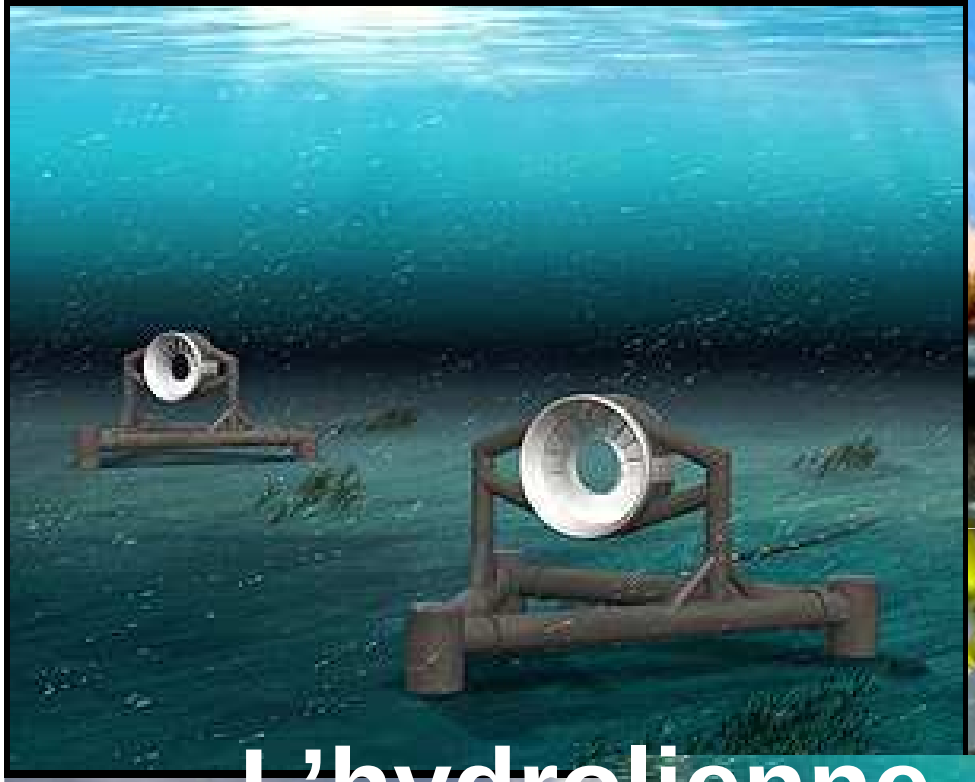
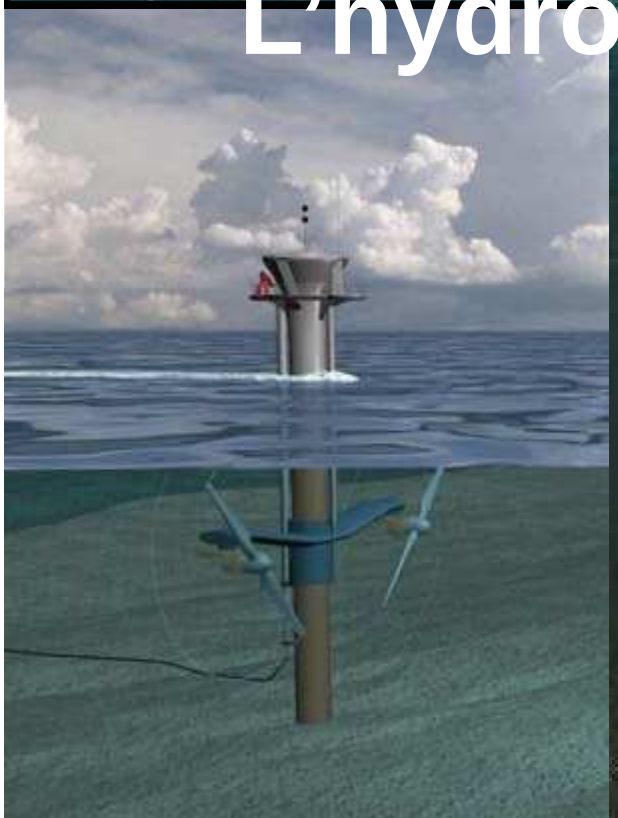


L’hydrolienne, une technologie en développement ?



Sommaire

I. Généralités sur l'énergie hydrolienne

1. Principe de fonctionnement et puissance de la technologie
2. Potentiel et ressource
3. Deux exemples de prototypes en fonctionnement

II. Avantages et points faibles

1. Aspects techniques : technologie, installation et maintenance
2. Aspects économiques, soutien de l'Etat

III. Analyse et comparaison de deux projets français, résumés d' entretiens téléphoniques

1. Sabella, PME bretonne
2. EDF

I. Généralités

1. Principe de fonctionnement

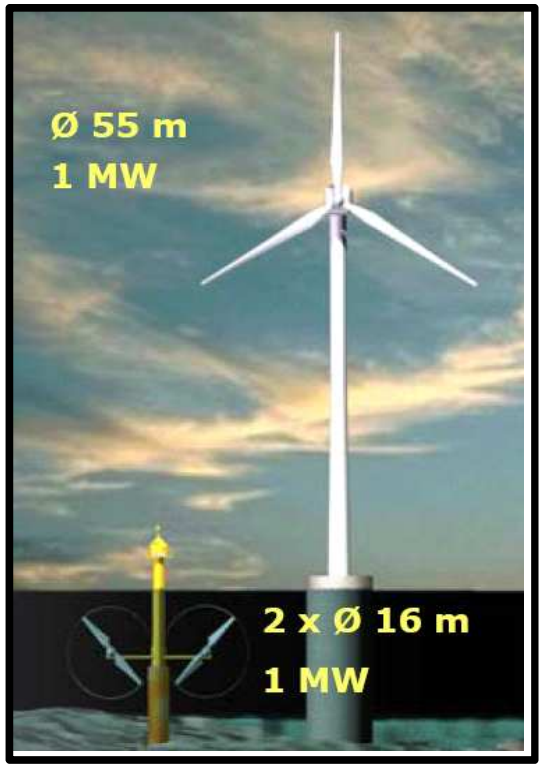
Hydrolienne : turbine sous-marine qui utilise énergie cinétique des courants marins

E cinétique → turbine → **E mécanique** → alternateur → **E électrique**

Puissance d'un courant d'eau: $P = \frac{1}{2} . \rho . S . U^3$

P : puissance en W
U : vitesse de l'eau en m/s
S: surface traversée par le flux en m^2

$\rho_{\text{eau de mer}}$ = 1024 kg/m3 = **800 x** ρ_{air}



Différence de taille entre une hydrolienne et une éolienne

-Intéressant si la vitesse du courant > 1,5 m/s

-Fonctionne à 40–50% du temps à sa pleine puissance

I. Généralités

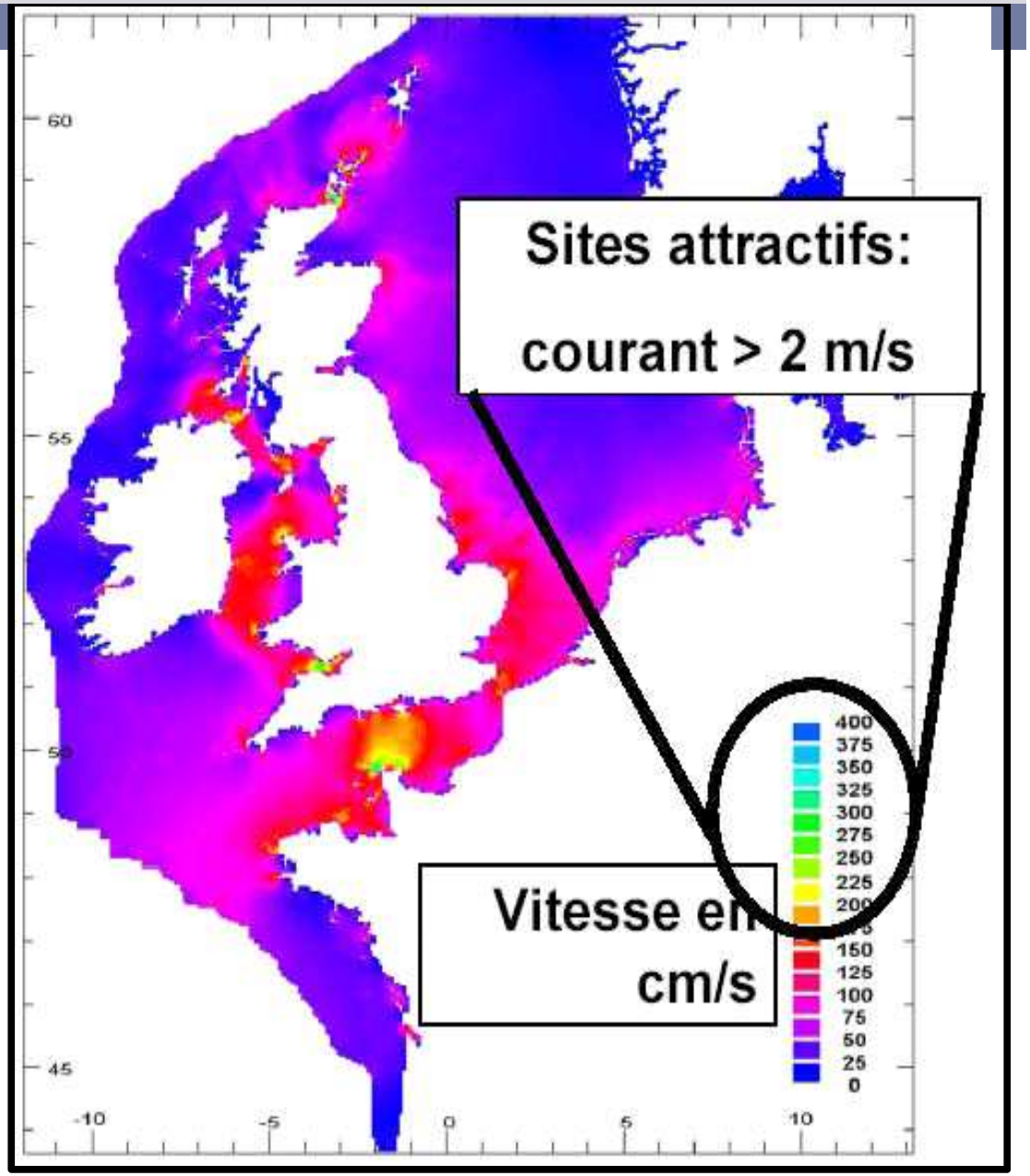
2. Potentiel de la ressource

- Ressource mondiale: 450 TWh /an, soit 100 GW de puissance installée

Le Royaume-Uni et la France : 80% de la ressource potentielle européenne

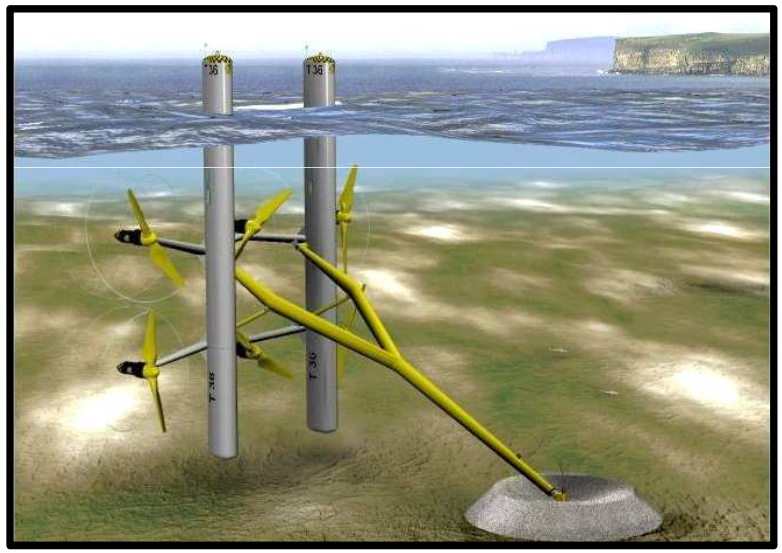
Potentiel:

- **5 à 6 GW** au **Royaume-Uni**
- **2,5 à 3,5 GW** en **France**
- Reste de l'Europe : 0,7 GW



I. Généralités

3. Deux prototypes de fonctionnement

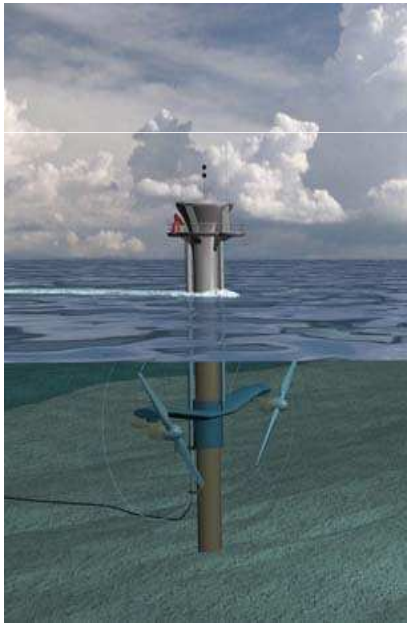


- Le projet Semi Submersible Turbine (TidalStream)

- Facile d'entretien
- Fonctionne en eau profonde (60 mètres de prof.)
- Profite de la gulf stream
- 6 turbines de 20 m de diamètre
- Puissance totale: 10 MW
- Le coût de l'énergie pourrait atteindre: **0,045 €/kWh**
- Opérationnel en 2010

- Le projet SeaGen (Marine Current Turbine)

- 2 rotors de 16 mètres de diamètre balayant un secteur de 402 m^2.
- Puissance: 1200 kW (2x 600)
- Fonctionnent 20h par jour.
- Coût à terme élevé: 4,5 M€/ MW (50% fabrication, 30 %installation, 20 % raccordement au réseau)
- 2011-2012, **première "ferme" commerciale** (3 ou 4 unités, soit 4 à 5 MW)



II. Avantages et points faibles de l'énergie hydrolienne

- Source énergétique
- Technologie
- Installation, raccordement, maintenance
- Impact sur l'environnement et partage du milieu marin
- Aspects économiques

II. Avantages et points faibles de l'énergie hydrolienne

Source énergétique

- **Production prévisible**
  force et direction courant connue année à l'avance

- **Potentiel important**
  près de 3GW pour la France, 6GW pour le R-U

- **Aucun gaz à effet de serre émis**
  (hormis pour la maintenance)

II. Avantages et points faibles de l'énergie hydrolienne

Technologie

- **Technologie connue**
  (rotor, alternateur…)

- **Problème : « marinisation »**
  fiabilité, corrosion très agressive

- **Taille et puissance récupérée**

rotor : hydrolienne ~20m éolienne ~120m

	Hydrolienne	Hydrolienne	Eolienne
Vitesse courant ou vent	1,5 m/s	2,5 m/s	13 m/s
Puissance récupérée	1,7 kW/m^2	3,9 kW/m^2	1,4 kW/m^2

II. Avantages et points faibles de l'énergie hydrolienne

Installation, raccordement, maintenance

- **Principal problème : l'accessibilité**
  sous l'eau
  profondeur suffisamment importante pour tirant d'eau bateau

- **Zone de fort courant**
  conditions d'accès délicates (plongeur, remontée matériel ?)

- **Raccordement réseau**
  barymétrie, type de fond…

- **Bateaux spécifiques**
  Installation : transport des pièces
  Maintenance

II. Avantages et points faibles de l'énergie hydrolienne

Impact sur l'environnement, partage milieu marin

- **Faune et flore**
  - la flore gênante ne peut pas se développer autour de l'hydrolienne
  - profil des pales, faible vitesse de rotation -> des poissons épargnés
  - faible vitesse rotation -> nuisance sonore indolente
  - aucun polluant n'est rejeté

- **Autres acteurs du secteur maritime + acceptabilité**
  - impact visuel nul
  - concertation avec pécheurs, plaisanciers et collectivités locales
  - zone de transports maritime, plaisance…

II. Avantages et points faibles de l'énergie hydrolienne

Aspects économiques

Coûts et prix d'achat

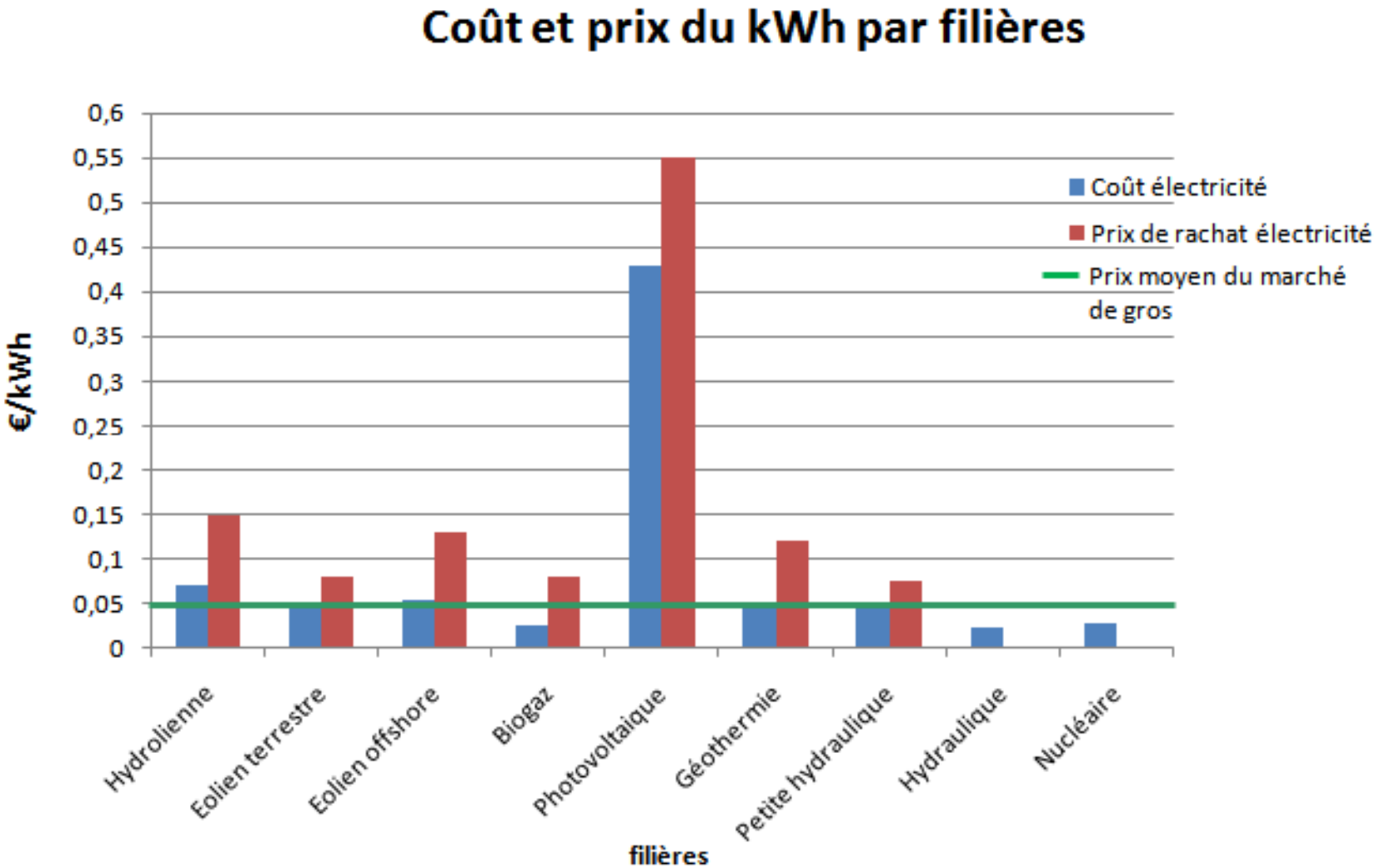
Coûts	Prix d'achat
• Investissements • Combustibles • Dépenses exploitation (fixe + variable/ quantité produite	• Renouvelable: fixé par l'état • Nucléaire + hydraulique: prix du marché

=> Uniquement ordre de grandeur

II. Avantages et points faibles de l'énergie hydrolienne

Aspects économiques

➡ **Coûts et prix d'achat**



- Prix d'achat très élevé pour renouvelable
- Ne représente pas réalité du marché
- Coûts supérieurs au prix du marché
- Filière hydrolienne, une des moins compétitives

II. Avantages et points faibles de l'énergie hydrolienne

Aspects économiques 2

- **Incapable de concurrencer énergie nucléaire**

- **Difficile estimation des coûts**
  pas de retour d'expérience

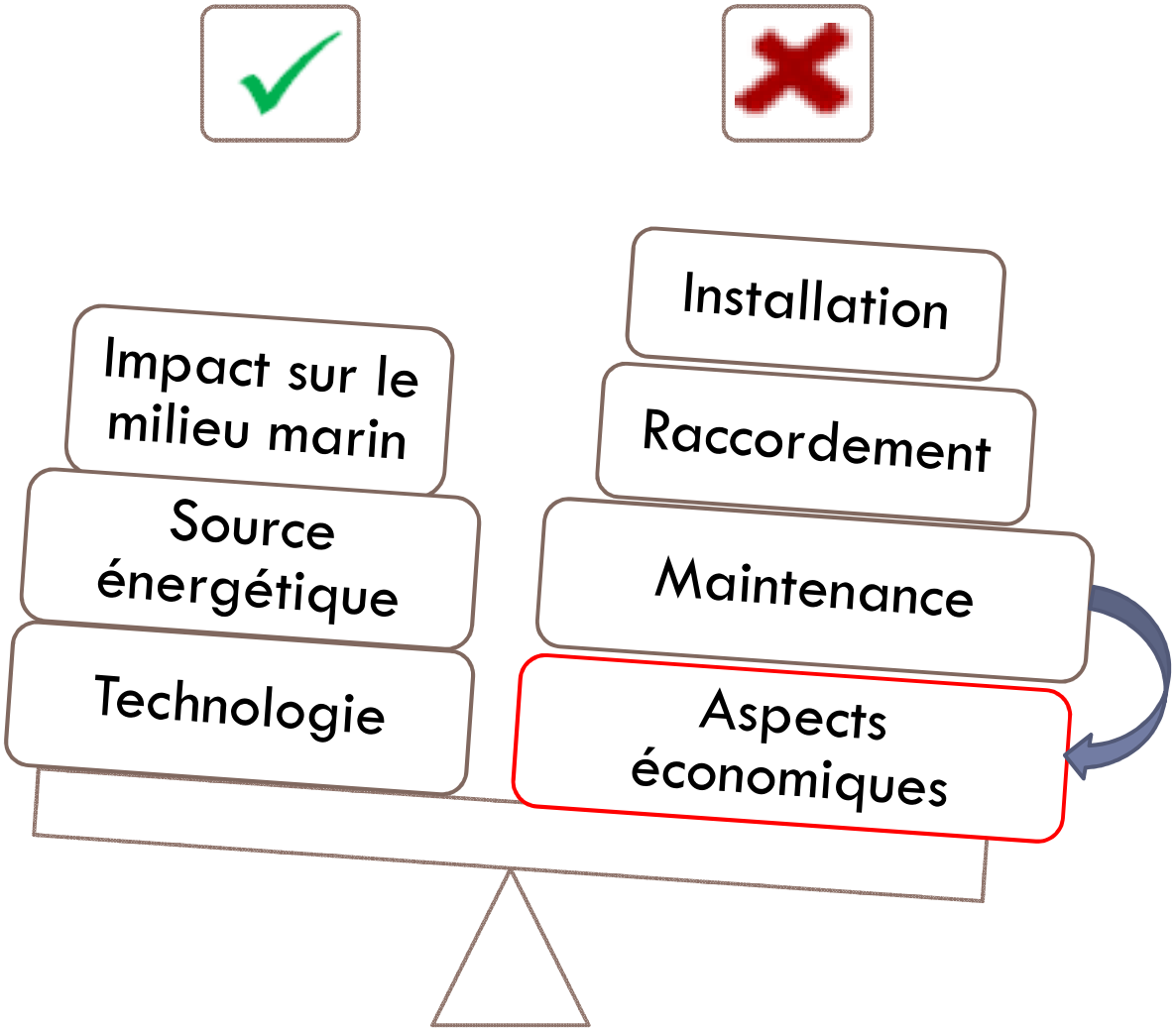
Entre 2,5 et 3,5M€ / MW ……. 1 million plus cher que l'éolien terrestre !

Tarif d'achat trop faible pour permettre développement (0,015€/kWh)

- Subvention « intelligente »

- Risques : garantie d'un tarif constant ?

II. Avantages et points faibles de l'énergie hydrolienne

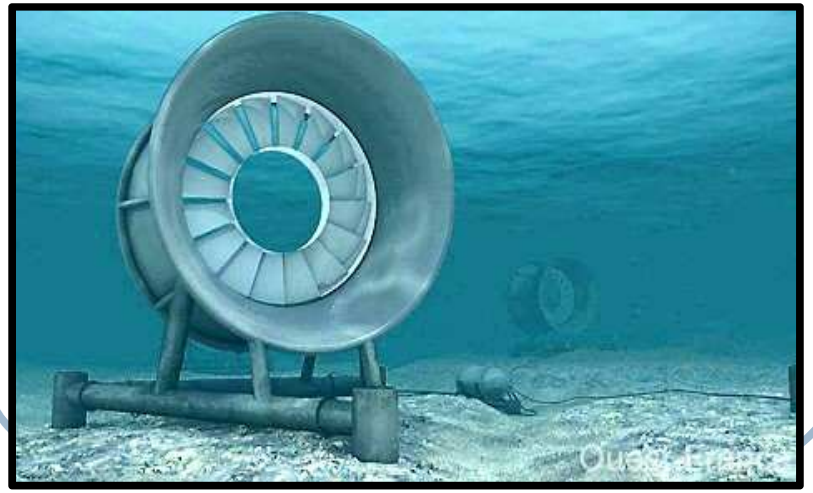


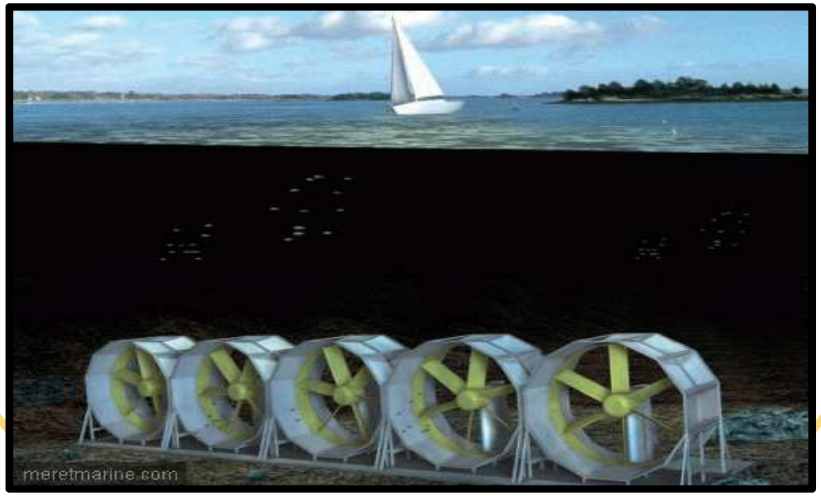
Problème de confiance des investisseurs.

III. Comparaison de deux projets français

1. Installation

Projet EDF EN		Projet SABELLA
Technologie irlandaise	Origine	Technologie française
Openhydro 4 machines de 500kW (22 mètres de diamètre) installées à 35m de profondeur	Technologie	Hydrohelix 5 machines de 200kW (10 mètres de diamètres) installées en série.
12 millions € par MW	Coût	7 millions € par MW





III. Comparaison de deux projets français

2. Raccordement maintenance

• Projet EDF EN

- Raccordement de 15km jusqu'à la côte. Convertisseurs en courant continu en mer. Poste de livraison au réseau à terre. Coût : 40% du projet : 10M€
- Maintenance prévue à terre après remontée à sec de la partie de la machine défectueuse.
- Particularité : possibilité d'une connexion ultérieure d'autres machines sur la câble (max 8MW)

• Projet SABELLA

- Même localisation des éléments électrique que pour EDF. Coût : 40% du projet
- Maintenance prévue à l'aide de robots (à l'état numérique). But : éviter les forts courants aux plongeurs. Objectif : durée de vie des machines de 25-30 ans. Coût annuel : 4% de l'investissement
- Pour un projet rentable, une économie d'échelle est recherchée : des champs de 10MW seraient une solution viable.

III. Comparaison de deux projets français

3. Concertations avec les parties prenantes locales

Impacts sur le milieu

- L'impact sur le milieu est relativement faible pendant l'installation, et quasi-nul durant l'exploitation du parc. La sédimentation, les courants, la flore, ne sont touchés que très localement

- Des concertations avec les associations de pêcheurs, plaisanciers, élus locaux sont indispensables afin de renforcer l'acceptabilité de telles installations

- Pour EDF ces tâches administratives ont été instructives car devront être répétées lors de développements de projets plus importants. Encore certaines carences du droit de la mer français.

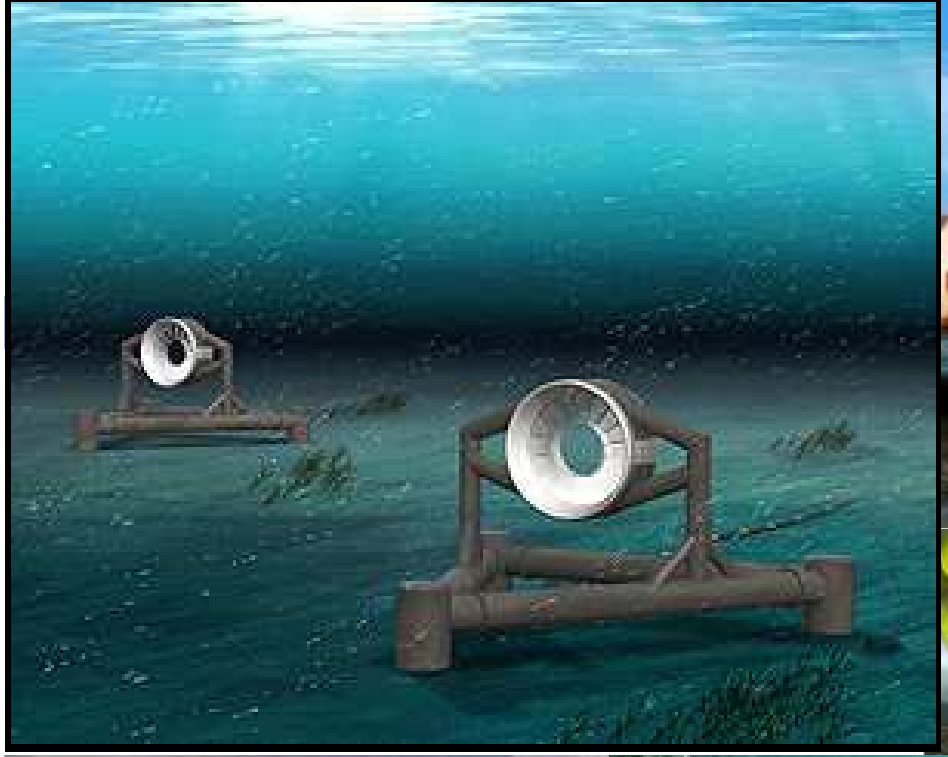
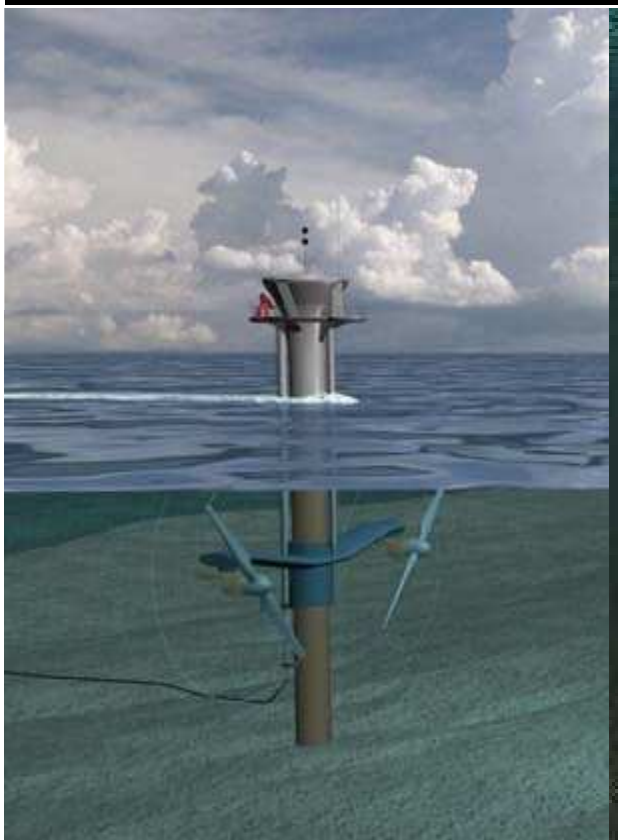
- L'énergie produite est bénéfique dans des régions qualifiées de « péninsules électriques ». C'est un concept intéressant afin de désenclaver certaines régions telle que la Bretagne.

conclusion

- L'énergie hydrolienne n'est pas encore mature, mais a un grand potentiel de développement, surtout en France et au Royaume-Uni

- Elle nécessite un plus grand soutien politique (tarifs d'achats 150€ / MWh insuffisants pour des coûts encore trop élevés)

On estime qu'à terme:

- On pourrait installer 4500 hydroliennes en France (soit un rideau d'hélices de 21 km)
- produisant 6 à 12% de l'électricité,
- pour un coût d'installation de 1,4M€/MW (coût de l'éolien terrestre)
- permettant la création de 6000 emplois

- Grand enjeu : savoir intégrer les technologies du nautisme et de l'éolien
- Des réponses concrètes naissent en France mais ne paraissent pas toujours réalistes