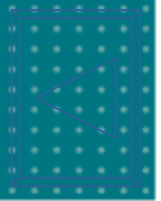
Automatisé

Coût projet 300kW = 5,5 MEur



**Objectif 2006 : boucler le financement  
pour la 1ère machine de 800 kW**

# Systemes hydroliens en developpement

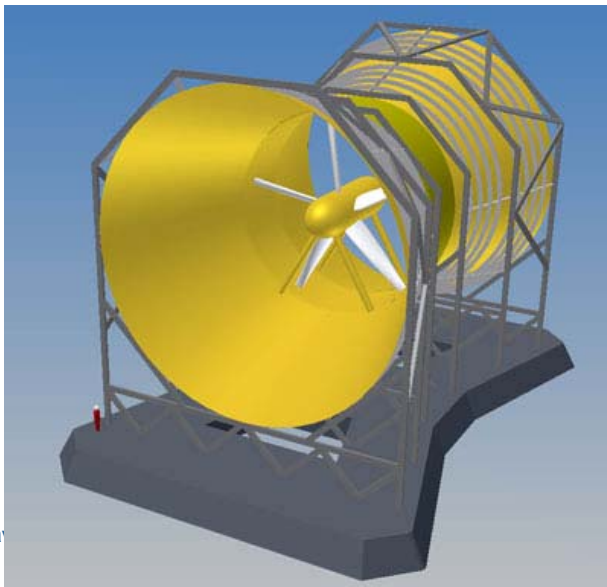


## Projets en cours de developpement en Grande-Bretagne

=> Tests en 2006 d'un prototype 1 MW au Centre Europeen des Energies Marines (EMEC)

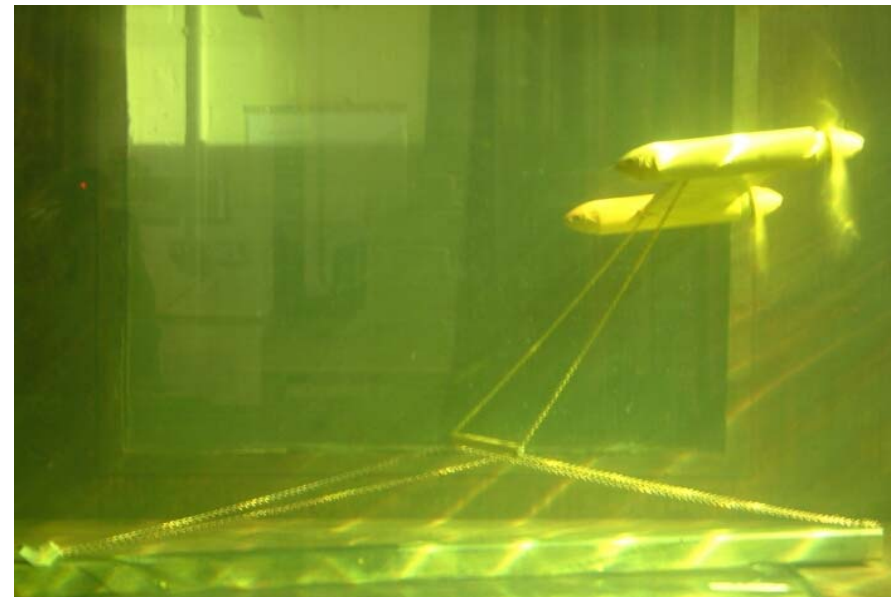
### LUNAR ENERGY

- fondee en 2001
- Exemple de puissance 1,5 MW
  - $\varnothing = 21\text{m}$  ; longueur = 27m
- Soutien du DTI : 8,2 MEur

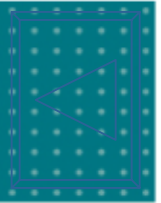


### TIDEL (SMD Hydrovision)

- paire de turbines contra-rotatives
- P unitaire = 500 kW /  $\varnothing = 15\text{m}$
- Facteur de charge  $\sim 40\%$
- Soutien du DTI : 4 MEur



# Systemes hydroliens en developpement

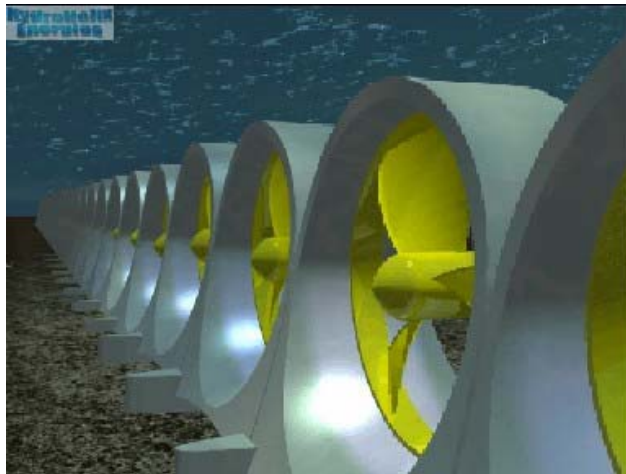


## Projets en cours de developpement en France

=> Au stade faisabilite & laboratoire ; recherche de financements...

### MARENERGIE

Labellise par le pole MER breton



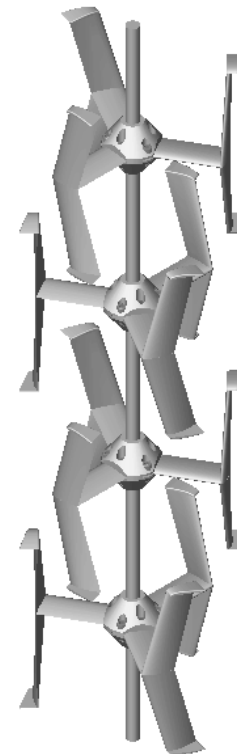
**HydroHelix  
Energies**



Saipem s.a.

### HARVEST

Labellise par le pole ENERRDIS



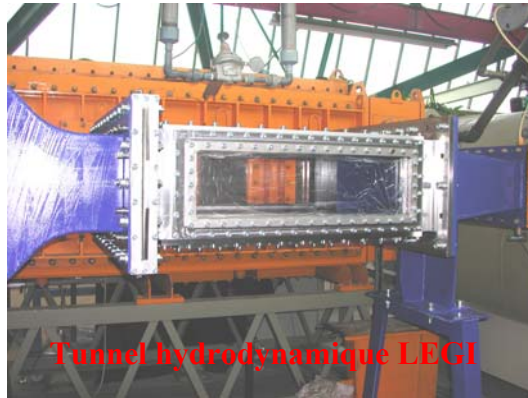


- Intérêt pour EDF des Hydroliennes à axe transverse :

- Développement en petite hydraulique décentralisée (canaux, rivières)
- Hydroliennes en mer de 2ème génération ? En particulier en grande profondeur (> 40 m), 80% de la ressource



Hydrolienne Achard



Tunnel hydrodynamique LEGI



Tours d'hydroliennes en rivière

- Implication d'EDF dans le projet HARVEST du LEGI :

- Comparaison des performances des hydroliennes à axe horizontal avec les différentes hydroliennes à axe transverse (Darrieus, Gorlov, Achard)
- Mise à disposition d'un canal de centrale hydroélectrique pour des essais d'une tour d'hydroliennes Achard
- Appui du LEGI pour adaptation du concept d'hydroliennes Achard au milieu marin avec d'autres partenaires (IFREMER, Pôle Mer Bretagne...)



# Etapes du développement EnR marines

Etudes : Ressource Conception	Essais en labo	Prototypes échelle réduite	Prototype échelle 1	Site de démonstration	1er parc industriel	Développement industriel Parcs (n+10)
-------------------------------------	----------------------	----------------------------------	------------------------	--------------------------	------------------------	---



## Eolien offshore :

Eolien offshore eau profonde (> 40 m) :

2010 ?

Energie des courants de marées (Hydrolien) :

2010 ?

Energie des courants océaniques :

2015 ?

Energie des vagues :

2008 ?

Energie thermique des mers :

2030 ?

# Les Energies Marines au Royaume-Uni

## *Des mesures volontaires pour faire décoller la filière !*

- Principale ressource des Energies Marines en Europe
- Contexte énergétique : préparer « l'après pétrole-gaz » !
- Réduire de 60% d'ici 2050 les émissions de CO2
- Part des EnR dans la production électrique :  
2010 : 10% (18% Ecosse) - 2015 : 15% (40% Ecosse en 2020 !)
- Budget de R&D depuis 2001 : plus de 29 M€
- Fonds de Développement des EnR marines : 74 M€ sur 3 ans
  - *Objectif : financer les premiers parcs de démonstration*
- Tarif d'achat : 222 € / MWh
  - *74 € / MWh d'extension des Obligations de rachat (ROCs)*
  - *148 € / MWh de complément du Fonds de développement pendant les 5 premières années*

# Zonage Energies Marines au Royaume-Uni

