

# **ANNEXES**

## Table des annexes

Annexe - 1 Lettre de mission.....	<a href="#">107</a>
Annexe - 2 Les énergies marines en outre-mer et zones non interconnectées.....	<a href="#">109</a>
Annexe - 3 Récapitulatif des principales technologies EMR en développement et des sites d'essais français.....	<a href="#">125</a>
Annexe - 4 Potentiels, objectifs, capacités.....	<a href="#">150</a>
Annexe - 5 Acteurs de la filière EMR.....	<a href="#">153</a>
Annexe - 6 Evaluation des coûts.....	<a href="#">160</a>
Annexe - 7Fiches pays (Comparaisons internationales sur les EMR).....	<a href="#">169</a>
Annexe - 8 Liste des personnes rencontrées.....	<a href="#">243</a>
Annexe - 9 Liste des références bibliographiques consultées (non exhaustive).....	<a href="#">253</a>
Annexe - 10 Glossaire.....	<a href="#">258</a>

## Annexe - 1 Lettre de mission



*La ministre de l'écologie,  
du développement durable et de l'énergie*

*Le ministre du redressement productif*

*Le ministre délégué chargé des  
transports et de l'économie verte*

Paris, le 13 NOV 2012

Messieurs les vice-présidents,

La volonté de mettre en œuvre une transition énergétique seule à même d'apporter des réponses durables à la crise climatique, au renchérissement des ressources pétrolières et au besoin d'un mix électrique sûr et équilibré constitue l'un des engagements majeurs du Président de la République. Cette transition doit passer par la réduction de la part du nucléaire dans la production électrique de 75% à 50% d'ici 2025, par le développement des énergies renouvelables et un effort massif sur l'efficacité énergétique.

Les énergies marines pourraient contribuer de manière significative à la production d'une électricité renouvelable. La France dispose notamment d'un potentiel de production hydrolienne significatif, production certes cyclique mais prévisible sur le long terme facilitant son intégration au système électrique, ainsi que de capacités importantes dans l'éolien en mer flottant. Pour ces deux technologies, nos industriels sont en pointe dans le développement de prototypes industrialisables. Pour autant, le développement et la structuration d'une filière industrielle complète autour des énergies marines n'en est qu'à ses débuts.

Dans ce contexte, la feuille de route pour la transition énergétique issue de la conférence environnementale prévoit une étude sur la filière des énergies marines que nous souhaitons vous confier. Votre étude se décomposera en deux volets. L'un portera sur l'énergie hydrolienne et l'éolien flottant, les deux technologies réputées les plus matures, abordant un stade de développement pré-commercial. L'autre portera sur les autres filières d'énergies marines : houlomotrice, énergie thermique des mers, climatisation par eau de mer (SWAC) et osmotique, technologies moins matures et encore en développement, et sur l'énergie marémotrice.

Monsieur Pascal FAURE  
Vice-président du conseil général de l'économie,  
De l'industrie, de l'énergie et des technologies  
120 rue de Bercy  
75572 PARIS cédex 12

Monsieur Christian LEYRIT  
Vice-président du conseil général de  
l'environnement et du développement durable  
Tout Pascal B  
92055 PARIS LA DEFENSE CEDEX

Nous vous demandons de commencer par un état des lieux synthétique de la filière naissante des énergies marines, de ses entreprises et de leur potentiel d'évolution, d'un point de vue énergétique et économique, en développant une analyse comparative avec d'autres pays, dans l'Union européenne et au-delà. Cette étude s'appuiera sur les travaux déjà lancés par l'administration (DGEC et DGCIS) et de l'ADEME, ainsi que sur les travaux menés dans d'autres pays. Elle aura pour but de nous éclairer sur le contexte et les orientations à donner aux politiques publiques afin de permettre un développement de ces nouvelles filières.

Dans un deuxième temps, vous ferez des propositions sur les politiques publiques à mener pour accompagner le développement de ces filières sur le moyen et plus long terme, afin d'alimenter le débat national sur la transition énergétique. Il s'agira de déterminer, de manière plus précise, les objectifs de développement pour les énergies marines, en incluant les dimensions de recherche et développement et leur financement, de coûts complets (publics et privés), de création d'emplois, de gouvernance des filières, de formation professionnelle, d'impact sur la balance commerciale et, globalement, sur la croissance de notre économie. Vous détaillerez des propositions spécifiques pour les DOMs si vous le jugez opportun. Vous identifierez, le cas échéant, les axes possibles d'une coopération renforcée entre industriels européens.

Parmi les travaux déjà engagés et sur lesquels nous vous demandons de vous appuyer afin d'assurer une cohérence d'approche, on peut citer pour l'hydrolien le lancement d'une consultation publique et une mission confiée à RTE pour déterminer le potentiel et les modalités de raccordement des zones propices à l'hydrolien, ainsi que les travaux en cours pour améliorer notre connaissance des zones susceptibles d'accueillir les installations et les travaux exploratoires sur le développement du potentiel des îles anglo-normandes menés. Pour l'ensemble des énergies marines renouvelables, on peut citer les travaux en cours afin de préparer d'ici la fin 2012 un appel à manifestation d'intérêt dans le cadre des investissements d'avenir, ainsi que l'accompagnement de la filière au travers du groupe de travail sur les énergies marines piloté par la DGEC en collaboration avec l'ADEME.

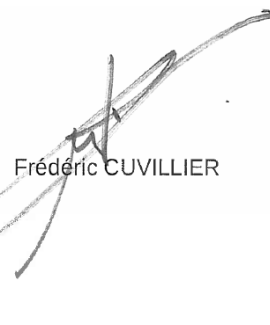
L'enjeu est de construire une véritable industrie française des énergies marines, compétitive à l'export, le cas échéant européenne, au moment où la France s'engage dans la transition énergétique.

Une première note d'étape sera produite d'ici le 15 janvier 2013, votre rapport final est attendu le 15 mars 2013.

Nous vous prions de croire, Messieurs les vice-présidents, à l'assurance de nos sentiments les meilleurs.

  
Delphine BATHO

  
Arnaud MONTEBOURG

  
Frédéric CUVILLIER

## **Annexe - 2 Les énergies marines en outre-mer et zones non interconnectées**

Les cinq départements d'Outre-mer, la Corse, les collectivités d'outre-mer de Saint-Barthélemy, Saint-Martin et Saint-Pierre-et-Miquelon, ainsi que trois îles bretonnes (Molène, Ouessant et Sein) ne sont pas connectés au réseau électrique continental et métropolitain.

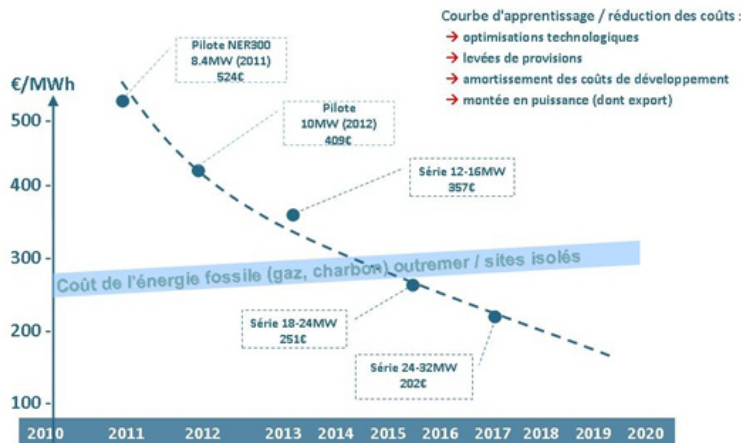
Les réseaux insulaires sont particulièrement propices au développement des énergies renouvelables du fait des coûts de production de l'électricité plus élevés que sur les réseaux continentaux, principalement en raison de la plus petite taille des moyens de production, du coût des carburants et de leur acheminement.

Les outre-mer ont vocation à devenir des laboratoires d'énergies renouvelables, car ce sont des milieux insulaires, non interconnectés, où le coût de production de l'électricité (par groupes thermiques diesels) est très élevé. Et les conditions sont souvent favorables aux énergies marines: les écarts de température entre la surface et le fond des mers sont élevés (ETM et SWAC), l'éolien offshore posé n'y est pas pratique en raison de la profondeur des fonds, ce qui rend l'éolien offshore préférable, Le gisement hydrolien est par contre faible mais non inexistant: (atoll de Prao et passes dans les atolls coralliens)

S'y ajoute une simplification administrative liée au fait que les prérogatives de préfecture maritime sont entre les mains du préfet de région.

L'ETM, au potentiel considérable, ne présente pas actuellement de réalisation fonctionnelle au delà de quelques dizaines de kW, voire centaines de kW au maximum. Les coûts sont élevés (10M€/MW

installé voire 40 M€/MW ou plus selon certaines estimations) et les incertitudes techniques demeurent. Des coûts de 5M€/MW installé permettraient de rendre l'ETM compétitif. Ces baisses de coût seraient atteignables par effet taille et de série.



(source: Akuo Energy et DCNS)

## 1. La Réunion

Deux projets de SWAC sont en cours à l'île de la Réunion, en utilisant l'eau froide des profondeurs pour de la climatisation (technique dite **SWAC, pour Sea Water Air Conditioning**).

### SWAC de Saint-Denis de la Réunion et de Sainte Marie

Un projet de SWAC pour les communes de Saint-Denis de la Réunion et de Sainte Marie est en cours de développement en Contrat de Délégation de Service Public par GDF-Suez et CDG, groupement retenu après Appel d'Offres. Le délégataire prend en charge les études, la réalisation et le financement du projet, qui permettra la réduction de 80% de la consommation électrique comparée à une production de froid avec un système classique. Il y aura effacement en priorité de la production électrique à base de charbon complété par du fioul, en ligne avec les objectifs du plan 450 de l'Union Européenne et le programme GERRI à La Réunion. La production de froid par le SWAC est continue et permet ainsi d'écarter les pointes de charge sur le réseau électrique. Elle permettra d'effacer l'équivalent de 15 MW électrique de la demande sur le système électrique réunionnais (investissement évité de l'ordre de 15 M€). La charge électrique sera réduite sur la zone de plus grande densité électrique de La Réunion.

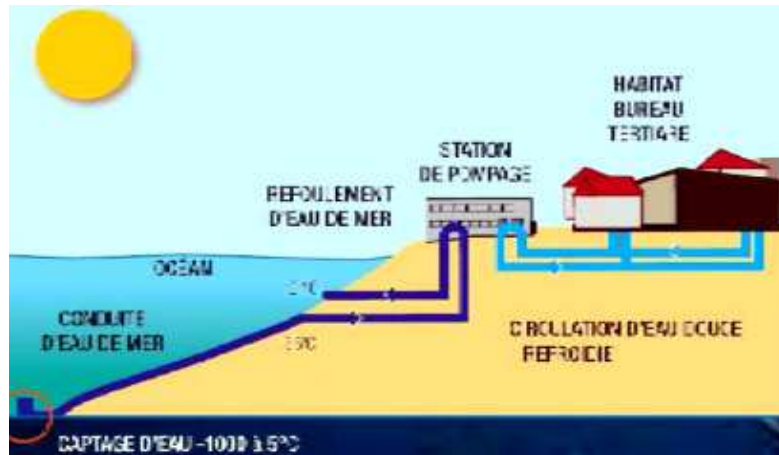
### SWAC du groupe hospitalier Sud Réunion

Un autre projet de SWAC à La Réunion concerne le GHSR (Groupe Hospitalier Sud Réunion afin de permettre une climatisation d'origine marine des bâtiments. Le principe est de pomper de l'eau froide (environ 5°) dans les profondeurs de l'océan (environ 1000 m) servant de source froide à un circuit secondaire fournissant l'air conditionné aux bâtiments. L'objectif est de réduire de plus de 50% la consommation électrique liée à la climatisation. Actuellement 60% de la consommation électrique totale des bâtiments du GHSR est utilisée pour la climatisation. Ce projet porté par un consortium composé de EDF, l'ADEME et le CHU est aussi soutenu par la Région Réunion.

Ces projets de SWAC sont très intéressants, ce sont des projets écologiques exemplaires qui méritent d'être appuyés et pourront servir de référence pour d'autres projets à l'international.

## ILE DE LA REUNION / FICHES TECHNIQUES

(Source ARER, Agence Régionale de l'Énergie de la Réunion pour la plupart des fiches, EDF SEI notamment pour celle du CHU Sud-Réunion, des STEP marines de la Réunion et de la Guadeloupe, et de la Guyane Hydrolienne fluviale, , et Akuo Energy/DCNS pour la Martinique projets ETM) 1- **SWAC - GDF-Suez / CDC**



Projet : SWAC (Sea Water Air Conditioning) réseau urbain de climatisation refroidi par l'eau de mer des profondeurs. Très adapté à l'environnement intertropical, le SWAC peut couvrir les besoins d'électricité pour la climatisation toute l'année de gros sites tertiaires (aéroport, administrations, bureaux, centres commerciaux, hôpitaux). Fondé sur la collecte de l'eau froide des profondeurs (1000m, température comprise entre 5°C et 7°C), il présente plusieurs bénéfices environnementaux : économies d'énergie (production d'électricité « effacée » grâce à l'utilisation des frigories marines, représentant une année de production), d'eau, de produits chimiques. Le prix de production est indépendant du prix des énergies fossiles.

### Lieu :

Émissaire en mer du SWAC : Saint-Denis / la Jamaïque

Réseau de climatisation : zone urbaine littorale Saint-Denis – Sainte-Marie + bâtiments spécifiques (hôpital, aéroport, université, ZAC de Sainte-Marie)

### Enjeux :

Jusqu'à 40 MW<sub>froid</sub> et environ 10 MW<sub>électrique</sub> économisés à plein régime

Etudes menées également pour l'utilisation des eaux profondes en matière de biotechs.

### Partenaires :

Délégation de service public entre le groupement Climabyss (GDF Suez Énergie Services et Caisse des Dépôts et Consignations) et le SIDE0 (Syndicat Intercommunal d'Exploitation d'Eau Océanique : villes de Saint-Denis et de Sainte-Marie).

COPIL de suivi intégrant différents partenaires dont le SGAR et GERRI.

Partenaires : Climespace (filiale GDF-Suez).

### Planning :

- Délégation de service public signée en avril 2011

- autorisations administratives en cours (enquêtes publiques au 1<sup>er</sup> trimestre 2013)

- mise en service début 2014

### Freins / difficultés :

- calendrier ambitieux

- investissement important d'environ 140 M€. L'économie du projet est fondée sur la rémunération par EDF-SEI des MWh évités, à un prix en cours de détermination par la Commission de Régulation de l'Énergie, et le versement d'aides publiques à l'investissement.

## 2- SWAC – ADEME-EDF au CHU Sud Réunion

(source EDF SEI)

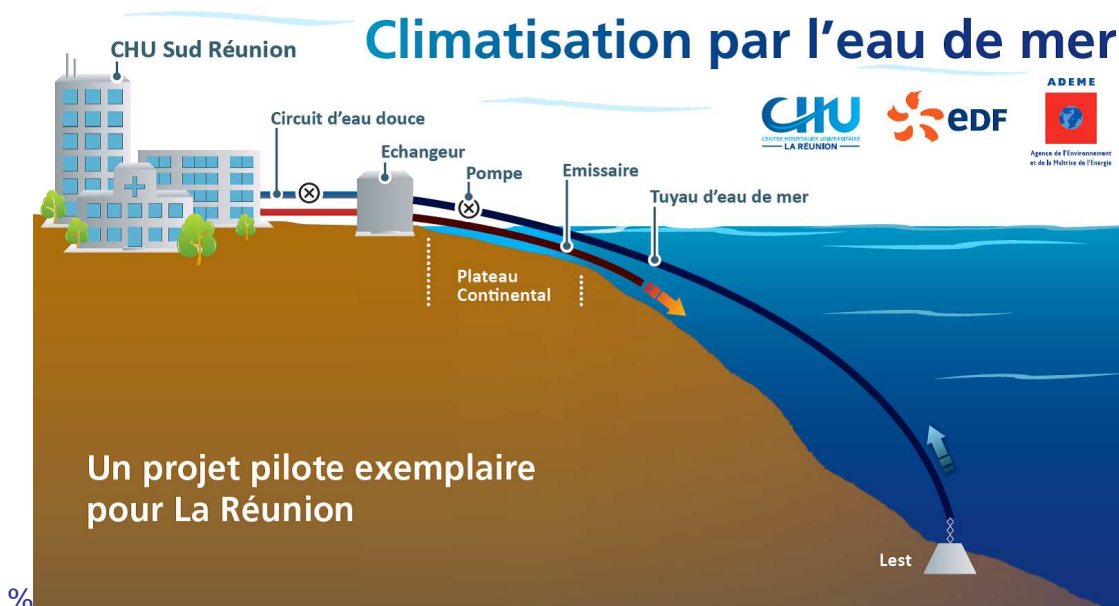
A la Réunion, l'ADEME, EDF et le Groupe Hospitalier Sud Réunion ont signé en Juin 2012, un « accord de coopération pour un projet de pilote de climatisation » sur le site de l'hôpital de Saint Pierre.

Le site de St Pierre du Groupement Hospitalier Sud Réunion, de par sa localisation et le profil de ses consommations électriques, est particulièrement adapté pour accueillir un projet pilote de SWAC. Tout d'abord, le site, proche de la côte, est bien situé en termes de gradient thermique marin (la température de la mer est de 5°C à 1000 m de profondeur) et de bathymétrie (les grandes profondeurs sont proches de la côte).

Les besoins en froid du site sont adaptés à la gamme de puissance visée par le concept de SWAC de taille moyenne que les partenaires souhaitent développer : le marché d'un SWAC de cette taille serait au moins de 5 unités à la Réunion et de plus de 20 unités dans les DOM. De plus, le besoin en froid du GHSR est relativement lissé dans le temps, 24/24h et 365 jours par an.

La production de froid pour ce client unique, proche de la côte et implanté durablement, présente l'avantage d'éviter la construction d'un réseau de distribution, permettant d'améliorer la viabilité économique du kWh froid produit par le SWAC et de faciliter la mise au point du pilote.

La pré-étude menée sur le GHSR donne une consommation électrique évitée nette de 7500 MWhe/an pour le système global et de 10000 GWhe/an pour le GHSR, soit une réduction de la consommation électrique globale du GHSR de 50





### 3- Houlomoteur basé sur la technologie Pelamis – Seawatt



#### Projet :

Production d'électricité par une ferme de machines houlomotrices (technologie PELAMIS 2<sup>e</sup> génération développée par la compagnie écossaise PWP), avec stockage d'énergie adapté (sous forme oléopneumatique) en milieu insulaire d'une puissance de 30 MW toutes tranches confondues (jusqu'à 30~40 machines)

#### Lieu :

Saint-Pierre / Pointe du Diable. Ancrage sur des fonds de 75 à 150m

#### Enjeux :

Le projet envisagé offrirait une capacité de production de l'ordre de 30 MW.

#### Partenaires :

Maîtrise d'ouvrage : Seawatt

Partenaires financiers : ADEME, Région Réunion, Union Européenne

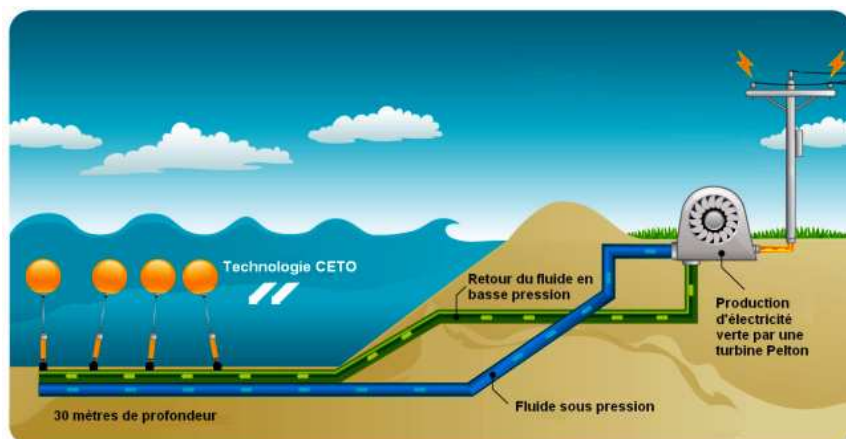
#### Planning / déploiement

- Étude de faisabilité et études environnementales/mesures de houle, études réglementaires en cours
- 2012 : début de fabrication et démonstrateur inshore du système de stockage d'énergie
- Fin 2013 : phase 1 : installation de 5 machines (~ 3,75 MW). Démonstrateur offshore du système de stockage
- 2015 : phase 2 : installation de 10 machines supplémentaires (7,5 MW au total)
- phase 3 : passage à une puissance totale de 30 MW

#### Difficultés :

- Difficulté principale : le tarif d'achat de l'arrêté tarifaire énergie marine est insuffisant pour équilibrer le chiffre d'affaires.
- Le montage opérationnel n'est pas encore achevé. Des financements sont recherchés aujourd'hui pour compléter le système en place par un dispositif de stockage de l'énergie permettant d'en délivrer aux meilleures périodes de la journée (lissage des pointes).
  - Une seule zone de déploiement possible identifiée à la Réunion (faibles fonds et forte houle) ;
  - Attente de la publication du projet de décret modifiant l'art. R. 146-2 du Code de l'urbanisme pour permettre le raccordement au réseau électrique, en espace remarquable du littoral.
  - Manque d'anticipation du maître d'ouvrage sur les exigences des procédures réglementaires (notamment étude d'impacts), qui a retardé le lancement de l'enquête publique.
  - En phase d'exploitation, des conflits d'usage pourraient émerger avec les autres usagers de la mer (pêche, plaisance, etc.).

#### 4- Houlomoteur basé sur la technologie CETO – EDF EN



##### Projet :

Production d'électricité par des machines houlomotrices immergées. Le projet est constitué de bouées (activateurs) disposées sur les fonds marins dont la mise en mouvement par l'énergie de la houle est transférée à une pompe qui met un fluide sous pression. Ce fluide est, via un système de « pipe » en acier, transféré à terre où une turbine couplée à un alternateur transforme l'énergie en électricité.

##### Lieu :\_\_

Saint-Pierre (au large de Pierrefonds)

##### Enjeux :

Conforter une phase industrielle à La Réunion et hors Réunion (hémisphère Nord)

##### Partenaires :

Maîtrise d'ouvrage : EDF EN

Partenaire industriel : DCNS

avec des financements de la Région Réunion et de l'État (Plan de relance)

##### Planning / déploiement :

- Phase prototype. Un deuxième prototype, qui sera, à la différence du premier, anticyclonique, devrait ensuite être développé.

Adaptation de la technologie CETO aux conditions de houle à La Réunion + test en mer non raccordé au réseau d'un prototype échelle 1. L'objectif est d'effectuer un suivi des performances du système (productible réel) et des études poussées sur l'impact environnemental, pour préparer un déploiement à grande échelle.

- Phase pilote : quelques MW raccordés au réseau à La Réunion si la phase prototype s'avère concluante et si les financements le permettent.

- Phase industrielle : Le projet envisagé offrira une capacité de production de l'ordre de 15 à 20 MW.

##### Difficultés / freins :

- en phase industrielle concurrence avec le projet Seawatt (implantation très proche)

- une seule zone de déploiement possible identifiée à La Réunion (faibles fonds et forte houle)

- possibilité non établie du raccordement terrestre via des tuyaux sous pression et de l'implantation d'une station de turbinage, sur un espace remarquable du littoral (cas non prévu par le projet de décret modifiant l'art. R.146-2 du Code de l'urbanisme, qui parle d' « ouvrages souterrains de raccordement aux réseaux [...] d'électricité »)

- le productible réel n'est pas encore connu à ce stade. En phase d'exploitation, des conflits d'usage pourraient émerger avec les autres usagers de la mer (pêche, plaisance, etc.).

## 5- Houlomoteur onshore de Saint-Philippe



### Projet :

Profiter de la construction d'une digue pour y greffer une structure capable de récupérer l'énergie des vagues, très puissantes à cet endroit (~ 20 kW/m), pour la convertir en électricité.

### Lieu :

Cale de halage de Saint-Philippe

### Déploiement envisagé du projet :

Phase pilote à Saint-Philippe (≈ 600 kW)

Perspectives évoquées par l'ARER (Agence régionale énergie Réunion) d'une éventuelle dissémination de la technologie sur d'autres sites réunionnais tels que la future route du littoral (6 km de digue), ou sur des projets de quais maritimes (Saint-André et Saint-Louis), non prévus au Schéma de Mise en Valeur de la Mer (SMVM).

### État d'avancement :

Contacts de l'ARER avec VOITH, industriel spécialiste du domaine qui confirme l'opportunité du projet

### Partenaires :

ARER et mairie de Saint-Philippe  
Pas de maître d'ouvrage désigné  
soutien financier annoncé de la Région

### Difficultés :

Espace remarquable du littoral pour lequel le SMVM n'a prévu que l'aménagement de la cale de mise à l'eau. Le projet de digue, tel que prévu, ne serait pas compatible avec le SMVM.

## 6- Prototype à terre énergie thermique des mers (PAT ETM) - DCNS



### Principe de l'ETM Énergie Thermique des Mers :

Utiliser le différentiel de température en mer entre les eaux de surfaces et les eaux profondes pour produire de l'électricité.

### Lieu :

IUT de Saint-Pierre - Réunion

### Partenaires

Maîtrise d'ouvrage : DCNS, Région Réunion  
avec un cofinancement État (Plan de relance)

Partenaires techniques : Université de la Réunion, ARER, EGIS

### Planning / état d'avancement :

#### Projet de prototype à terre (PAT ETM) :

- Mise en place d'un banc d'essais ETM à échelle réduite afin de valider les modèles numériques établis par DCNS pour le système énergie producteur d'électricité.

- L'objectif est également de démontrer la faisabilité de la mise en œuvre de la technologie ETM et de trouver le système énergie optimal avant de l'inclure dans une centrale en mer : de nouveaux cycles thermodynamiques, avec d'autres fluides caloporteurs, et d'autres matériels pourront être testés (nouveaux échangeurs thermiques...)

- Formation des futurs ingénieurs et techniciens de l'ETM

## 7- Centrale ETM offshore / Réunion – DCNS



Projet :  
centrale offshore d'énergie thermique des mers

Descriptif :  
Mise en place d'une centrale ETM pilote (7 MW) offshore raccordée au réseau électrique, pour préfigurer des centrales ETM de série (25 MW).

Lieu :  
9 km au large du Port, sur 1500 m de fond

Enjeux identifiés en terme de production électrique à la Réunion :

- projet Région Réunion STARTER : jusqu'à 100 MW à l'horizon 2030
- SRCAE (en cours) : potentiel inconnu en 2020 ; potentiel estimé de 25 à 100 MW en 2030
- le principe ETM garantit la fourniture d'une énergie de base disponible en permanence, qui à la Réunion viendrait en substitution des centrales charbon.

Maîtrise d'ouvrage  
DCNS pour la centrale pilote

Planning

- étude de faisabilité démonstrateur ETM en 2009
- travaux de levée des risques 2010-2012 (en cours) incluant projet PAT ETM (2012 – IUT ST Pierre)
- raccordement centrale offshore : horizon 2020 (avec étapes préalables, cf. projet PAT ETM + Plan de développement DCNS hors Réunion)

Freins :  
technologie non encore mature  
la Martinique présente un meilleur potentiel thermique pour l'implantation d'une centrale pilote, pour la centrale pilote, le montant d'investissement est très important pour une production faible (de l'ordre de 350 M€ pour une production de 7 MW)  
faisabilité économique de centrales ETM produites en série non démontrée à ce jour

## 8- Énergie osmotique de Sainte-Rose



### Projet :

Utilisation de la différence de salinité entre l'eau de mer et l'eau douce issue de l'usine hydroélectrique de la chute de la Rivière de l'Est, pour produire de l'électricité.

### Enjeux :

Faire un projet pilote de production électrique par osmose

### Partenaires :

ARER et mairie de Sainte-Rose  
pas de maître d'ouvrage identifié à ce stade.

### État d'avancement du projet :

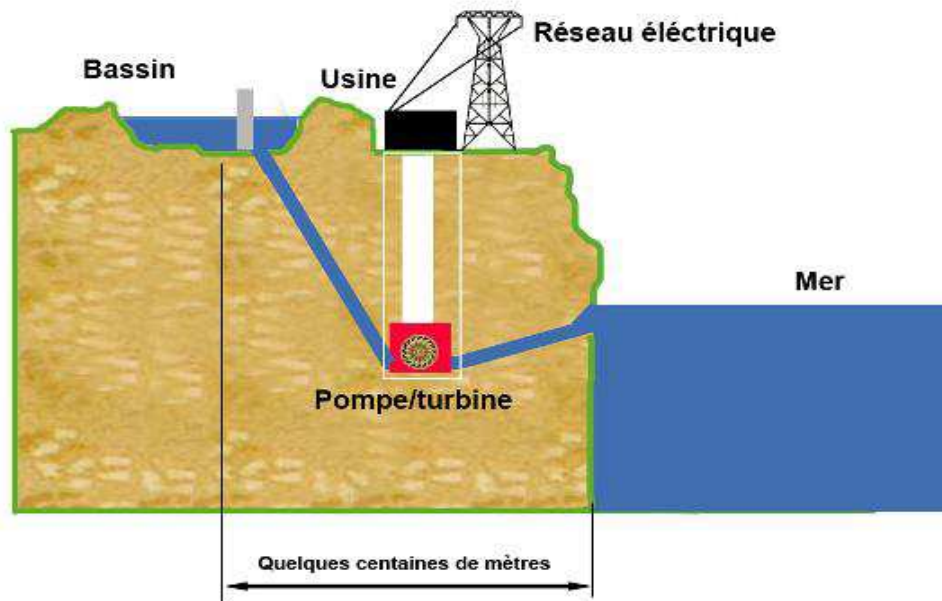
Contact entre l'ARER et STATKRAFT, seul industriel positionné sur cette technologie, qui confirme l'opportunité du projet  
Recherche d'un partenaire industriel français

### Freins / difficultés :

- faisabilité technique et économique de ce type de projet non encore démontrée, avec un seul projet à l'échelle industrielle, inauguré à Tofte (Norvège) en octobre 2009.



## 9- Stockage - STEP MARINE (source EDF - SEI)



Projet :

Station de transfert d'énergie par pompage pour développer des ENR intermittentes portée par EDF.

Enjeux :

**Stockage de l'énergie**, pour pallier aux pics de consommation, notamment dans le sud de l'île.

**Lissage de la production des énergies renouvelables intermittentes**, comme le solaire ou l'éolien, pour limiter l'impact de leur production fluctuante sur les réseaux électriques.

Une STEP de 50 MW stockant 0,75 GWh paraît possible

Lieu :

Saint Joseph, lieu dit : Matouta

Freins / difficultés :

- Le projet est compatible avec le schéma régional d'aménagement (SAR) et le schéma de mise en valeur de la mer (SMVM) en tant qu'énergie des mers mais les obstacles administratifs doivent encore être levés dans l'état actuel de la réglementation (loi littoral)
- Budget (non stabilisé) : Opération chiffrée à 250 millions y compris raccordement.

## 2. La Martinique

*(source DCNS AkuoEnergy)*

DCNS y étudie deux projets de centrale ETM,

L'un consiste en un système ETM Offshore, déplacé depuis la Réunion vers la Martinique car le productible est supérieur en raison d'un hiver plus court, la Martinique étant plus proche de l'Equateur: le projet sera soumis au programme NER300 qui privilégie les fortes productions annuelles.

En 2012, la région Martinique a répondu à l'appel à projet européen NER300, pour une centrale pilote ETM de 10 MW. DCNS et la région Martinique ont signé une convention de pré-dimensionnement pour cette centrale qui pourrait être opérationnelle à l'horizon 2016.

L'autre projet développé par DCNS est un projet pilote ETM Onshore de 4 MW pour lequel DCNS a créé un consortium avec Akuo Energy, acteur majeur des énergies renouvelables en milieux insulaires français, et Entrepose/Géocéan, filiales de Vinci, qui ont participé à la pose des tuyaux pour les deux systèmes SWAC installés en Polynésie (référence mondiale sur cette technologie).





Projet : Centrale onshore d'énergie thermique des mers / Martinique – (source DCNS Akuo)

Descriptif : Mise en place d'une centrale ETM pilote (4 MW) onshore raccordée au réseau électrique, pour préfigurer des centrales ETM de série (10 MW offshore).

Lieu : Bellefontaine, sur un terrain propriété d'EDF, à proximité directe de la centrale thermique existante.

Enjeux identifiés en terme de production électrique à la Martinique :

- L'objectif fixé par le Conseil Régional de Martinique vise à produire 50% de l'énergie par des moyens renouvelables d'ici 2020. Actuellement les ressources propres constituent 3% de la production d'énergie.
- PRME existant: Ce programme accompagne particulièrement des projets significatifs de productions d'énergies renouvelables, notamment à partir de la géothermie, de l'énergie thermique des mers et de la biomasse
- Le principe ETM garantit la fourniture d'une énergie de base disponible en permanence, qui à la Martinique viendrait en substitution des centrales charbon et fuel

Partenaires

DCNS pour la technologie système de production énergie

Entrepose/Géocéan, pour la pose des tuyaux à grandes profondeurs

Akuo Energy, pour le développement et financement du projet

Partenariat technologique signé par les trois acteurs et consortium industriel en cours de finalisation

Planning

- Etude de faisabilité de la zone de Bellefontaine par le Conseil Régional de Martinique démonstrateur ETM en 2011, - Obtention des autorisations et validations politiques de 2013 à 2014, - Raccordement centrale onshore pilote: horizon 2016

Freins :

Prototype à taille industrielle non encore réalisé à ce jour,

Montant d'investissement important pour la centrale pilote, pour une puissance installée modeste (de l'ordre de 50 M€ pour une puissance brute de 4 MW, sur 8000 heures par an)

Faisabilité économique de centrales ETM produites en série non démontrée à ce jour

Par ailleurs, des projets importants d'efficacité énergétique sont à l'étude :

-

Des projets de SWAC (Sea Water Air Conditioning) utilisant de l'eau froide puisée dans les profondeurs des océans pour de la climatisation grande échelle ; cette production de froid à partie d'énergie renouvelable permet une réduction de la consommation électrique ; une étude de SWAC est en cours à Schœlcher.

-

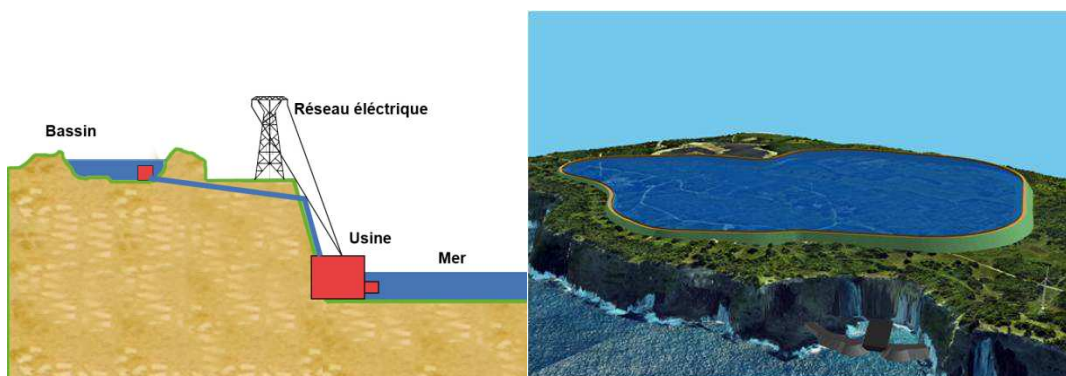
Plusieurs projets de réseau de froid et de chaleur sont à l'étude dans la conurbation de Fort de France. (source EDF SEI)

### 3. La Guadeloupe

(source EDF SEI)

En Guadeloupe, une étude de SWAC est en cours pour l'hôpital de Basse Terre. Les premières réunions de présentation du principe d'un SWAC à Basse Terre ont eu lieu en Décembre 2012.

**Un projet de STEP marine** (Station de transfert d'énergie par pompage) est développé en Guadeloupe par EDF SEI. , au lieu dit Petit Canal.



(source EDF SEI)

Projet :

Station de transfert d'énergie par pompage pour développer des ENR intermittentes portée par EDF.

Enjeux :

Stockage de l'énergie, pour pallier aux pics de consommation

Lissage de la production des énergies renouvelables intermittentes, comme le solaire ou l'éolien, pour limiter l'impact de leur production fluctuante sur les réseaux électriques et permettre leur développement au-delà de 30 % de la puissance instantanée dans le mix.

Une STEP de 50 MW stockant 0,6 GWh est adaptée au système guadeloupéen.

Lieu : Petit Canal

Freins / difficultés : Le coût du projet s'élève à 340 millions d'Euros y compris raccordement.

## 4 La Guyane

(source EDF SEI)

Une hydrolienne fluviale ( Hydroquest à axe vertical) modèle déposé Harvest, est envisagée, par EDF SEI, sur le fleuve Oyapok., dans une zone d'électrification rurale où l'énergie produite se substituera à des groupes 100 % diesel.

Il s'agit d'une hydrolienne fluviale à flux transverse, à axe vertical, avec deux hélices qui tournent dans le sens opposé afin d'améliorer la performance et la stabilité (annulation des efforts transverses). La présence d'ailes sur les côtés compense la perte de charge et ramène le courant dans l'axe de l'hydrolienne.

L'implantation est prévue sur une barge flottante, avec adaptation au niveau d'eau, facilité d'accès à la machine avec une certaine mobilité, peu de génie civil.

Brevet déposé et propriété à 50 % EDF SA et 50% HydroQuest (start-up créée en 2010)

Le démonstrateur est en test, à Pont de Claix, Isère.

La mise en place d'un premier démonstrateur sur place en Guyane est prévue en 2013. L'hydrolienne serait d'une puissance de 50 kW environ, Gammes de puissance : 10 à 100 kW en fonction de la vitesse du courant.

## 5 Mayotte

Etude d'un ETM à Mayotte par l'Agence régionale de l'Energie de la Réunion (ARER).

Etude sur la faisabilité (technologique, financière, réglementaire...)  
d'un couplage SWAC -UBC2E (Unité de Bio Cogénération Electricité et Eau potable) à Mayotte répondant ainsi aux besoins en électricité, eau potable et climatisation  
Dans ce scénario, le froid du SWAC et la chaleur de la centrale thermique sont ainsi valorisés pour la distillation de l'eau de mer.

## 6 Tahiti et Polynésie française

La technique de climatisation via le Swac est à ce jour une particularité de la Polynésie française. La première centrale de climatisation Swac est en activité à Bora Bora, à l'hôtel Intercontinental depuis 2006. La seconde a été installée à l'hôtel Brando sur l'atoll de Tetiaroa en septembre 2012, mais n'est pas encore en fonctionnement car le complexe hôtelier n'est pas encore exploité. Un projet important de SWAC, se situe à l'hôpital NCHPF, Centre hospitalier du Taaone de Papeete.

Tahiti, île volcanique, est très adaptée à l'ETM et au SWAC, en raison de ses pentes fortes qui permettent l'accès à l'eau froide profonde de l'Océan.

## 7 Saint-pierre et Miquelon

A Saint-Pierre et Miquelon, le potentiel naturel d'énergies renouvelables est limité. L'éolien est la première filière qui commence à s'implanter. Le houlomoteur est à considérer.

(Etude Ifremer Développements possibles de houlomotrices dans les DOM\_TOM - 7809.pdf.htm  
<http://archimer.ifremer.fr/doc/00001/11263/7809.pdf>

## **ILES BRETONNES DE MOLENE, OUESSANT ET SEIN**

Ces îles bretonnes sont les zones non interconnectées les plus proches de la métropole, et les énergies marines renouvelables y sont bien appropriées,

Le projet de démonstrateur hydrolienne de Sabella avec implantation dans le Fromveur, envisagée pour 2013, peut apporter une alimentation en énergie électrique très intéressante pour les besoins de l'île d'Ouessant.

## **8 Corse** (pour mémoire: zone faiblement interconnectée)

Classée en zone non interconnectée, la Corse dispose d'une interconnexion limitée avec la Sardaigne et l'Italie. Des énergies marines renouvelables, comme des éoliennes flottantes, apporteraient à la Corse une énergie relativement compétitive par rapport aux groupes diesels. L'étude de SWAC en Corse est également envisagée dans des zones propices.

## **Annexe - 3      Récapitulatif des principales technologies EMR en développement et des sites d'essais français**







(Source: CESER Bretagne, 2009 et 2012; France Energies Marines 2012)

### **PRINCIPALES TECHNOLOGIES EMR EN DEVELOPPEMENT**







La mission a examiné des technologies multiples. On peut d'ailleurs citer 40 technologies au moins en hydrolien posé ou flottant, plus de 100 en houlomoteur (et des milliers de concepts), une certaine diversité en éolien flottant (3 types de flotteurs, axe horizontal ou vertical, etc.).

Ci-après est présenté un récapitulatif (source: CESER de Bretagne) des principales technologies existantes ou en cours d'étude.






# 1. L'exploitation de l'énergie éolienne offshore

Projet Constructeur Pays	Eolien offshore (1/1)	Principe	Dimensions	Puissance unitaire / parc	Production estimée
<b>EOLIEN CLASSIQUE (AVEC FONDATIONS)</b>					
		Eolienne sur fondation gravitaire, monopieu, tripode, ou jacket	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 90-100 m pour le moyeu</li> <li>• Jusqu'à 126 m de diamètre pour le rotor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jusqu'à 6 MW par éolienne</li> <li>• 60 à 160 MW par parc en moyenne</li> <li>• 8 MW/km<sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3000 à 4000 h pleine puissance</li> <li>• 15 à 20 GWh par éolienne</li> </ul>
<b>EOLIEN FLOTTANT</b>					
<b>Hywind</b> StatoilHydro Norvège		Eolienne flottante sur flotteur de type spar acier/béton  3 ancrages	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 65 m pour le moyeu, 82 m de diamètre, 100 m de tirant d'eau</li> <li>• 5300 tonnes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2,3 MW</li> <li>• 5 MW</li> </ul>	
<b>Sway</b> Sway Norvège		Eolienne flottante sous le vent, nacelle fixe		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 MW</li> </ul>	
<b>Windsea</b> Statkraft Norvège		Trois éoliennes sur plateforme flottante semi-sousmersible, dont une sous le vent		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 MW</li> <li>• 30 plateformes, soit 300 MW pour un parc type</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4000 h pleine puissance</li> <li>• 40 GWh par plateforme</li> <li>• 1200 GWh par parc</li> </ul>
<b>Diwet</b> Blue H Pays-Bas  Blue H France (Rennes)		Eolienne bipale sur plateforme flottante à lignes tendues	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 60 m pour le moyeu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 MW à terme</li> <li>• 100 machines, soit 350 MW pour un parc</li> </ul>	
<b>Winflo</b> Nass&Wind Offshore  France (Lorient)		Eolienne sur plateforme flottante à ancrages caténaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 65 m pour le moyeu</li> <li>• 80 m de diamètre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 MW à terme</li> </ul>	


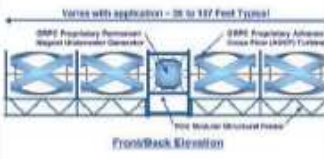
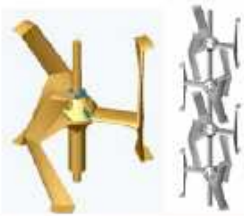
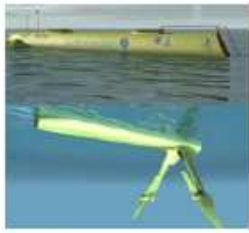
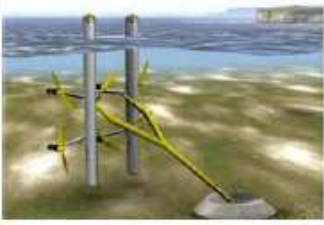
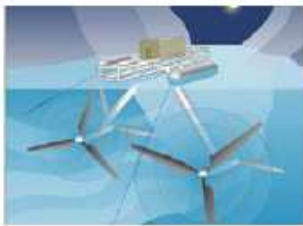
## 2. L'exploitation de l'énergie des courants


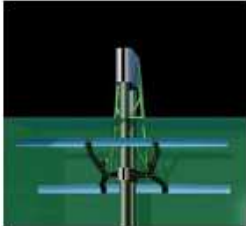


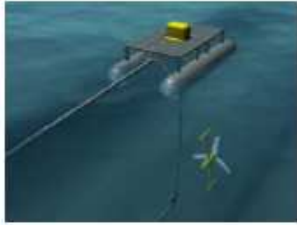

Projet Constructeur Pays	Energie des courants (1/4)	Principe	Dimensions	Puissance unitaire / parc	Production estimée
<b>Seagen</b> Marine Current Turbines Royaume-Uni		Double turbine bipale à axe horizontal	• Rotors de 16 m de diamètre, 20 m à terme.	• 1,2 MW • 5 MW à terme	
<b>Open Center Turbine</b> OpenHydro Royaume-Uni		Turbine à axe horizontal avec génératrice périphérique	• 6, 10 ou 16 m de diamètre • Jusqu'à 21 m de haut, 500 tonnes avec le support	• 500 kW ou 1 MW	
<b>The Blue Concept</b> Hammerfest Strom Norvège / Royaume-Uni		Turbine tripale à axe horizontal	• 20 m de diamètre	• 300 kW • 1 MW à terme • Parcs de 5 à 20 MW	
<b>Rotech Tidal Turbine</b> Lunar Energy Royaume-Uni		Turbine à effet Venturi	• 15 m de diamètre • 19 m de long	• 1 MW • 100 à 500 unités par parc, soit 100 à 500 MW	
<b>Marénergie - Sabella</b> HydroHelix Energies France (Quimper)		Turbine à axe horizontal	• 10 m de diamètre	• 200 kW • 1 MW pour 5 unités assemblées	
<b>Hydro-Gen</b> L'Aquafile France (Landéda)		Roue à aube flottante	• 2,3 x 4,5 m • 4 x 7 m	• 10 kW • 20 kW ensuite • 1 MW à terme	





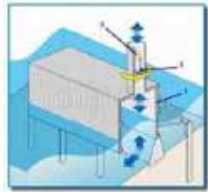



Projet Constructeur Pays	Energie des courants (2/4)	Principe	Dimensions	Puissance unitaire / parc	Production estimée
<b>Free Flow System</b> Verdant Power Etats-Unis		Turbine tripale à axe horizontal	• 5 à 11 m de diamètre	• 35 kW à 1 MW	
<b>ReDAPT</b> Tidal Generation Ltd Rolls Royce Royaume-Uni		Turbine tripale à axe horizontal	• 18 m de diamètre • 27 m de haut • 80 tonnes	• 1 MW	
<b>Neptune</b> Aquamarine Power Royaume-Uni		Double turbine tripale à axe horizontal		• 2,4 MW	
<b>Delta Stream</b> Tidal Energy Ltd Royaume-Uni		Turbines à axe horizontal sur structure triangulaire stable	• Rotor de 15 m de diamètre • Base de 30 m de côté	• 1,2 MW	
<b>Free Flow Power</b> Free Flow Power Corp. Etats-Unis		Turbine à axe horizontal	• 1 et 2 m de diamètre	• A partir de 10 kW	
<b>Solon</b> Atlantis Resources Corporation Singapour		Turbine à effet Venturi		• 2 MW	









Projet Constructeur Pays	Energie des courants (3/4)	Principe	Dimensions	Puissance unitaire / parc	Production estimée
<b>Clean Current</b>  Clean Current Power Systems Inc. Canada		Turbine à effet Venturi	• 20 m de diamètre pour 2,2 MW	• 1 à 2,2 MW	
<b>OCGen</b>  Ocean Renewable Power Company Etats-Unis		Turbine à axe horizontal ou vertical	• 10 à 32 m de long • 2 à 5 m de diamètre	• A partir de 250 kW	
<b>Harvest</b>  LEGI  France (Grenoble)		Turbine à axe vertical	• Hypothèse : tour de 8 m de diamètre pour 12 m de haut	• Hypothèse : 300 kW	
<b>Scotrenuable Tidal Turbine</b>  Scotrenewables  Ecosse		Double turbine à axe horizontal sur flotteur	• 32 m de long • 12 m de diamètre pour chaque rotor	• 1,2 MW	
<b>Tidal Stream</b>  Tidal Stream  Royaume-Uni		Turbines à axe horizontal sur structure semi-immersée	• Rotors de 20 m de diamètre	• 2 à 6 rotors par unité • Jusqu'à 10 MW par unité	
<b>Tidevanns Kraft</b>  Statkraft  Norvège		Turbines à axe horizontal sur structure flottante		• 1 MW	







Projet Constructeur Pays	Energie des courants (4/4)	Principe	Dimensions	Puissance unitaire / parc	Production estimée
<b>Nereus</b>  Atlantis Resources Corporation  Singapour		Courroie multi-pales	• 16 m x 3 m pour le prototype de 150 kW	• 150 à 400 kW	
<b>Pulse Generator</b>  Pulse Tidal  Royaume-Uni		Système à hydrofoils			
<b>Stingray</b>  Engineering Business Ltd  Royaume-Uni		Système à hydrofoils		• 150 kW • 500 kW	
<b>BioStream</b>  BioPower Systems  Australie		Système à hydrofoil		• 250 kW • 500 kW • 1 MW	
<b>Dania Beach</b>  Florida Atlantic University  Etats-Unis		Turbine tripale à axe horizontal	• 3 m de diamètre • 10 m de profondeur mais ancrage 300 m de fond	• 20 kW	
<b>Vivace</b>  Université du Michigan  Etats-Unis		Système oscillant		• Modulable	

### 3. L'exploitation de l'énergie des vagues

Projet Constructeur Pays	Energie des vagues (1/3)	Principe	Dimensions	Puissance unitaire / parc	Production estimée
<b>Pico</b>  Projet repris par le Wave Energy Center  Portugal		Installation à la côte utilisant le principe de la colonne d'eau oscillante		• 400 kW	
<b>Limpet</b>  Wavegen  Islay, Ecosse		Installation à la côte utilisant le principe de la colonne d'eau oscillante	• 20 m de large	• 500 kW	
<b>Papara</b>  Ito Are  Polynésie française		Installation fixe utilisant le principe de la colonne d'eau oscillante	• 30 m de long • 15 m de haut	• 500 kW	• Production de mars à novembre • 2 GWh/an
<b>Pelamis</b>  Ocean Power Delivery Ltd  Royaume-Uni		Flotteur de type atténuateur	• 140 m de long • 3,5 m de diamètre • 350 tonnes	• 750 kW • Parc type de 40 machines, soit 30 MW • 25 MW/km <sup>2</sup>	• 3600h pleine puissance • 2,7 GWh par machine, 100 GWh par parc
<b>Searev</b>  Ecole centrale de Nantes  France		Flotteur de type absorbeur	• 25 m de long, 15 m de tirant d'eau • 1000 tonnes	• 500 kW • Parc type de 50 machines, soit 25 mW • 25 MW/km <sup>2</sup>	• 4000h pleine puissance • 2 GWh par machine, 100 GWh par parc
<b>Power Buoy</b> Ocean Power Technologies (USA) et Iberdrola (Espagne)		Flotteur de type absorbeur	• 35 m de haut • 7 m de diamètre • 60 tonnes	• 40 ou 150 kW • Parc de 1,4 MW	• 3 GWh pour un parc de 1,4 MW



Projet Constructeur Pays	Energie des vagues (2/3)	Principe	Dimensions	Puissance unitaire / parc	Production estimée
<b>AquaBuoy</b> Finareva Renewables Canada		Flotteur de type absorbeur	21 m de haut 3 m de diamètre	1 à 2 MW à terme	
<b>Wave Dragon</b> Danemark		Déferlement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 220 x 390 x 19 m pour le 11 MW</li> <li>• 14 000 m<sup>3</sup></li> </ul>	• 4, 7 ou 11 MW	• 35 GWh pour 11 MW
<b>OceanLinx</b> OceanLinx Australie		Colonne d'eau oscillante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Base de 20 m x 30 m</li> <li>• 4,5 à 7,6 m de hauteur</li> </ul>	• 1,5 MW	
<b>Orecon</b> Royaume-Uni		Colonne d'eau oscillante			
<b>Wave Star</b> Wave Star Energy Danemark		Absorbeur multi-flotteurs sur structure fixe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 240 m de long, 20 m de haut, 40 flotteurs de 10 m de diamètre</li> </ul>	• 6 MW	• 1,2 à 4 GWh
<b>Hidroflot</b> Hidroflot Espagne		Absorbeur multi-flotteurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 44 x 44 x 24 m</li> </ul>	• 6 MW	

Projet Constructeur Pays	Energie des vagues (3/3)	Principe	Dimensions	Puissance unitaire / parc	Production estimée
<b>Ceto</b> Carnegie Australie		Système immergé de type oscillateur			
<b>Archimede Waveswing</b> AWS ocean energy Ecosse		Système immergé de type pompe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 23 m de haut</li> <li>• 220 tonnes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 MW à terme</li> </ul>	
<b>Oyster</b> Aquamarine Power Royaume-Uni		Système immergé de type oscillateur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 18 m de large, 12 m de haut</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 300 à 600 kW</li> <li>• Parcs de plusieurs MW</li> </ul>	
<b>WaveRoller</b> AW-Energy Finlande		Système immergé de type oscillateur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 x 4,5 x 3,5 m</li> <li>• 20 tonnes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 à 15 kW par unité</li> </ul>	
<b>BioWave</b> BioPower systems Australie		Système immergé de type oscillateur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 25 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 250 kW</li> </ul>	
<b>Anaconda</b> Checkmate Seaenergy Royaume-Uni		Floteur de type atténuateur, utilise la propagation des ondes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 200 m de long</li> <li>• 7 m de diamètre</li> <li>• 110 tonnes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 MW</li> </ul>	

**SITES D'ESSAIS EN FRANCE**  
**Source: France Energies Marines)**

L'IEED « France Energie Marines » est chargé au niveau national de développer des sites d'essais ouverts à tous les industriels intéressés. Actuellement deux sites sont câblés: le site de Paimpol et le site du Croisic (cf infra). Il est important de respecter les délais de câblage pour les autres sites afin de ne pas prendre de retard préjudiciable au développement des EMR. La particularité de la France est d'offrir des sites d'une grande diversité et répartis sur l'ensemble du territoire national métropolitain. Il serait souhaitable d'intégrer l'outre-mer (site d'essais houlomoteur à Saint-Pierre à la Réunion) dans ce réseau afin de couvrir l'ensemble des technologies EMR (ETM, SWAC et stockage de l'énergie). Le houlomoteur near shore (moins de 20 mètres) manque encore dans l'offre de sites d'essais.

Pour mémoire les grands sites d'essai au niveau mondial sont l'EMEC écossais, et le FORCE canadien. D'autres sites sont en cours de création, notamment en Asie. La mission a pu contribuer à l'élaboration d' un partenariat en cours de développement entre FEM et l'EMEC.

# 1. SITE D'ESSAIS HYDROLIEN DE PAIMPOL-BREHAT

## 1.1. Contexte

Comme pour l'ensemble des sites d'essais coordonnés par France Energies Marines, le calendrier de mise en place du site hydrolien doit satisfaire aux engagements contractuels des démonstrateurs cofinancés par l'ADEME au titre des Investissements d'Avenir, au premier rang desquels figure le démonstrateur ORCA qui doit être mis à l'eau à la fin de l'année 2013.

L'opportunité d'adosser un site d'essais au parc hydrolien pilote d'EDF (« le projet EDF ») a été soulignée dès le lancement du projet EDF par les différentes parties concernées – EDF, Région Bretagne, ADEME. Cet adossement permet la mutualisation de certaines études et infrastructures développées par EDF et en particulier le câble électrique sous-marin (Figure 1).

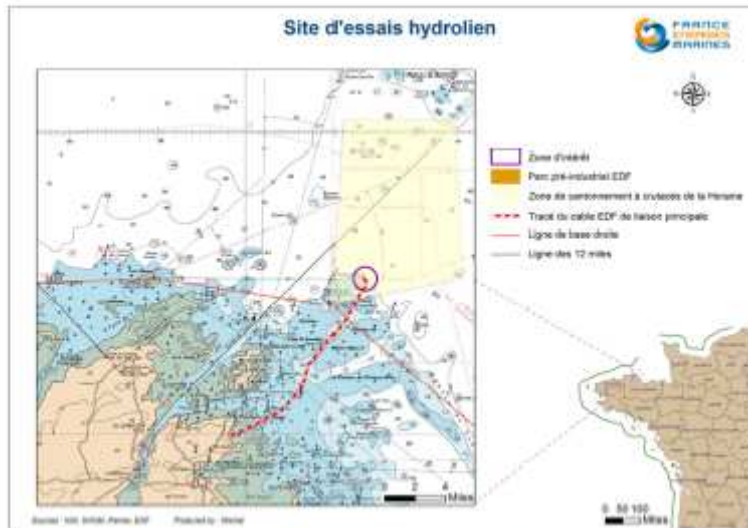


Figure 1 – Situation générale du site de Paimpol-Brehat

## 1.2. Description du site d'essais

### 1.2.1. Périmètre

Le site d'essais disposera de 2 connexions au convertisseur sous-marin mutualisé avec le projet EDF et pourra donc accueillir 2 hydroliennes simultanément. Chaque connexion sera dimensionnée pour des machines d'une puissance unitaire de 1MW. Les hydroliennes installées seront raccordées individuellement au convertisseur par l'intermédiaire d'un câble ombilical dont la fourniture et l'installation seront à la charge des utilisateurs.

Le site d'essais comprendra également de l'instrumentation, dédiée au suivi environnemental du site et au suivi des hydroliennes, et des locaux permettant d'accueillir des équipements de monitoring et de contrôle ainsi que les équipes de chercheurs, ingénieurs et techniciens.



## 1.2.2. Durée d'implantation

L'activité du site d'essais est initialement planifiée sur une période allant de fin 2013, pour accueillir le démonstrateur ORCA, à la fin de l'année 2019 conformément au calendrier du programme des Investissements d'Avenir. Cette période pourra être prolongée en fonction de l'évolution des technologies hydroliennes et des infrastructures d'essais nécessaires.

## 1.3. Etat d'avancement

### 1.3.1. Site d'essais

L'Ifremer a fait réaliser, en 2010 et dans le cadre de sa mission de mise en place de la plateforme technologique des EMR, l'étude de faisabilité pour l'adossé d'un site d'essais au parc pilote d'EDF. Cette étude, cofinancée par la région Bretagne, l'ADEME, le FEDER et l'Ifremer, a confirmé la faisabilité d'une telle extension. Sur cette base, les démarches de concertation ont été entamées, avec la mise en place d'un comité de suivi qui a déjà réuni par deux fois les parties prenantes locales concernées par le projet.

Ces travaux, ainsi que les travaux réalisés par les différents acteurs (ALSTOM, EDF, région Bretagne et Ifremer) ont servi de base aux réflexions du groupe de travail de France Energies Marines qui s'est attaché en particulier aux aspects structure juridique du site d'essais et articulation avec France Energies Marines, autorisations réglementaires et définitions électrotechniques du site d'essais. L'organisation juridique du site est détaillée dans la section 4.1.4.3. Les principaux éléments concernant les autorisations et la définition électrotechnique sont résumés ci-après :

#### - Autorisations réglementaires

Il a été décidé, en concertation avec les services de l'Etat, d'initier deux démarches parallèles :

- une procédure d'autorisations temporaires (AOT du DPM et AOT Loi sur l'Eau) liée à la mise en place de la machine ORCA. La rédaction des dossiers est pilotée par Alstom ;
- une procédure de concession pour le site d'essais pérenne, procédure qui sera initiée dès 2013.

#### - Définition électrotechnique

EDF a, dès le lancement de son projet, défini autant que possible une architecture électrotechnique ouverte, selon l'engagement pris avec ses cofinanceurs publics. Cependant, un certain nombre de choix techniques liés à la distance du site à la côte et aux caractéristiques des hydroliennes les plus avancées à l'époque a dû être effectué. L'architecture de la ferme pilote d'EDF, et notamment le convertisseur sous-marin qui doit être déployé par EDF sur le site de Paimpol-Bréhat en 2013 ne permet pas aujourd'hui le raccordement d'hydroliennes non auto-démarrantes ou nécessitant l'activation d'auxiliaires.

Pour augmenter les fonctionnalités nécessaires au raccordement du plus large panel de technologie et donc améliorer la flexibilité du site, une solution de stockage d'énergie sera intégrée dans l'enveloppe du convertisseur sous-marin, la solution d'ajout d'un câble pour apporter de l'énergie depuis la terre étant bien plus coûteuse. L'intégration de cette solution de stockage permettra de proposer des fonctionnalités non prévues sur les machines d'OpenHydro. Aujourd'hui, l'analyse des technologies qui ont émergé récemment a permis d'identifier les besoins en énergie, que ce soit pour leur démarrage (induction alternateur, pas variable...), pour leur arrêt (freins) ou pour d'autres auxiliaires. Le dispositif de stockage permettra ainsi au centre d'essais d'accueillir à la fois des machines auto-démarrantes, telles celle développée par OpenHydro, et des machines qui nécessitent d'actionner des auxiliaires pour démarrer ou optimiser leur fonctionnement. Ce système permettra ainsi de répondre aux besoins de certaines machines qui pourraient nécessiter un appel de puissance pour des opérations telles que le pivotement entre le flot et le jusant.

Une définition du besoin a été réalisée et une étude de faisabilité technique complétée chez le fabricant du convertisseur. Les études détaillées des équipements dédiés au site d'essais doivent maintenant être lancées avec EDF et son partenaire.



Ce développement supplémentaire permettra alors au site d'essais d'offrir 2 connexions, pour une puissance totale de 2MW, dont la première sera utilisée par le projet ORCA d'ALSTOM sur la période 2013-2014.

### 1.3.2. Parc pilote EDF

Une première machine a été déployée sur le site pour effectuer une série de tests d'octobre 2011 à janvier 2012. Le câble principal d'évacuation de l'énergie produite par les hydroliennes a été installé durant l'été 2012. Le planning actuel du projet de parc pilote EDF prévoit maintenant la réalisation successive des différents matériels selon l'échéancier suivant :

- Construction du poste de livraison on-shore à partir de fin 2012 - début 2013 ;
- Mise en place du convertisseur immergé à l'été 2013.

## 1.4. Montage du projet dans le cadre de FEM

### 1.4.1. Périmètre des matériels

Sur le projet pilote d'EDF, un certain nombre d'équipements seront des investissements mutualisés pour servir le projet de centre d'essai : l'enveloppe du convertisseur off-shore, le système de refroidissement et le transformateur HF du convertisseur. Ces matériels et leur installation représentent un montant prévisionnel de 6 706 k€.

A ceci s'ajoutent les investissements complémentaires spécifiques au site d'essais :

- interface convertisseur, connectique, réseau alimentation auxiliaires (1824 k€) ;
- études, ingénieries (1 167k€) ;
- instrumentation (490 k€) ;
- serveur et embarcation de maintenance (280 k€).

pour un total de 3 761 k€ de dépenses spécifiques du site d'essais, c'est-à-dire non mutualisées avec les fonctionnalités du site pilote d'EDF.

### 1.4.2. Plan de financement de l'investissement

- **Point synthétique : bilan estimation Coûts (années 1 à 3)**

L'investissement nécessaire à la mise en place du site d'essais hydrolien de Paimpol Bréhat et rentrant dans le périmètre d'éligibilité de l'IEED (c.à.d. hors immobilier etc.) est de 10 468k€. Cet investissement sera réalisé entre 2012 et 2013.

Cet investissement est réparti entre, d'une part les infrastructures mutualisées avec le projet EDF pour un montant de 6.7 M€ (comprenant l'enveloppe, le système de refroidissement et le transformateur HF du convertisseur) et d'autre part les investissements complémentaires du site d'essais pour un montant de 3,76 M€.

La répartition entre les différentes sources de ce financement est présentée de manière synthétique dans le tableau 1 ci-après.

<i>privé fléché</i>	<i>privé cotis</i>	<i>public fléché</i>	<i>public cotis</i>	<i>CGI</i>	<i>Total</i>
3 160	-	20	1 680	414	5 234
30%	0%	16%	4%	50%	

Tableau 1 : Répartition des contributions au financement (en k€)

- **Détail de la part privée fléchée (EDF, ALSTOM)**  
EDF : apport en numéraire de 2 910 k€ permettant le rachat, par FEM, de certains actifs du projet EDF (convertisseur sous-marin et équipements internes mutualisés).  
ALSTOM : apport en numéraire de 250k€.
- **Détail de la part publique fléchée (Région Bretagne)**  
Région Bretagne: apport en capital de 1 680 k€ réparti sur 3 ans.

## 2. SITE D'ESSAIS « SEENEOH BORDEAUX »



### 2.1. Contexte

Le projet SEENEOH Bordeaux, situé sur la partie fluviale de l'estuaire de la Gironde, propose une étape en milieu estuarien au service du développement de la filière hydrolienne. Il permet d'organiser un passage intermédiaire dans un milieu naturel, constituant ainsi l'avant dernier stade de la « marinsation ». Ce maillon de la chaîne de développement permet de répondre à de nombreux objectifs de validations techniques tout en limitant les risques financiers induits par des dimensions sensiblement inférieures à celles des structures placées en mer. Il permet également aux industriels de se positionner sur le marché de l'hydrolien fluvial et estuarien. Ce site expérimental doit également répondre à une problématique de compréhension des interactions avec l'environnement par un suivi d'impact adapté.

Le calendrier de mise en place de ce site doit permettre de satisfaire aux engagements des industriels ayant contractés des tests à partir de mi-2013. Il est donc indispensable de mettre en perspective ce calendrier de mise en place à l'été 2013 avec celui des premiers démonstrateurs utilisateurs du site : Hydroquest (technologie française exploitant le brevet HARVEST), Hydrotube (technologie française), Instream Energy System (technologie canadienne) et Urabiïla (technologie française développée par Bertin Technologies).



Figure 4 – Situation générale du site SEENEOH Bordeaux

### 2.2. Description du site

#### 2.2.1. Périmètre

Le site d'essais disposera de 3 emplacements pour tester des hydroliennes :

- Un emplacement, « Bristol » pour hydroliennes fixes de puissances unitaires maximum de 100kW. Cet emplacement est constitué d'une plate-forme fixe pérenne positionnée à l'aval de l'arche 4-5 du pont de Pierre. Cet emplacement est distant de 57 mètres par rapport à l'axe central du pont
- Un emplacement, « Bilbao » pour des hydroliennes flottantes de puissances unitaires maximum de 100kW. Cet emplacement est constitué d'une plate-forme flottante pérenne positionnée à l'aval de l'arche 4-5 du pont de Pierre sur laquelle les développeurs installeront leur turbine et chaîne de conversion associée. Cet emplacement est distant de 30 mètres par rapport à l'axe central du pont;
- Un emplacement, « Québec », pour tous types d'hydroliennes flottantes de puissances unitaires maximum de 50kW. Sur cet emplacement, le site d'essais fournit uniquement le raccordement électrique et le système SCADA.



Les 3 emplacements seront raccordés aux postes de conversion, de comptage et de livraison (réseau de distribution ERDF).

Le site d'essais comprendra également de l'instrumentation permettant d'assurer le suivi environnemental du site, ainsi que le suivi du comportement et des performances énergétiques des technologies testées.

Le centre d'études, point névralgique du site d'essais SEENEOH, sera situé au 87 quai des Queyries à Bordeaux, au sein des locaux d'Energie de la Lune. Il garantit ainsi un accueil optimal des équipes industrielles désirant accompagner leur test d'hydrolienne (confidentialité, sécurité, proximité, moyens de communication et informatiques, hôtellerie, restauration...).

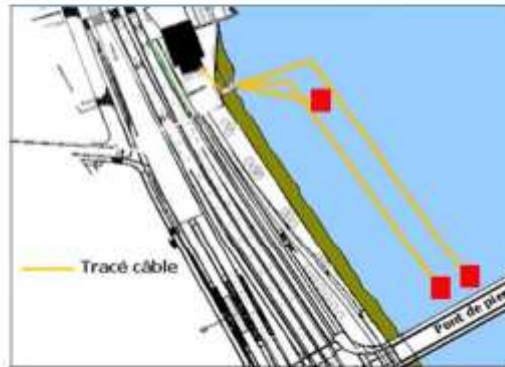


Figure 5 – Localisation des 3 emplacements et tracé des câbles

### 2.2.2. Durée d'implantation

L'activité du site est initialement planifiée sur une période allant de mi-2013, avec l'accueil des trois premiers démonstrateurs, à la fin de l'année 2019 conformément au calendrier du programme des Investissements d'Avenir. Ce site pourra ensuite être démantelé, reconduit ou transféré en site industriel en fonction du marché et du retour d'expérience du site d'essais.

## 2.3. Etat d'avancement

Le projet SEENEOH® Bordeaux a été, dès le début de l'année 2010, intégré au projet France Energies Marines. Il réunit de nombreux partenaires locaux, positionnés sur l'émergence de cette filière industrielle et soutenant l'étape expérimentale. La particularité de ce site d'essais est qu'aucun des partenaires ne développe de technologie d'hydrolienne, ce qui facilite l'accès à la clientèle.

A ce jour, avec l'ensemble des partenaires du projet, les principaux éléments suivants ont été traités :

#### - Autorisations administratives

Police de l'eau : projet soumis à simple déclaration,  
Notice d'impact obligatoire,  
Evaluation d'incidence Natura 2000 est également obligatoire.

} Avis favorable de la DDTM 33 à la date du 29 avril 2012.

Projet soumis à l'évaluation d'une commission nautique locale qui a eu lieu le mardi 18 octobre 2011 : le projet a obtenu un avis favorable à l'unanimité. Une nouvelle commission nautique locale est prévue le 15 janvier 2013 pour tenir compte des évolutions du projet, en particulier sur les aspects ancrage des plateformes flottantes et moyens nautiques d'exploitation du site.

La procédure relative à l'occupation temporaire du domaine public sous domanialité du Grand Port Maritime de Bordeaux (GPMB) est en cours : elle aboutira prochainement à une autorisation d'occupation temporaire par le GPMB couvrant la durée d'exploitation de la zone.

Urbanisme :

- Poste de livraison : projet non soumis à réglementation (Poste de livraison < 20m<sup>2</sup> de surface au sol). Utilisation du local technique BCMO ALSACE, propriété de la Mairie de Bordeaux. Quelques travaux de mise aux normes sont à prévoir. La mise à disposition du local s'est faite par voie délibérative du conseil municipal de la ville de Bordeaux du Lundi 24 septembre 2012.
- Poste de raccordement : le poste de raccordement sera constitué d'un shelter temporaire habillé afin de garantir son intégration dans l'environnement local. Un permis précaire sera délivré par la Ville de Bordeaux. La rédaction du cahier des charges de consultation du futur « concours sur esquisses » pour cet habillage est en cours en concertation avec les acteurs concernés.

Loi sur l'énergie/CODOA : projet soumis à simple déclaration : procédure portée par Dalkia France (exploitant énergétique).

**- Le raccordement électrique**

Définition du cahier des charges du raccordement électrique des démonstrateurs aux côtés de Valorem et ERDF. Valorem réalise une étude de conversion et de livraison. Une demande d'étude approfondie sera déposée prochainement auprès d'ERDF, dès création de l'établissement secondaire de France Energies Marines sur la parcelle du lieu de livraison.

**- Définition du protocole de suivi environnemental physique et écosystémique**

Définition du protocole de suivi environnemental physique et écosystémique réalisé par Energie de la Lune, en collaboration avec le partenaire Neotek, l'Ifremer et le Grand Port Maritime de Bordeaux.

**- Définition du protocole de suivi de performances**

Définition du protocole de suivi de performances électriques et mécaniques des démonstrateurs réalisé par Energie de la Lune et France Energies Marines, en collaboration avec les partenaires Valorem, Texsys, l'Ifremer et les industriels attendus pour des tests.

Définition du système de contrôle et de supervision réalisé par Energie de la Lune et France Energies Marines, en collaboration avec Texsys et Dalkia (CTRA Sud-Ouest) pour la gestion et le traitement des télé-alarmes..

**- Relations clients**

Définition des modalités d'un accompagnement de sous-traitance technique et de R&D amont et aval avec la Région Aquitaine et les agences économiques (Bordeaux Gironde Investissement, Agence de Développement Innovation Aquitaine).

Etude de marché en cours par Energie de la Lune (marché de l'hydrolien océanique, fluvial et estuarien, état de l'art, modèle économique).

Réception de lettres d'intention des futurs utilisateurs français et internationaux dès 2013.

Relations commerciales en cours avec les potentiels futurs utilisateurs du site à moyen et long termes.

Rédaction du cahier des charges technique à destination des clients du site d'essais réalisé par Energie de la Lune et France Energies Marines en collaboration avec GTM Sud-Ouest TP GC et CERENIS.

## 2.4. Montage du projet dans le cadre de France Energies Marines

### 2.4.1. Plan de financement de l'investissement

Point synthétique : bilan estimation Coûts (années 1 à 3)

L'investissement nécessaire à la mise en place du site d'essais SEENEOH et rentrant dans le périmètre d'éligibilité de l'IEED (c.à.d. hors immobilier etc.) est de 1 800 k€. Cet investissement sera réalisé en 2012 et 2013.

La répartition entre les différentes sources de ce financement est présentée de manière synthétique dans le tableau 1 ci-après.

<i>privé fléché</i>	<i>privé cotis</i>	<i>public fléché</i>	<i>public cotis</i>	<i>CGI</i>	<i>Total</i>
640	-	260	-	0	900
36%	0%	14%	0%	50%	

- **Détail part privée fléchée<sup>1</sup> (640.2 k€)**

- Cerenis : 25 k€
- EDF delegation regional Aquitaine : 40 k€
- ERDF gironde : 5k€
- Energie de la Lune : 30.3 k€
- GTM Sud-Ouest TP GC (groupe Vinci) : 243.7 k€
- Mixener : 40 k€
- Neotek : 52.7 k€
- Texsys : 49.5 k€
- Veolia Environnement : 150 k€
- Valorem 3.8 k€

- **Détail part publique fléchée (260 k€)**

- Conseil Régional d'Aquitaine : 100 k€
- Conseil Général de la Gironde : 20 k€
- Communauté Urbaine de Bordeaux : 100 k€
- Mairie de Bordeaux : 40 k€

### 2.4.2. Mode de gestion opérationnelle

#### a. Organisation juridique, structure porteuse - part de propriété de France Energies Marines

L'organisation juridique de SEENEOH repose sur un portage des actifs par France Energies Marines

La mise en place opérationnelle s'appuie sur une régie qui sera mandatée pour assurer la gestion administrative de l'opération. A ce jour, il a été identifié un candidat pour ce portage : le Syndicat Départemental d'Energie Electrique de la Gironde (SDEEG). En effet, le SDEEG a constitué sa régie « ENR » sous forme de régie autonome le 16 décembre 2011. La mise en place de la convention de mandat est en cours entre le SDEEG et France Energies Marines et devrait être finalisée avant fin 2012 (conseil d'administration du 14 décembre 2012).

<sup>1</sup> Les partenaires suivants contribuent également à la réalisation ou à l'exploitation du site par le biais de prestations : ITI Cerenis, Energie de la Lune, ERDF, GTM, Neotek, Texsys, Veolia Environnement, Valorem.



### 3. SITE D'ESSAIS HOULOMOTEUR SEM-REV

#### 3.1. Contexte

Le projet de site d'essais houlomoteur SEM-REV, situé au Croisic, a été développé par l'Ecole Centrale de Nantes (ECN) depuis 2007. Le financement du projet a été initialement assuré dans le cadre du CPER 2007-2013 Pays de la Loire, complété par des financements européens (FEDER), du CNRS, du Conseil Général de Loire Atlantique et de l'ECN. Le projet entre aujourd'hui dans le cadre de France Energies Marines par le biais d'un co-investissement permettant notamment de compléter les infrastructures initiales et d'assurer l'harmonisation et la coordination de l'accès et des services avec les autres sites d'essais.

Le site devrait être opérationnel en 2013, à temps pour accueillir le démonstrateur Winflo (éolien flottant, prototype de taille réduite), cofinancé par l'ADEME dans le cadre des Investissements d'Avenir.



Figure 8 – Situation générale du site houlomoteur SEM-REV

#### 3.2. Description du site d'essais

##### 3.2.1. Périmètre

Le site d'essais dispose, dans le cadre de son financement initial, d'un raccordement au réseau d'une puissance maximale de 4MVA, le câble principal étant lui dimensionné pour une puissance maximale de 8MVA. Le site permet de recevoir et de tester jusqu'à 4 machines simultanément. Leur connexion au câble principal sera assurée par un hub sous-marin cofinancé par France Energies Marines.

Le site d'essais comprend également un système d'instrumentation, d'ores et déjà opérationnel, ainsi qu'une base de recherche permettant d'accueillir les équipes du site d'essais ainsi que les équipes des utilisateurs.

##### 3.2.2. Durée d'implantation

L'activité du site d'essais est planifiée sur une durée de 20 ans en cohérence avec la durée de la concession d'occupation du domaine public maritime attribuée à l'Ecole Centrale de Nantes.

### 3.3. Etat d'avancement

Le développement du projet porté par l'ECN est maintenant en phase d'achèvement des travaux de la première phase, pour une mise en service prévue en 2013. Les principaux jalons franchis sont les suivants :

- La convention d'occupation du Domaine Public Maritime et l'arrêté Loi sur l'Eau ont été signés en juin 2011. Une demande d'avenant à la convention d'occupation du DPM a été déposée auprès des services de l'Etat en mai 2012 pour élargir le périmètre d'utilisation du site aux éoliennes offshore flottantes de taille réduite (signature prévue mi 2013),
- Le câble principal (8MVA) a été posé et ensouillé,
- La Proposition Technique et Financière pour le raccordement au réseau a été signée avec ERDF pour un raccordement d'une puissance de 4MVA. Le raccordement sera effectué fin 2012 - début 2013,
- Le poste de livraison a été construit et équipé,
- La rénovation du bâtiment de la base de recherche a été complétée et le bâtiment, qui est maintenant opérationnel, accueille d'ores et déjà l'équipe projet.
- Les bouées de signalisation et l'ensemble de l'instrumentation offshore ont été installés (le site est instrumenté depuis le printemps 2009, initialement par AOT) et sont maintenant opérationnels (données diffusées en temps réel) sur [www.semrev.fr](http://www.semrev.fr).

### 3.4. Montage du projet dans le cadre de FRANCE ENERGIES MARINES

Compte-tenu de l'avancement du projet porté par l'ECN, le montage retenu pour le site d'essais houlomoteur SEM-REV est un co-investissement de France Energies Marines. Les propositions relatives aux activités EMR du site seront développées conjointement entre France Energies Marines et l'ECN. Le portage du projet reste assuré par l'ECN qui pourra librement utiliser le site pour les activités hors EMR.

#### 3.4.1. Plan de financement de l'investissement

##### a. Financements antérieurs (non éligibles IEED)

Le financement initial du projet est assuré dans le cadre du CPER Région Pays de la Loire ainsi que par des financements européens (FEDER), CNRS, CG Loire Atlantique et ECN. Ce financement s'élève à 14,1 M€ (T.T.C).

##### b. Financements IEED

###### - Point synthétique : bilan estimation Coûts (années 1 à 3)

Le co-investissement que France Energies Marines réalisera sur le projet SEM-REV est de 3,5M€ (H.T.). Cet investissement a pour objet principal de doter le site d'un hub sous-marin offrant 4 connexions. Il permettra également de compléter l'instrumentation du site. Ces aménagements indispensables seront réalisés dans la première phase de l'IEED et représentent environ 20% du coût total de réalisation du site d'essais.

La répartition entre les différentes sources de ce financement est présentée de manière synthétique dans le tableau 1 ci-après.

privé fléché	privé cotis	public fléché	public cotis	CGI	Total
-	1 050	700	-	1 750	3 500
0%	30%	20%	0%	50%	

Tableau 2 : Répartition des contributions au financement IEED

L'investissement de France Energies Marines dans le site SEM-REV ne fait pas l'objet de contributions privées fléchées en raison, d'une part des investissements antérieurs importants dans le cadre du CPER et d'autre part des conditions de cofinancement des premiers démonstrateurs par l'ADEME qui ne permettent pas de valoriser l'apport des membres des consortiums. En effet, le coût des essais S3 est pris en charge dans la contribution subventionnée de l'ECN au projet d'AMI, tandis que celui des essais du prototype WinFlo, couvert par l'AMI, constituera une entrée d'argent pour le site, considérée parmi les produits d'exploitation.



## 4. SITE D'ESSAIS EOLIEN FLOTTANT de FOS sur MER

### 4.1. Contexte

La définition des sites d'essais éoliens flottants a été largement initiée par les différents projets de démonstrateurs : ils ont en effet identifié des sites potentiels, en fonction de critères parmi lesquels principalement les paramètres océano-météorologiques et les marchés visés. Il est apparu, au terme d'une étude pilotée par l'Ifremer pour la définition de critères de choix d'un site d'essais éolien flottant, que la mise en œuvre d'un site d'essais éolien flottant en Méditerranée et d'un second site en Atlantique était justifiée et favoriserait l'émergence de la filière nationale ainsi qu'une prise de position pionnière sur le marché international.

Le développement du site méditerranéen au large du Golfe de Fos, projet MISTRAL, est aujourd'hui porté par deux acteurs principaux que sont Nénuphar et EDF Energies Nouvelles. Il a pour échéance le test du démonstrateur Vertiwind cofinancé par l'ADEME dans le cadre des Investissements d'Avenir, ainsi que l'implantation du premier de série cofinancé par le projet européen FP7 INFOW. Cette technologie serait ensuite déployée dans un site pilote développé par EDF-EN et situé plus au large de Fos sur Mer dénommé PROVENCE GRAND LARGE.



Figure 11 – Situation générale du site de Fos/Mer (localisation indicative)

### 4.2. Description du site d'essais

#### 4.2.1. Périmètre

Le site d'essais disposera de 2 connexions à une station de connexion électrique sous-marine pour une puissance totale raccordable de 10MW, chaque prise étant dimensionnée pour une puissance maximale de 5 à 6MW (sous réserve de finalisation des études en cours). Les éoliennes seront raccordées à cette station sous-marine par l'intermédiaire d'un câble dynamique dont la fourniture et l'installation seront à la charge des utilisateurs.

Le site d'essais disposera également d'instrumentation permettant d'assurer le suivi environnemental du site et des éoliennes. Des locaux permettront d'héberger les matériels de monitoring et de gestion des données ainsi que les équipes de chercheurs, ingénieurs et techniciens.

#### 4.2.2. Durée d'implantation

L'activité du site est initialement planifiée sur une période allant de 2014, avec la mise en place des deux machines Vertiwind – le démonstrateur cofinancé par l'ADEME puis le premier de série cofinancé dans le cadre du projet FP7 INFLOW, à 2020 conformément au calendrier du programme des Investissements d'Avenir. Les autorisations administratives du site d'essais seront donc sollicitées sur cette période.



La prolongation de l'exploitation au-delà de cette période sera étudiée en fonction de l'évolution des technologies, de l'adéquation du site au besoin des utilisateurs et du contexte local. L'option privilégiée pour une exploitation pérenne est cependant le transfert des 2 connexions du site d'essais aux bornes du projet Provence Grand Large dans l'hypothèse où ce dernier aboutirait.

#### 4.3. Etat d'avancement

Un certain nombre d'actions a d'ores et déjà été engagé par les porteurs du projet afin de garantir la réalisation d'un site opérationnel fin 2014 pour le test du démonstrateur Vertiwind :

- Un financement européen (FP7) a été obtenu couvrant la construction et l'exploitation du site d'essai. Ce financement intervient dans le cadre du projet INFLOW d'une durée de 5 ans (2012-2016) incluant également la construction et le test d'une turbine pré-commerciale.
- Les études d'impact et la préparation des dossiers pour la demande des autorisations réglementaires sont en cours, notamment les études aviaires et faunistiques. Les dossiers devraient être déposés au premier trimestre 2013.
- Plusieurs réunions de cadrage ont été tenues avec les services afin d'initier les démarches officielles pour l'obtention des autorisations réglementaires.
- Une large concertation a d'ores et déjà été menée, et va se poursuivre, avec l'ensemble des intervenants identifiés : plus de 150 personnes ont d'ores et déjà été interviewées et près de 100 réunions organisées avec les élus, les administrations et services de l'Etat, les institutions et établissements publics, les associations, les scientifiques et les usagers de la mer. Un ensemble de mesures d'accompagnement est à l'étude afin de préserver l'intérêt des professionnels.
- L'ingénierie est en cours afin de traiter l'ensemble des points techniques.

La localisation du site a fait l'objet fait l'objet d'un avis favorable de la prudence de Martigues, ainsi que du Comité Régional des Pêches Maritimes. Il est d'ailleurs à noter que le site serait en partie implanté sur la zone de clappage qui est déjà non-exploitée par les pêcheurs.

#### 4.4. Montage du projet dans le cadre de France Energies Marines

Le montage proposé pour le site d'essais éolien flottant est un portage par une structure de type S.A.S avec une prise de participation initiale de France Energies Marines dans cette structure. Dans un second temps, les actions des actionnaires industriels de la S.A.S. seraient cédées à France Energies Marines qui deviendra propriétaire à 100% du site. Le montant du rachat des actions par France Energies Marines sera déterminé en fonction de la valeur de la société à la date du rachat.

##### 4.4.1. Plan de financement de l'investissement

###### a. Financements non éligibles IEED

Le site d'essais s'inscrit dans le projet INFLOW cofinancé dans le cadre du FP7 et porté par un consortium comprenant les sociétés Technip (coordinateur), EDF Energies Nouvelles et Nénuphar. Le montant de la subvention attribuée au site d'essais par le FP7 est de 3.3 M€.

## **b. Financements IEED**

### **- Point synthétique : bilan estimation Coûts (années 1 à 3)**

L'investissement de France Energies Marines consiste initialement à la prise de participation en numéraire dans la S.A.S. Cette prise de participation sera de l'ordre de quelques k€. Le montant exact de cette participation initiale est en cours de finalisation dans le cadre du montage de la S.A.S. prévu avant fin 2012. La contribution de la Région PACA serait reversée à la S.A.S par France Energies Marines dans le cadre d'une convention de subvention entre France Energies Marines et la Région PACA (convention qui sera présentée à la commission permanente de décembre) et d'une convention de reversement entre France Energies Marines et la S.A.S.

### **- Détail de la part privée fléchée**

La contribution privée au site de Fos sur Mer interviendra à la fin de la première phase lors de l'apport des actions de la S.A.S. détenues par les acteurs privés à France Energies Marines. France Energies Marines se trouvera dès lors doté d'un capital social accru dans la SAS.

EDFEN : la valeur des actions de la SAS sera déterminée par un commissaire aux apports au jour de cet apport à France Energies Marines, sur la base d'un apport initial de 1M€.

Nénuphar : la valeur des actions de la SAS sera déterminée par un commissaire aux apports au jour de cet apport à France Energies Marines, sur la base d'un apport initial de 1M€.

Une analyse fiscale sera nécessaire.

Ces apports de titre viendront abonder la part OPEX de France Energies Marines, en justification de la contribution des investissements d'avenir sur les programmes de R&D.

### **- Détail de la part publique fléchée**

Région Provence Alpes Côtes d'Azur : apport en numéraire de 1,5 M€.

## **Organisation juridique, structure porteuse - part de propriété de FRANCE ENERGIES MARINES**

La structure porteuse et entière propriétaire du site d'essais de Fos sur Mer, sera une S.A.S. dont la création est prévue à la fin 2012. Les trois actionnaires initiaux de cette société seront EDF énergies nouvelles, Nénuphar et France Energies Marines

### **Coûts et revenus d'exploitation**

Les coûts d'exploitation du site comprennent la maintenance planifiée, la maintenance non planifiée, les taxes, les charges de personnel, les loyers et les assurances ainsi que les provisions pour démantèlement. Les coûts d'exploitation sont estimés à titre préliminaire à 500k€ par an.

Les revenus d'exploitation sont de plusieurs types :

- Les revenus provenant de la location des emplacements du site d'essais et des prestations de tests. Il est à noter que l'utilisation du site par les machines Vertiwind ne donnera pas lieu au versement d'un loyer, le projet FP7 comprenant l'investissement initial et l'utilisation du site par Vertiwind.
- Les revenus provenant de la vente de l'électricité produite par les démonstrateurs, à l'exception des machines Vertiwind dont le produit sera reversé au consortium industriel.

### **Gestion des risques et portage des responsabilités**

Les responsabilités et risques liés à la mise en œuvre et à l'exploitation du site d'essais éolien flottant sont portés par la S.A.S., propriétaire du site. Un plan d'assurance sera étudié afin de répondre aux responsabilités de la S.A.S. Une partie des risques sera d'autre part transférée aux utilisateurs à qui il sera demandé, par le biais du contrat et du cahier des charges d'utilisation, de pouvoir démontrer d'un niveau de couverture suffisant.

## 5. SITE D'ESSAIS EOLIEN FLOTTANT ATLANTIQUE

### 5.1. Contexte

La définition des sites d'essais éoliens flottants a été largement initiée par les différents projets de démonstrateurs qui ont identifié des sites potentiels en fonction de différents critères parmi lesquels les paramètres océano-météorologiques et les marchés visés. Il est apparu, au terme d'une étude pilotée par l'Ifremer pour la définition de critères de choix d'un site d'essais éolien flottant, que la mise en œuvre d'un site d'essais éolien flottant en Méditerranée et d'un second site en Atlantique était justifiée et favoriserait l'émergence de la filière nationale ainsi qu'une prise de position pionnière sur le marché international.

Sur la façade Atlantique, le consortium industriel Winacelles, porteur de la technologie Winflo regroupant notamment les sociétés Nass&Wind Industrie, DCNS et Vergnet, s'est positionné pour un co-investissement avec la région Bretagne sur un site d'essais au large de Groix, adossé au développement d'un site pilote.



Figure 15 – Zone d'étude du site d'essais éolien flottant Atlantique

### 5.2. Description du site d'essais

#### 5.2.1. Périmètre

Le site d'essais sera développé sur une zone qui pourra accueillir à la fois le site d'essais et un site pilote, permettant ainsi de mutualiser les infrastructures de raccordement électrique. Le site d'essais offrira deux connexions d'une puissance unitaire de 6MW. Les éoliennes flottantes seront raccordées à une station de connexion sous-marine par l'intermédiaire d'un câble dynamique dont la fourniture et l'installation seront à la charge des utilisateurs.

Le site disposera également d'un système d'instrumentation permettant le suivi environnemental du site et le suivi des éoliennes. Des locaux permettront d'héberger les matériels de monitoring et de gestion des données ainsi que les équipes de chercheurs, ingénieurs et techniciens.

#### 5.2.2. Durée d'implantation

L'activité du site d'essais est initialement planifiée sur une période allant de 2016, avec le test de la première machine multi-mégawatt Winflo, à la fin de l'année 2019 conformément au calendrier du

programme des Investissements d'Avenir. Il est bien entendu envisagé que cette activité se prolonge au-delà de cette période en notant notamment que la convention d'occupation du Domaine Public Maritime sera sollicitée pour une durée de 20 ans et que le parc pilote sera opéré sur cette durée.



### 5.3. Etat d'avancement

L'objectif initial en terme de planning était de disposer d'un site d'essais opérationnel en 2013 afin d'accueillir le démonstrateur Winflo cofinancé par l'ADEME dans le cadre des Investissements d'Avenir.

La mise en place d'un site éolien flottant dédié à une telle échéance s'avérant difficile, au vu notamment du planning de mise en place de France Energies Marines, et les caractéristiques du démonstrateur Winflo ayant évolué (premier démonstrateur d'une puissance nominale réduite à 1 MW et donc de dimensions réduites par rapport au projet initial et à celles de la future machine industrielle multi-mégawatt), le consortium Winflo a décidé de tester cette première machine 1 MW sur le site houlomoteur SEMREV.

La nécessité de disposer d'un site d'essais éolien flottant sur la façade Atlantique demeure cependant bien réelle, pour permettre notamment le test de la première machine multi-mégawatt Winflo dont les caractéristiques exigeront une profondeur minimum de 50m. Ce site devrait être opérationnel à l'horizon 2016 et sera articulé avec un site pilote regroupant plusieurs machines Winflo.

C'est en ce sens que le porteur du projet industriel s'est engagé au côté de la Région Bretagne pour contribuer, au travers de France Energies Marines, à la mise en place d'un site d'essais au large de Groix. Cet adossement d'un site pilote au site d'essais représente une démarche similaire à celle retenue dans l'hydrolien : elle permet la mutualisation des retours d'expérience et des infrastructures lourdes que sont le câble sous-marin et le raccordement au réseau.

Les principaux acteurs ont, sur la base des travaux initiés par le consortium industriel, entamés un certain nombre d'actions afin de garantir la réalisation d'un site d'essais opérationnel à partir de 2016 :

- Les actions de concertation sont en cours avec les différents acteurs et un comité de suivi a été mis en place afin d'optimiser la définition de ce site mutualisé et d'en assurer l'acceptabilité locale,
- La localisation du site doit faire l'objet d'une analyse détaillée afin d'en optimiser les contours en tenant comptes des contraintes techniques, économiques et des contraintes liées aux différents usages existants,
- Une réflexion pour définir la structuration juridique du site et proposer une structure porteuse dont l'objet serait de porter le développement du site jusqu'à l'obtention des autorisations.

Il est prévu que l'ensemble de ces travaux, qualifiés de pré-développement, soient complétés dans les prochains mois et qu'ils permettront de :

- finaliser la localisation exacte du site ;
- préciser les principales caractéristiques techniques du site ;
- confirmer le périmètre des études nécessaires aux dossiers d'autorisations administratives ;
- mettre en place la structure porteuse de la phase de développement.

### 5.4. Montage du projet dans le cadre de FRANCE ENERGIES MARINES

Le calendrier proposé implique que les investissements seront répartis entre la fin de la première phase (20%) et le début de la deuxième phase de France Energies Marines (80%). Comme indiqué précédemment, le montage juridique précis du projet fait l'objet de travaux et reste à déterminer. Il est cependant prévu que France Energies Marines prenne une part majoritaire dans la structure portant la phase de développement du site, sur son périmètre global site d'essais et site pilote, le faible surcoût lié au développement du site pilote étant supporté par un apport direct du consortium industriel à la structure porteuse.

Dans la seconde phase, qui correspondra pour le projet à la phase de réalisation et de mise en place, les investissements réalisés seront clairement répartis entre site d'essais et site pilote.

### 5.4.1. Plan de financement de l'investissement

#### a. Financements IEED

Le budget exact du site d'essais de Groix adossé à un site pilote est de 10M€. Il sera attribué et dépensé au prorata précédemment indiqué entre les deux phases.

<i>privé fléché</i>	<i>privé cotis</i>	<i>public fléché</i>	<i>public cotis</i>	<i>CGI</i>	<i>Total</i>
500	100	500	-	900	2 000
25%	5%	25%	0%	45%	

**Tableau 3** : Répartition des contributions au financement IEED sur les 3 premières années

Le détail des contributions fléchées des membres de France Energies Marines sur un site d'essais éolien flottant Atlantique est rappelé ci-après :

#### - Détail de la part privée fléchée

Partenaires industriels du consortium Winflo au travers de la société commune mise en place : apport en numéraire de 2,5 M€ (dont 500k€ pour la période 2012 – 2014).

#### - Détail de la part publique fléchée

Région Bretagne : apport en numéraire de 2,5 M€ (dont 500k€ pour la période 2012 – 2014).

### 5.4.2. Mode de gestion opérationnelle

Le mode de gestion opérationnelle s'inspirera des retours d'expérience des autres sites d'essais qui seront mis en œuvre par France Energies Marines tout en tenant compte du contexte spécifique au site d'essais éolien flottant et en particulier de l'articulation entre le site d'essais et le site pilote.

Les principes généraux qui sous-tendent le modèle économique du site d'essais sont les suivants :

- Les installations techniques sont amorties sur 20 ans, en différenciant CAPEX privé et CAPEX public, ce dernier étant, dans les comptes d'exploitation, compensé par une subvention d'investissement.
- La dotation aux provisions pour démantèlement, dont le montant est à confirmer avec l'administration, est étalée sur 20 ans.
- La production d'électricité produite par les démonstrateurs clients du site d'essais est revendue par le site d'essais au tarif en vigueur.
- Les tarifs pratiqués pour la location des emplacements d'essais sont identiques pour l'ensemble des clients en notant toutefois qu'un tarif réduit est appliqué aux utilisateurs ayant contribué à l'investissement initial par leur apport en CAPEX à France Energies Marines. Le tarif réduit sera appliqué à concurrence du montant de leur part de participation à l'investissement initial après quoi le tarif général sera appliqué.
- Le tarif client du site d'essais est calculé pour équilibrer les charges, déduction faite de la part de la dotation aux amortissements équilibrée par la subvention aux investissements. Le tarif réduit du site d'essais ne supporte quant à lui que la part OPEX de ces charges.

### 5.4.3. Analyses des risques

Le retour d'expérience des autres sites d'essais permettra de définir le plan d'assurance nécessaire afin de répondre à l'ensemble des responsabilités de France Energies Marines au regard de la structuration juridique qui sera mise en place.

## Annexe - 4 Potentiels, objectifs, capacités

### Potentiel des EMR dans le monde

Le potentiel théoriquement exploitable des EMR est considérable.

L'IEA/OES dans sa vision 2012 estime le potentiel des EMR liées aux marées et courants (hydrolien, marémoteur) et aux vagues (houlomoteur) pour 2050 à 337 GW de capacité installée, 1,2M d'emplois créés (160 000 emplois directs en 2030 hors éolien), 61,8 G\$ d'investissements et 1 Gt de CO<sub>2</sub> économisée. Un potentiel similaire est espéré pour l'ETM. L'EU-OEA pour sa part estime le nombre d'emplois créés directement et indirectement à 470000 en 2050.

Plus que la puissance installée des EMR intermittentes (sauf ETM), c'est l'énergie annuelle recueillie qui importe. Le potentiel (mondial, européen et national) est présenté dans le tableau suivant, avec les sources, en raison de la disparité parfois importante des chiffres:

Filière	Technique	Ressource mondiale annuelle (production annuelle, TWh/an)	Ressource européenne annuelle (production annuelle, TWh/an)	Ressource nationale annuelle (puissance GW)	Ressource nationale annuelle (TWh/an)	Potentiel national exploitable techniquement en 2020 (TWh/an)	Nombre d'heures (par an, 8760h) de fonctionnement à pleine puissance (h)
<b>Hydrolien</b>	Hydrolienne 1 à 2 MW	1200 Twh/an (IEA/OES 2012) 300-800 Twh/an (IEA/DGEC2010) 450 Twh/an (CESER Bretagne) 400-800 Twh/an (Coriolis2010)	15-35 Twh/an (EDF, Coriolis2010) 23-42 Twh/an (Oxford2005) 3,1-35 Twh/an en 2020 (EOEA)	0,4 GW (ifremer) 0,4 (ppi 2009) 2,5-3,5 (EDF, CESER Bretagne) 2-3 (coriolis2010)	5-14 Twh/an (EDF)	1,5 Twh/an (FEM2012) voire 10 Twh/an en 2040 (FL, communication personnelle)	3000-4000 h 3500 h
<b>Éolien flottant</b>	Éolienne, 2 à 6 MW	70 Twh/an (19 GW)	0,7-1,5 Twh/an en 2020 14-20 Twh/an en 2030 (EWEA)	1 GW?	200 Twh/an (ademe dgec2012) 30 Twh/an (posé et flottant) (AIE)	2,5 Twh/an 1GW soit 5 Twh/an (FEM2012)	3000-4000 h
<b>Houlomoteur</b>	Divers, 0,25 à 1 MW	29500 Twh/an (IEA-OES 2012) 80000 Twh/an (FEM2012) 8000-80000 Twh/an (IEA/DGEC2010) 1400 Twh/an exploitable (CESER Bretagne) 2000-8000 Twh/an (Coriolis2010)	150 Twh/an (D&W) 150 Twh/an (Coriolis2010)	0,2 GW (ifremer) 0,2 GW (ppi2009) 10-15 GW (Coriolis2010)	40 Twh/an (FEM2012, ECN) 40 Twh/an exploitable (CESER Bretagne) 40 Twh/an (Coriolis2010, France métropolitaine)	0,8 Twh/an (FEM2012)	2500-4500 h 4000 h
<b>ETM</b>	Machine thermique embarquée, 10 MW	44000 Twh/an (IEA/OES 2012) 10000 Twh/an (IEA selon DGEC)	0 Twh/an en Europe Continentale (Coriolis2010)	0,2 GW (ifremer) 0,2 GW (ppi 2009)	20000 Twh/an	1,4 Twh/an	8000 h (7000-8760 h) 7000 h
<b>Marémoteur</b>		300-800 Twh/an (IEA/DGEC 2010) 380 Twh/an		0,5 GW (ifremer) 0,5 GW (ppi2009) 25 GW (FL)	100 Twh/an	2,5 Twh/an (FL)	2500 h 2500 h



		(WEC)					
<b>Osmotique</b>		1650 Twh/an (IEA/OES 2012) 2000 (IEA/ DGEC2010) 1600 Twh/an (Statkraft /CESER Bretagne) 1700 Twh/an (Coriolis2010)	170 Twh/an (Ademe2009) 200 Twh/an (Coriolis2010)				8000 h?
<b>TOTAL</b>		12720- 127720 Twh/an	335,7-385 Twh/an ou plus	2,5-44,7 GW	20175-20184 Twh/an	8,6-11,1 Twh/an	

Source: IEA/OES, FEM, CESER Bretagne, WEC, EDF, Ifremer, mission EMR

On constate que le potentiel à l'échelle mondiale est considérable, avec de très fortes variations selon les estimations. Le productible à court et moyen terme est néanmoins limité du fait des verrous techniques et économiques. Une forte croissance est cependant attendue ou espérée autour de 2025-2030 avec le développement des filières industrielles correspondantes. De fait, les EMR ne sont pas seulement un sujet énergétique, mais un enjeu de création de filière industrielle compétitive génératrice d'emplois locaux,

A l'horizon 2020 le gisement techniquement exploitable (hors éoliennes offshore posées qui ne font pas partie du cadre de la présente mission) représente en France de 8, à 11 Twh/an soit la production d'un réacteur nucléaire ou un et demi. Mais le gisement techniquement exploitable à terme est par contre bien supérieur, et l'importance des EMR tient aussi à leur potentiel économique industriel et commercial. Les EMR contribueront ainsi significativement à la production nationale après 2020, mais c'est maintenant qu'il faut prendre les orientations adéquates pour créer les filières industrielles pertinentes. Or la question du phasage est primordiale: une démarche trop rapide fait prendre des risques inconsidérés avec des technologies trop peu éprouvées ou trop chères, mais une démarche plus sûre pour l'investisseur et trop lente abandonne le marché au premier entrant.

La France dispose, en Europe, du second potentiel hydrolien derrière l'Écosse (raz Blanchard : 15 Twh/an théoriques et raz Barfleur : 9,5 Twh/an théoriques pour une puissance combinée de 3 GW ; Fromveur : 300-500 MW), et d'un potentiel significatif éolien flottant en Méditerranée (Golfe du Lion en Languedoc, Corse du sud) et en Manche. Le potentiel houlomoteur lointain (offshore) est meilleur en Bretagne, et le potentiel houlomoteur proche des côtes (nearshore) est meilleur sur la façade Atlantique sud, en Aquitaine. La zone intermédiaire entre Bretagne et Gironde est propice à des dispositifs combinant l'éolien et le houlomoteur. Avec l'outre-mer, son potentiel toutes EMR confondues est considérable. La France est la seule nation européenne à disposer d'un potentiel significatif dans toutes les filières EMR, et y conduit d'ailleurs des projets à différents niveaux de maturité.

### Objectifs français en matière d'EMR

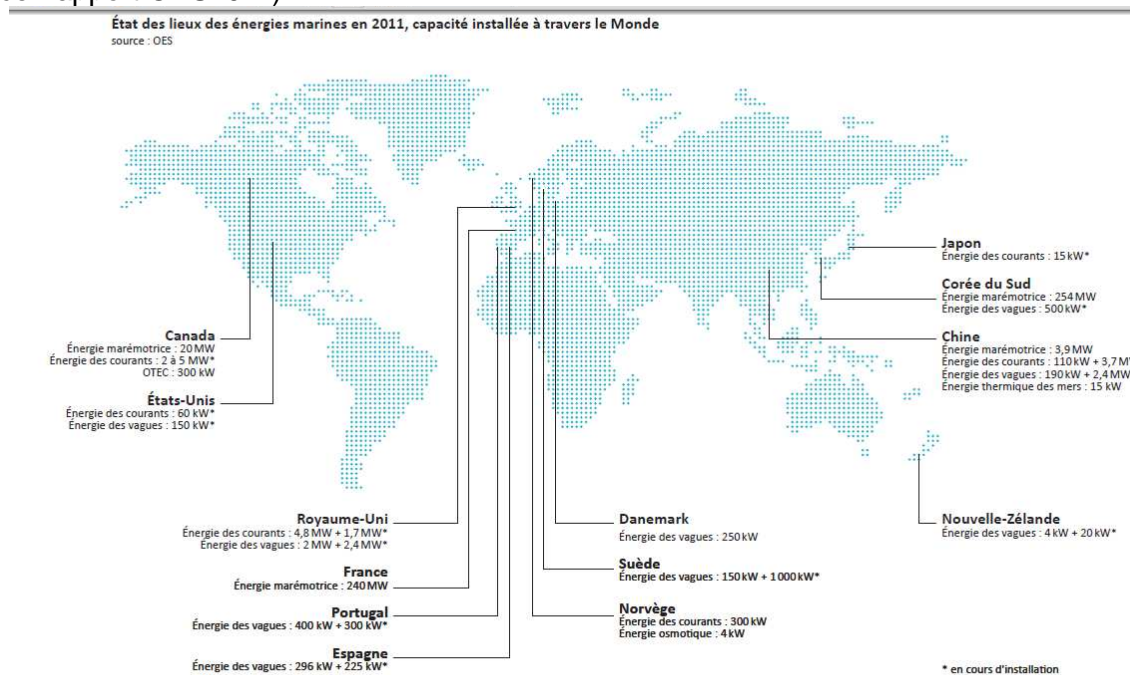
Les objectifs des autres pays sont présentés dans les fiches pays correspondantes. Quelles sont les orientations et objectifs en France?

En France, il existe plusieurs orientations quantifiées: programmation pluriannuelle des investissements d'électricité (PPI de 2003, 2006, 2009), étude prospective de l'Ifremer de 2009 avec ses 4 scénarios et son scénario normatif sur la base du Grenelle de l'environnement, feuille de route sur les énergies marines renouvelables de l'ADEME en 2009, plan national en faveur des énergies renouvelables de 2010...

Ces orientations (pour 2020 sauf mention contraire) sont présentées dans le tableau ci après:

Source d'énergie	PPI 2003	PPI 2006	Puissance installée 2009	PPI 2009	Scénario normatif Ifremer 2009 (et extrêmes des autres scénarios)	Feuille de route ADEME 2009	Plan d'action national en faveur des énergies renouvelables 2010
Éolien offshore posé	500-1500 MW éolien offshore en 2007	4000 MW éolien offshore	0 MW	6000 MW éolien offshore	4000 MW (3000 h/an) 2000-10000 MW	4000 MW	6000 MW
Éolien offshore flottant						1000 MW	
Hydrolien			0 MW		400 MW (3500 h/an) 50-1000 MW	400 MW	50 MW
Houlomoteur			0 MW		200 MW (4000 h/an) 100-2000 MW	200 MW	50 MW
Marémoteur			250 MW		500 MW (2500h/an) 240-400 MW	500 MW	250 MW
ETM (électricité tropique)			0 MW		200 MW (7000 h/an) 50-115 MW	200 MW	40 MW
ETM (climatisation tropiques)					40 Mwf 200-2000 Mwf		
ETM (climatisation métropole)					15 Mwf 200-800 Mwf		

## Capacité installée dans le monde (source: rapport OES2011)



Les réalisations actuelles sont très en deçà du potentiel. Il importe donc de poursuivre le développement des filières pour que ce potentiel se réalise concrètement.

## Annexe - 5 Acteurs de la filière EMR

### La Recherche et Développement

Le domaine des EMR est éminemment pluridisciplinaire et la R&D concerne les matériaux, les dispositifs éoliens et hydroliens, la mécanique des fluides, la thermodynamique, l'électrotechnique et la gestion de réseau, l'environnement physique et vivant, l'économie, la politique, etc.

Les pays actifs en R&D des filières EMR, hors la France, sont le Royaume-Uni, l'Irlande, le Danemark, la Norvège, l'Espagne et le Portugal, puis les Pays-Bas, l'Allemagne, la Suède, et, hors Europe, le Japon, le Canada, l'États-Unis, l'Australie, la Chine. (FEM2012).

Le rapport 2011 de l'IEA/OES (accord d'implémentation Ocean Energy Systems de l'Agence Internationale de l'Energie) documente ci-après l'effort déclaré de R&D de ses membres par pays en matière d'EMR. La France est observateur et devrait devenir membre actif prochainement.

	Recherche et démonstration			Démonstration technologique		
	Investissement		Observations	Investissement		Observations
	Public (M€)	Privé (M€)		Public (M€)	Privé (M€)	
Australie	Moyen-haut	Moyen-haut		faible	faible	
Belgique	2,8	1,3	BOREAS, WecWakes et FlanSea			
Canada	>33,75	>18,75		>22,5	>60	Estimations
Chine				1,3	0,2	marémoteur
Chine				3,8	1,8	hydrolien
Chine				3,8	1,6	houlomoteur
Corée	5,5	0,8	Programmes d'éducation inclus	10,5	4	Sans compter l'usine marémotrice de Sihwa, 254 MW
Danemark	1,5	n/d				
Espagne	4,5	8	Estimations	2		Bimep: Biscaye Marine Energy Platform
France	3	18	Estimation à confirmer	3	18	Estimations à confirmer
Irlande	5,5	4,5				
Mexique	1,8	0		0	0	
Norvège	2	3,2	Investissement privé sans doute supérieur	0,5	4,7	Investissement privé sans doute supérieur
Nouvelle Zélande	0,9	?	3 programmes de R&D: investissement privé ≥ public	2,4	3,6	Estimation (abondement 60%)

Royaume-Uni	200M€ de 1999 à 2012, public et privé, de soutien à la R&D; le financement public est conditionné par l'existence d'un même effort privé					
Suède	1,5	2		15,5	13,4	
USA	4,4	2,2	DOE; la partie privée est déduite de la part privée requise	1,5	10,4	DOE; la partie privée est déduite de la part privée requise

Source: OES2011, FEM2012,...

L'effort de R&D français est donc significatif, au regard de cette comparaison internationale. En France les acteurs de la R&D sont multiples. La plupart sont présents dans l'IEED France Energies Marines, lauréat du grand emprunt, qui regroupe « *acteurs de la recherche publique reconnus internationalement dans le domaine des EMR, de l'ingénierie navale et offshore (Ifremer, ECN, IFP Energies nouvelles, UBO, ENSTA Bretagne, Ecole Navale)* » et « *compétences industrielles dans des technologies indispensables aux filières des EMR : ingénierie offshore et construction d'infrastructures (notamment pour les fondations de l'éolien flottant), câbles électriques sous-marins (toutes filières), ingénierie sous-marine (applicable à l'énergie thermique des mers), expérience considérable dans les turbines et générateurs électriques (savoir-faire de premier plan acquis dans l'hydroélectricité applicable aux hydroliennes, par exemple). Ces compétences sont notamment portées par de grands noms industriels : ALSTOM, AREVA Renouvelables, DCNS, EDF, TECHNIP, STX...* »

France Energies Marines fédère une part importante des recherches et développements conduits en EMR en France, mais pas la totalité. Les sites d'essais sont la priorité de FEM, la recherche collaborative est aussi partie de ses objectifs à terme. La mise en place de FEM prend du retard, ce qui est préjudiciable au développement des EMR en France. Après la R&D viennent les prototypes à échelle réduite puis à échelle entière. La validation des technologies, au niveau composant puis système, est primordiale et doit se faire en mer, d'abord individuellement puis par des fermes pilotes pour tester les interactions entre dispositifs et la production électrique réelle. Au niveau européen les sites d'essai sont les suivants:



L'entreprise privée à but non lucratif EMEC Ltd, en Écosse, est le centre d'essais le plus abouti et a été visité par la Mission EMR. Au niveau mondial on peut aussi citer le FORCE canadien. Ces centres ont bénéficié de financements publics cumulés considérables et encore dominants au regard de leurs ressources propres issues de la location de sites d'essais. L'IEED France Energies Marines créé en 2012 a pour priorité la consolidation de la recherche collaborative et la mise en place de sites d'essais qui apporteront aux utilisateurs des concessions, infrastructure électrotechnique (câble), branchement sous-marin, etc. Les sites d'essais permettent le test de

prototypes en vraie grandeur, et dans FEM les frais de fonctionnement doivent en principe être couverts par les revenus issus de l'activité de tests. La question des fermes pilotes n'est pas de leur ressort et s'inscrit dans une phase ultérieure de développement. Une question non résolue est celle de la collaboration pré-compétitive au niveau des développements entre industriels en situation de concurrence. La mission considère que des progrès peuvent être faits dans le sens d'une plus grande coopération et mutualisation des informations, afin d'éviter les études redondantes et les surcoûts, ce qui permettrait d'allouer des ressources à des sujets insuffisamment traités. Quelques exemples: études bathymétriques redondantes dans le raz Blanchard, intervention à renforcer du SHOM, absence d'étude coopérative sur les effets de sillage, etc...

## Les industriels

Les pays actifs au niveau mondial en EMR sont les suivants (FEM2012 et autres sources):

Filières	Pays actifs en R&D et en investissement opérationnel	Observations
Eolien offshore	Danemark, Allemagne, Norvège, Grande Bretagne, USA, Espagne, Irlande, Suède, Pays-Bas, Belgique, Italie, Grèce, Japon, Chine, France	L'éolien offshore est, comme les EMR, une affaire plutôt européenne. La catastrophe de Fukushima va entraîner une forte implication du Japon, où l'éolien offshore sera a priori flottant du les profondeurs de mer.
Hydrolien	Grande Bretagne, France, Norvège, Italie, USA, Canada, Singapour, Australie	Gisements très localisés et bien identifiés
Houlomoteur	Grande Bretagne, Portugal, Espagne, Pologne, USA, Japon, Allemagne, Inde, Australie	Gisement diffus
ETM	France, USA, Inde, Japon, Taiwan	Important marché de niche insulaire

Des acteurs industriels importants au niveau européen voire mondial sont présentés dans le rapport OES2011:

Industriel	Pays	CA 2011	Implication
ABB	Suisse	33 G€	Investissement dans le britannique Aquamarine Power (houlomoteur) et fournisseur de l'écossais Pelamis Wave Power Ltd (houlomoteur)
Alstom	France	22 G€	Centre EMR à Nantes Éolien offshore posé 40% dans l'écossais AWS Ocean Energy (houlomoteur) Acquisition du britannique Tidal Generation Ltd alias TGL (hydrolien) auprès de Rolls Royce Joint venture avec SSE
Andritz	Autriche	5 G€	Majorité dans le norvégien Hammerfest Strøm (hydrolien)
DCNS	France	2,6 G€	Acquisition de 60% de l'irlandais OpenHydro (hydrolien) fin 2012 ; implication surtout en hydrolien, puis ETM, éolien flottant, et enfin houlomoteur
Nexans	France		Câblage
Siemens	Allemagne	74 G€	Acquisition du britannique Marine Current Turbines alias MCT (hydrolien) Co-entreprise Voith Hydro avec Voith Éolien, hydrolien
STX France	Corée/France		Fourniture prévue d'embases et de barges
Technip	France		Expérience offshore et fourniture de flotteurs pour Hywind (éolien flottant), Vertiwind (éolien

			flottant)...câblage
Total	France		Investissement dans 25% du capital de Scotrenewables (hydrolien flottant)
Voith	Allemagne	6 G€	Hydrolien houlomoteur

Areva n'est pour l'instant présent que dans l'éolien offshore posé.

On observe ces dernières années, notamment pour la filière hydrolienne, une consolidation du fait de l'industrie continentale (Allemagne, France, Autriche, Suisse) qui rachète des entreprises technologiques des îles britanniques, Royaume-Uni et Irlande notamment.

Outre ces majors industriels, une multitude d'acteurs existe dans un écosystème complexe comprenant petites entreprises et jeunes pousses technologiques (:cf les projets en éolien flottant Vertiwind (Nenuphar), et Winflow (Nass&Wind) sélectionnés par l'AMI de l'ADEME et le grand emprunt, ; Vertimed (Nenuphar) est lauréat du programme européen NER300 t; en hydrolien Sabella est un autre lauréat du Grand emprunt, comme ORCA (Alstom)), développeurs, énergéticiens et entreprises de réseau éventuellement investisseurs, spécialistes en génie maritime, installateurs et entreprises de maintenance, etc. Ces acteurs français et étrangers sont récapitulés dans la note stratégique de l'ADEME en cours de préparation et devant accompagner la prochaine AMI sur les EMR

	Hydrolien marin		Hydrolien fluvial		Houlomoteur onshore		Houlomoteur offshore		Éolien flottant		ETM		
Energétique	EDF EN GDF SUEZ	Scottish Power (UK) Alderney Renewable Energy (UK) Statkraft (SE) International Power (UK) E.ON (GE) Nova Scotia Power (CA) RWE (GE) DONG (DK) Bord Gais (IE)	EDF SEI Energie de Tahiti Veolia Environnement			Energinet (DK) Iberdrola (SP) EDP (PT)		E.ON (GE) Iberdrola (SP) SSE Renewables (UK) Vattenfall (SE)	EDF EN	EDP (PT) Statoil (NO) SSE (UK) E.ON (GE) RWE (UK) Centrica (UK) Repsol (SP)	Pacific Petroleum (PF) Bahamas Electricity Corporation (US)		
Développeur	Eole Generation EDF EN WPD Offshore Energies du Nord (filiale DBE)	Mainstream (UK) DP Marine Energy (IE) SSE (UK) Scottish Power (UK) DBE (BE) SgurrEnergy (UK)	Energie de la Lune				EDF EN	SSE Renewables (UK) SgurrEnergy (UK)	EDF EN VALOREM	Mainstream (UK)			
Turbines	Sabella Alstom TGL Alstom Beluga Alstom Orca DCNS Le Gaz Integral	Siemens (GE) Voith (GE) Andritz-Hammerfest (AU-NO) Atlantis Resource - Lockheed Martin (UKUS) Kawasaki (JP) Verdant Power (US) Hyundai (KR)	Instream Energy Hydroquest Eco-Cinetic Aquaphile Bertin Technologies		Doris Engineering Principia	Voith (GE) Wave Star (DK)	SBM France D2M DCNS Alstom Principia	Ocean Power Technologies (US) Pelamis Power (UK) Aquamarine (UK) Carnegie (AU)	Technip DCNS Vergnet Nenuphar Principia Saipem	Blue-H (NL) Mitsubishi (JP) Hitachi (JP) Gamesa (SP) Siemens (GE) Vestas (DK) Acciona (SP) Sway (FL)	DCNS STX	Lockheed Martin (US) Xenesys (JP) Otecpower (US) Ote Corporation (US)	



Intégration réseau raccordement	Converteam Comex Nexans Silec Powersea	JDR Cables (UK) ABB (GE) Draka (NL) Tecnalia (SP) SMD (UK)					Nexans Silec France Telecom Marine	ABB (SW)	Nexans Silec Alstom Grid	ABB (SW) General Cables (US)		
Fondations ancrages	Freyssinet Saipem STX Bouygues Eiffage	Balfour Beatty (UK) Cherubini Metal Works (CA)							Ideol Arcelor Mittal Wire Le Béon DCNS Technip Eiffage Mecasoud	Balfour Beatty (UK) Smulders (NL) Principle Power (US) Gicon GmbH (DE) Gusto (NL) Mitsubishi (JP) Vicinay Cadenas (SP) SBM Offshore (NL)		
Installation maintenance	STX DCNS Geocean France Telecom Marine Saipem LD Travocéan SDI	Mc Laughlin and Harvey (UK) DEME (BE) Huisman (NL)			DCNS		DCNS	DEME (BE) Mitsui Engineering & Shipbuilding Co. Ltd (JP)	VSM	Navantia (SP)	DCNS Geocean	

Source: note stratégique ADEME v1.2 du 15/11/2012

Ce tableau synoptique non exhaustif montre que dans certaines activités la France dispose de leaders mondiaux, parfois sans concurrence immédiate.

### **Les énergéticiens et les entreprises du réseau électrique**

La production d'électricité issue des EMR pose de problèmes particuliers aux entreprises de réseau: l'énergie peut être intermittente et la stabilité du réseau doit être assurée (en pratique l'arrêté du 23 avril 2008 limite à 30% la puissance appelée intermittente afin d'assurer cette stabilité ce qui peut poser problème hors métropole); sa production doit bénéficier de sites appropriés, malaisément accessibles et où la maintenance est coûteuse; elle doit être acheminée à terre par câbles sous-marins, éventuellement via des sous-stations, et écoulee, ce qui requiert des travaux de raccordement lourds au réseau. La production amène aussi des conflits d'usage potentiels avec d'autres activités (activités nautiques, navigation, etc.). La résolution de ces conflits est liée à une planification spatiale maritime intégrée et possiblement transfrontalière, avec des zonages clairs, des conditions et des schémas de raccordement au réseau réalistes.

Le rapport IEA/OES 2011 fait la liste des entreprises de réseau actives dans les ERM. Cette liste est limitée aux pays membres de l'accord d'implémentation IEA/OES.

Allemagne	E.ON	Installations de test et prototypes, tests à EMEC
Allemagne	RWE	Installations de test et prototypes, part dans Voith Hydro Ocean Current, tests à EMEC
Belgique	Electrawinds	Partenaire du projet FlanSea
Canada	NALCOR – Newfoundland and Labrador	Développement de technologie pour gestion de microréseau
Canada	EMERA / Nova Scotia Power	Open Hydro investisseur, démonstrateur technologique, développement planifié
Canada	Hydro Quebec	Implication dans deux démonstrations technologiques
Canada	Ontario Power Authority	Tarif d'achat pour l'hydroénergie pour développement de projet
Canada	Manitoba Hydro	Accès à site pour R&D et démonstration technologique

Canada	BC Hydro	Offre permanente modifiée pour démonstration technologique; accès à site pour démonstration technologique d'hydrolien de rivière
Corée du sud	Korea Water Resources Corporation (K-water)	Opération de la centrale marémotrice de Shihwa
Corée du sud	Korea East-West Power Co., Ltd	Opération de l'usine pilote hydrolienne de Uldolmok
Corée du sud	Korea Western Power Co., Ltd.	Étude de faisabilité sur le site hydrolien de Garorim
Corée du sud	Korea Hydro and Nuclear Power Co., Ltd.	Étude de faisabilité sur le site de barrage marémoteur de Incheonman
Corée du sud	Korea Midland Power Co., Ltd.	Étude de faisabilité sur le site de barrage marémoteur de Ganghwa
Corée du sud	Hyundai Heavy Industry Co., Ltd.	Démonstration échelle 1 d'un équipement hydrolien de 1 MW
Corée du sud	Korea Electric Power Corporation	Démonstration de prototype d'atténuateur avec colonne d'eau oscillante
Danemark	Dong	IEC-TC standards, ORECA EU project
Danemark	Thy mors	démonstration technologique
Espagne	IBERDROLA	R&D, démonstration technologique et développement de projet.
Espagne	FCCE	Démonstration technologique
Irlande	Electricity Supply Board (ESB)	Par sa filiale ESBI, ESB conduit un programme visant à soutenir les EMR dans son mix énergétique et est partenaire leader dans le développement du projet de démonstration houlomotrice Westwave de 5MW (sélectionné en décembre 2012 par le programme NER300 de l'UE pour financement équivalent à 19,8M€). ESBI est aussi partenaire de l'installation d'essais en pleine mer AMETS.
Irlande	Bord Gais Eireann (BGE)	BGE a investi diverses technologies houlomotrices et fournit un soutien technique et d'ingénierie.
Japon	Okinawa Electric Power Company, Incorporated	développement de projet
Norvège	Hafslund AS	Soutient l'hydrolien
Norvège	Statkraft AS	Développe l'énergie osmotique
Norvège	Tussa Kraft AS	Soutien le concept houlomoteur SeaBased
Norvège	E-CO Energi AS	Développe le concept houlomoteur Seahorse
Norvège	Hammerfest Energi AS	Copropriétaire de Hammerfest Strøm AS
Nouvelle Zélande	Todd Energy Limited	2011: part dans Crest Energy passée de 30% à 54% pour développement de projet (projet hydrolien de 200 MW dans le port de Kaipara)
Royaume-Uni	Scottish and Southern Energy	R&D, démonstration technologique et développement de projet

Royaume-Uni	Scottish Power Renewables	R&D, démonstration technologique et développement de projet
Royaume-Uni	EON R&D	démonstration technologique et développement de projet
Royaume-Uni	ESBI R&D	démonstration technologique et développement de projet
Royaume-Uni	Vattenfall	développement de projet
Royaume-Uni	IT Power	développement de projet
Royaume-Uni	RWE – nPower Renewables	démonstration technologique et développement de projet
Suède	Vattenfall AB	R&D
Suède	Fortum AB	démonstration technologique
Suède	Statkraft AS	R&D
Suède	Göteborg Energi AB	R&D
Suède	Falkenberg Energi AB	R&D

On constate que la plupart des grandes entreprises de réseau en Europe sont impliquées. En France les entreprises de réseau EDF et GDF Suez sont actives sur les EMR.

### **Les investisseurs**

Les doutes considérables qui entourent les coûts des ERM amènent les investisseurs, et par ricochet les industriels, à demander une phase d'expérimentation en vraie grandeur par le biais de fermes pilotes, qui permettent de vérifier la fiabilité de l'installation, son taux de disponibilité, la maintenance nécessaire, et la production utilisable. Typiquement le taux de rentabilité interne requis pour investir dans une ferme pilote est pour un électricien de 7,5%.

Les investisseurs sont de profils divers: fonds d'investissement, multinationales, énergéticiens, etc. Selon le baromètre britannique 2012 des énergies éoliennes et marines, les sources d'investissement futures des industriels de la filière éolienne et marine sont assez également réparties:

Investisseurs financiers	19%
Multinationales	16%
Individus privés	16%
Énergéticiens	11%
Emprunts bancaires	10%
Fonds internes	10%
Entreprises de réseau	8%
Gouvernement	3%
Maison mère	2%

Les critères incitatifs importants pour les investisseurs, selon la même étude, sont les soutiens aux prix de l'énergie, la certitude et la confiance, l'engagement gouvernemental et ses politiques de soutien et le retour sur investissement. Ces critères viennent nettement devant les coûts, le financement, les questions de planification ou d'approvisionnement.

## Annexe - 6 Evaluation des coûts

La question des coûts est primordiale en matière de développement des EMR : elle détermine la viabilité technico-économique des projets, la propension des investisseurs à investir, la solidité du développement induit de la filière (qui ne pourra être subventionnée qu'un temps), et donc sa capacité à créer des emplois durables et de la richesse.

Les coûts se décomposent en coûts d'investissement (Capex) et dépenses d'exploitation (Opex).

Les coûts d'investissement (hors coûts amont de R&D et développement de projet) comprennent les coûts de l'équipement, les coûts en capital, la gestion du projet, les coûts d'installation et de fondation, l'infrastructure électrique notamment. Ils décroissent souvent quand la capacité unitaire et le nombre d'équipements augmentent, tant par effet de production de série qu'en raison de la mutualisation des opérations de câblage, affrètement pour installation, etc.

Les coûts d'exploitation et maintenance, les plus incertains, sont sensibles au facteur de charge (lui-même dépendant de la taille de l'installation), à la fiabilité des équipements, aux coûts d'accès et d'entretien, à la taille des installations, aux droits d'occupation (fiscalité), aux coûts de la main d'oeuvre, etc. Le coût unitaire total du kWh produit est dépendant de tous ces éléments et aussi des durées d'amortissement (typiquement 20 ans, durée de vie des équipements) et taux d'actualisation notamment.

Les sources relatives aux coûts sont nombreuses et les valeurs fournies variables, mais il s'agit souvent d'estimations et de projections non validées, peu qualifiées, souvent optimistes, parfois confidentielles. Les coûts qui suivent sont donc donnés à titre indicatif.

### Chaîne de valeur pour l'hydrolien:

#### Hydrolien «classique»

Pour un projet de ferme hydrolienne « classique » (posée c'est-à-dire non flottante) de 50 MW, les coûts hors développement et assurances est (*Source: ADEME*) :

Études préliminaires	20%
Hydrolienne	60%
Installation	20%

La chaîne de valeur de l'hydrolienne étant:

Turbine	30%
Fondations acier	35%
Câble sous-marin	2%
Installation turbine	20%
Installation du câble sous-marin	10%
Raccordement terrestre	3%

Le coût opérationnel annuel étant 3,4% à 4% du coût en capital en cas de maintenance tous les 5 ans.

Il existe d'autres exemples d'estimation de chaîne de valeur: le NREL américain (National Renewable Energy Laboratory) donne les chiffres suivants pour l'investissement (projection 2015; les \$ sont en base 2009<sup>22</sup>, les € en base 2012). Ces chiffres du NREL valent pour les États-Unis.

22 La conversion en € de 2012 dans le tableau est basée sur un cours moyen de 1,39\$ pour 1€ en 2009, et 1€ de 2009 valant 1,059€ de 2012

« Absorbeur hydrodynamique » (en fait turbine)	15 %	880 \$/kW	Soit 670 €/kW
Convertisseur	18%	1060 \$/kW	Soit 808 €/kW
Contrôle	6%	350 \$/kW	Soit 267 €/kW
Fondation/ancrage	27%	1590 \$/kW	Soit 1211 €/kW
Ingénierie, gestion de construction	18%	1060 \$/kW	Soit 808 €/kW
Coûts propriétaire (développement, royalties, coûts de préproduction, location espace, permitting, assurances, pièces de rechange, commissionnement, interconnexion, gestion de projet...)	16%	940 \$/kW	Soit 716 €/kW
Total	100%	5880 \$/kW -10% + 20%	Soit 4480 €/kW

Ces coûts d'investissement seraient appelés à baisser significativement dans un avenir proche: -25% en 2020, -40% en 2025 et 45% en 2030. Ils sont relativement optimistes au regard des Capex actuellement observés sur des prototypes mais cohérents avec certaines cibles.

Les coûts annuels d'exploitation et de maintenance 2015 sont alors, toujours selon le NREL, de 198 \$/kW (149€/kW) soit environ 3% de l'investissement, avec une même décroissance prévisible que les coûts d'investissement. Ces coûts annuels semblent sous-estimés. Les évaluations des industriels et analystes, dont la mission a eu connaissance, vont de 3 à 10% du Capex en termes de coûts d'exploitation et de maintenance. Un taux compris entre 4 et 6% semble plus raisonnable dans l'état actuel des estimations, qui pour la plupart ne sont pas basées sur l'observation réelle, qui peut réserver des surprises en termes d'usure, de corrosion, de fouling, d'accidents fréquents requérant maintenance, de coûts d'intervention par bateau aggravés par de mauvaises conditions météorologiques, etc. Les conditions particulièrement sévères du Raz Blanchard en particulier font retenir la fourchette haute des coûts d'exploitation maintenance.

En tout état de cause on peut considérer qu'il existe un consensus sur le fait que la machine représente 1/3 du Capex pour l'hydrolien classique. Les dépenses d'exploitation et de maintenance sont probablement comprises autour de 5% au minimum. Les estimations du coût final du kWh sont par contre éminemment variables selon les industriels rencontrés par la mission: entre 150 €/MWh espéré à terme<sup>23</sup> et 450€/MWh pour certains démonstrateurs actuels. La valeur de 300 €/MWh mentionnée au chapitre 3 (enjeux industriels et économiques) est une moyenne entre ces extrêmes, et est aussi proche du tarif d'achat britannique équivalent aux 5 ROC (*Renewable Obligations Certificate*) en vigueur à partir d'avril 2013<sup>24</sup>. Un tarif plus précis devra être déterminé pour l'appel en préparation.

### Hydrolien flottant

Certaines technologies hydroliennes sont flottantes, entre deux eaux. Cela permet des coûts d'installation et de maintenance considérablement réduits. Au lieu d'une maintenance sur place,

23 La mission a aussi lors de ses entretiens entendu des prévisions de moins de 130€/MWh pour certaines hydroliennes optimisées en rendement, cf. le projet Megawattforce : une autorisation d'occupation temporaire a été délivrée pour un prototype échelle 1/2 de 300 kW en ría d'Etel, près de Lorient en Bretagne). Ces coûts annoncés se situent à un niveau permettant de fonctionner sans tarif d'achat spécifique supplémentaire. A l'heure actuelle ces chiffres ne sont cependant pas encore validés par l'expérience.

24 Dans le cadre de la réforme du marché britannique de l'énergie, des contrats sur différence avec tarifs d'achat (Contract for difference-feed in tarif ou CfD-FIT) devraient prendre le relais progressivement à partir de 2014 ; et un tarif d'achat devrait être annoncé au second semestre 2013, peut-être dès juillet.



hasardeuse, ou d'un relèvement de l'hydrolienne avec un navire spécialisé (coûts pouvant atteindre plusieurs centaines de k€ par jour) il est suffisant de remorquer l'hydrolienne avec des navires remorqueurs locaux. La mission s'est vue présenter une machine de 250 kW par l'entreprise ScotRenewables aux Orcades, ainsi qu'un projet de 4 MW appelé Hydramar de l'entreprise Tidalys, dont il existe actuellement un modèle réduit au 1/13e. Les coûts annoncés par Tidalys sont de 40€/MWh (!) ce qui est inférieur à la parité réseau. Il convient de surveiller cette filière innovante, qui peut apporter des baisses de coût considérables, mais rencontrera une moindre acceptabilité que les hydroliennes posées en raison des plus importants obstacles à la navigation.

### Chaîne de valeur pour l'éolien flottant:

Selon l'ADEME, la chaîne de valeur se décompose comme suit pour l'éolien flottant:

<b>Turbines</b>	30%
<b>Fondations/ancrage</b>	30%
<b>Câbles d'export</b>	15%
<b>Installation</b>	5%
<b>Développement de projet</b>	7%
<b>Autres</b>	13%

Source: ADEME

Le NREL américain fournit une chaîne de valeur alternative, et compare éolien terrestre, offshore posé, et flottant<sup>25</sup>:

	% éolien terrestre (2010)	Coût \$/kW éolien terrestre (2010)	% éolien offshore posé (2010)	Coût \$/kW éolien posé (2010)	% éolien offshore flottant (2020)	Coût éolien flottant (2020)
<b>Turbine</b>	68%	1346 \$/kW = 983€	50%	1665 \$/kW = 1216€/kW	45%	1890 \$/kW = 1421€/kW
<b>Distribution (câbles export)</b>	10%	198 \$/kW = 145€/kW	12%	397 \$/kW = 290€/kW	13%	546 \$/kW = 411€/kW
<b>Équilibrage et installation</b>	13%	257 \$/kW = 188€/kW	27%	894 \$/kW = 653€/kW	30%	1260 \$/kW = 947€/kW
<b>Ingénierie, services de construction</b>	4%	79 \$/kW = 58€/kW	5%	165 \$/kW = 120€/kW	6%	252 \$/kW = 189€/kW
<b>Coûts propriétaire</b>	5%	100 \$/kW = 73€/kW	6%	189 \$/kW = 138€/kW	6%	252 \$/kW = 189€/kW
<b>Total</b>	100%	1980 \$/kW ±25% = 1446€/kW	100%	3310 \$/kW ±35% = 2417€/kW	100%	4200 \$/kW - ±35% = 3158€/kW

Ces estimations sont corrélées mais différentes d'estimations entendues par la mission, qui indiquaient pour l'éolien posé 40 % de coûts liés à la partie émergée, 40 % pour les fondations et à la pose, et 20 % pour le raccordement.

Toujours selon le NREL, les coûts fixes annuels d'opération et de maintenance sont de 130\$/kW pour l'éolien flottant (3 %), 100 \$/kW pour l'éolien posé (3 % aussi) et 60 \$/kW pour l'éolien terrestre (3 % aussi). Peu de baisse de coûts, tant en investissement qu'en coûts de fonctionnement sont attendus: on peut atteindre une baisse de -10 % à l'horizon 2030.

25 Conversion \$ vers € sur la base du cours moyens 2010 : 1,4486\$ pour 1€ sauf pour la colonne de 2010, où le taux de janvier 2013 est utilisé soit 1,33\$=1€

Selon certains acteurs rencontrés, le coût de la turbine peut effectivement largement dépasser celui de la sous-structure, et l'éolien flottant ne sera pas intéressant tant que l'éolien offshore posé n'est pas saturé, ou tant qu'il n'est pas significativement moins cher que l'éolien offshore posé. Il reste par contre pertinent pour zones côtières de plus de 50 m de profondeur: Méditerranée et Bretagne en France, Japon, etc.

### Chaîne de valeur pour le houlomoteur:

Le NREL américain fournit la chaîne de valeur suivante pour le houlomoteur, à l'horizon 2015 ; cette estimation est reprise par l'ADEME :

Absorbeur hydrodynamique	34%	3140 \$/kW = 2361€/kW
Convertisseurs	28%	2590 \$/kW = 1947€/kW
Contrôle	2%	185 \$/kW=139€/kW
Fondation/ancrage	8%	740 \$/kW=556€/kW
Ingénierie, services de construction	10%	925 \$/kW=695€/kW
Coûts propriétaire	18%	1660 \$/kW=1248€/kW
Total	100%	9240 \$/kW -30%+45%=6947€/kW

Ces coûts sont appelés à baisser significativement par rapport aux projections 2015: -25 % en 2020 et -50 % en 2030.

Les coûts fixes d'opération et de maintenance prévus en 2015 sont de 474 \$/kW soit 5% de l'investissement, plus élevés que pour l'hydrolien en raison de conditions plus difficiles. Leur baisse attendue est dans les mêmes proportions que les coûts d'investissement.

Source: NREL2012

### Chaîne de valeur pour l'ETM et le SWAC :

en ETM les difficultés bien identifiées sont le tuyau, qui doit plonger à 1000 mètres de fond et est fragile, et l'échangeur. L'ADEME propose pour l'ETM la chaîne de valeur suivante:

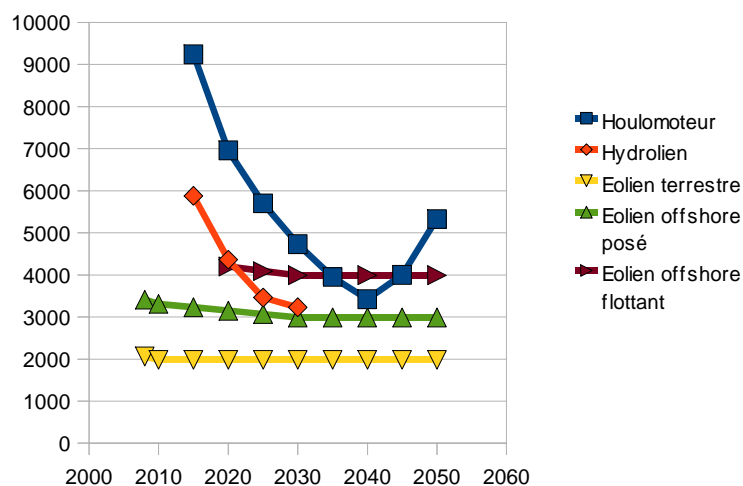
Plate-forme, conduites	22%
Échangeurs thermiques, système énergie	21%
Pompes	18%
Conception, management	18%
Ancrage	14%
Câble d'export	2%
Infrastructures terrestres	1%
Développement de projet	1%

Source: ADEME

Les coûts élevés, la mission s'est vue évoquer des investissements de 4,2M€/MW (source FEM) à 10 M€/MW ou plus, en raison de plates-formes de 10 000t et de problèmes techniques sérieux non résolus (tuyau de 1000 m). Il existe un prototype à l'échelle laboratoire (à terre) en exploitation à la Réunion (IUT de Saint-Pierre). Un premier démonstrateur est prévu à la Martinique par DCNS et STX, la dernière date citée est 2015.

### Coûts d'investissement et dépenses d'exploitation, toutes filières

Si l'on récapitule et met en regard les estimations fournies par le rapport NREL de 2012, les coûts d'investissement (en \$ de 2009 par kW ; 1\$<sub>2009</sub> vaut environ 0,76€<sub>2012</sub>) pour les différentes énergies marines (avec l'éolien terrestre comme référence) sont typiquement comme suit actuellement et dans un avenir proche:



Les coûts annuels d'opération et de maintenance représentent quelques pour cent de l'investissement (3% typiquement mais 5% pour le houlomoteur). La croissance du coût à partir de 2040 pour le houlomoteur reflète une hypothèse à vérifier, à savoir la nécessité selon le NREL d'exploiter des lieux de moindre qualité.

L'éolien offshore posé et l'hydrolien, sujets principaux du rapport NREL, apparaissent à court et moyen terme comme les moins chères des énergies marines. On observe aussi que à moyen terme, l'hydrolien se positionne entre l'éolien posé et l'éolien flottant. Cela est cohérent avec certaines estimations industrielles de coût de production de l'électricité qui voient à moyen terme l'hydrolien concurrencer l'éolien offshore. La mission considère ces chiffres avec prudence et juge que les coûts d'exploitation et de maintenance sont sans doute supérieurs aux valeurs optimistes annoncées par le NREL, au moins dans un premier temps. Des valeurs de 6% voire plus semblent plus réalistes et seront à valider par l'indispensable étape des fermes pilotes, notamment si les conditions rencontrées sont difficiles, comme, par exemple, pour l'hydrolien dans le Raz Blanchard.

Selon d'autres sources (Renewables 2012 global status report ou CESER Bretagne/Indicta, France Energies Marines...) on a les coûts d'investissement suivants (avec dans certains cas des coûts « typiques » du kWh produit; les énergies non EMR sont citées pour mémoire à titre de comparaison):

Technologie	Caractéristiques	Coûts en capital selon Renewables 2012, US \$/kW sauf mention contraire	Coûts typiques selon Renewables 2012, US ¢/kWh sauf mention contraire
<b>Hydrolien</b>		3600 €/kW selon FEM (=4800\$/kW)	(selon les valeurs évoquées à la mission : 4 à 50 ¢€/kWh et plutôt entre 15 et 45 ¢€/kWh)
<b>Houlomoteur</b>		3500 €/kW selon FEM	
<b>Marémoteur</b>	Facteur de capacité 23-29%	5290-5870 \$/kW	21-18 ¢/kWh soit 13,5-15,5 ¢€/kWh
<b>ETM</b>		4200 € selon FEM (=5600\$/kW)	
<b>Éolien offshore</b>	1,5-5 MW, 70-125 m Ø	3760-5870 \$/kW (3000 € selon FEM)	11,4-22,4¢/kWh soit 8,5-17¢€/kWh (selon indicta 15-17¢€/kWh posé, 18-20 ¢€/kWh flottant en 2011 et 10 ¢€/kWh posé en 2025, 10 ¢€/kWh flottant en 2030)
<b>Éolien terrestre</b>	1,5-3,5 MW, 60-100 m Ø	1400-2475 \$/kW (3000 €)	5,2-16,5¢/kWh soit 4-12,3

		selon FEM)	¢€/kWh
<b>Petit éolien</b>	< 100 kW	3000-6000 \$/(kW USA) 1580 \$/kW (Chine)	15-20 ¢/kWh(USA) soit 11,2-15 ¢€/kWh
<b>Grande hydroélectricité</b>	1-18000 MW	<2000-4000\$/kW	5-10¢/kWh soit 3,7-7,5 ¢ €/kWh
<b>Petite hydroélectricité</b>	0,1kW-1 MW	1175-3500\$/kW	5-40 ¢/kWh soit 3,7-30 ¢ €/kWh
<b>Biomasse</b>	1-20 MW	3030-4660\$/kW	7,9-17,6¢/kWh soit 6-13,2 ¢€/kWh
<b>Géothermie</b>	1-100 MW	2100-4200\$/kW	4-7¢/kWh soit 3-5,2 ¢ €/kWh
<b>Photovoltaïque solaire (échelle industrielle)</b>	2,5-100 MW pic Efficacité 15-27%	1830-2350\$/kW	20-37¢/kWh (Europe) soit 15-27,7 ¢€/kWh
<b>Photovoltaïque solaire sur toit</b>	3-5 kW pic	2480-3270\$/kW	22-44¢/kWh (Europe) soit 16,5-33 ¢€/kWh

Selon l'audition du 9/11/2012 de la commission sénatoriale d'outre-mer, plus ciblée sur les EMR, les projections de coûts d'investissement et d'exploitation actuels sont :

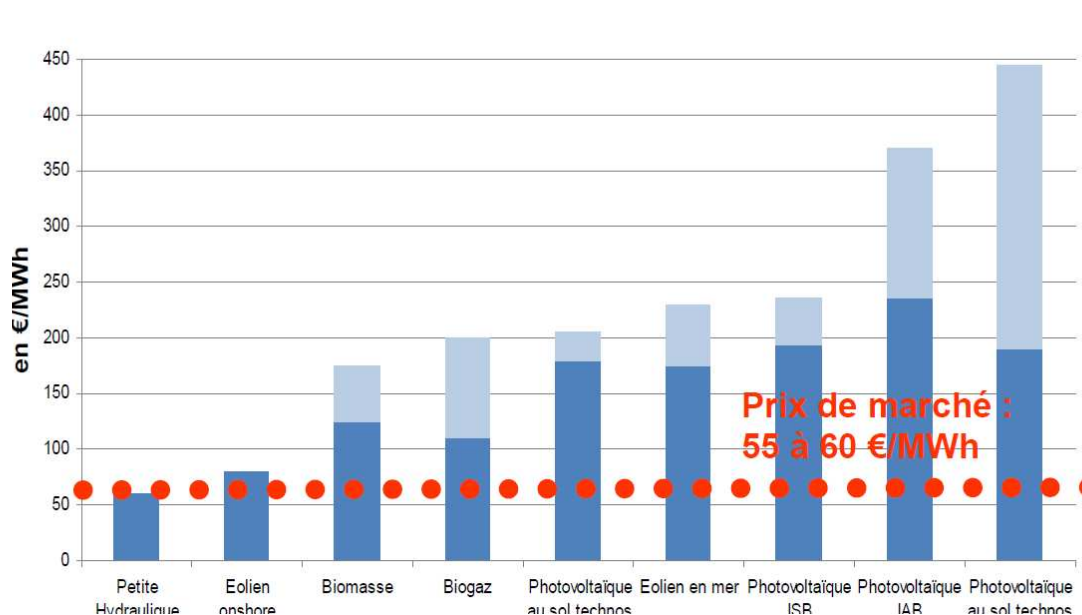
<b>Caractéristiques techniques</b>			
Périmètre	International		
Terme	2012		
Type	Energie des vagues	Barrage marémoteur	Hydroliennes
Puissance (MW)	200	200 - 8600	20 - 200
Durée de fonctionnement (années)	25	80	25
Temps de fonctionnement annuel (h)	2190	2235	2280
<b>Coûts</b>			
Investissement (€/kW)	4550 - 6000	4000 - 4400	4000 - 5200
Exploitation fixe (€/kW)	160	92	120
<b>Coût de production total (€/MWh) en fonction du taux d'actualisation</b>			
5,10%	212 - 260	130 - 139	172 - 208
8%	249 - 311	174 - 187	205 - 250
10%	277 - 347	204 - 220	228 - 281

La mission considère que ces chiffres sont un peu optimistes et seront là encore à valider.

Enfin selon FEM 2012/ AIE2012 (et les évaluations plus optimistes du cabinet Indicta entre parenthèses), les coûts en production du MWh à moyen terme sont :

Coût €/MWh	2015	2020	2025	2030
<b>Hydrolien</b>	250 (200-250)	200 (150)	170	145
<b>Éolien flottant</b>	280 (180-200)	220 (150-180)	180	140 (100)
<b>Houlomoteur</b>	320 (200-250)	220 (150)	190 (150)	155 (150 ; 100 au mieux)
<b>ETM</b>	500 (400)	400 (400)	300 (250)	250

Ces coûts restent élevés, même par comparaison à d'autres énergies renouvelables. Pour mémoire, en France, selon la DGEC (rapport sur l'industrie 2011), les coûts de production des énergies renouvelables électriques sont présentés dans le tableau ci-après (les histogrammes indiquent les fourchettes hautes et basses des prix estimés grâce aux tarifs d'achat ou aux appels d'offre pour les différentes technologies):



Ce niveau de coût est aggravé par le faible niveau de la parité réseau (prix du marché de gros de l'électricité en France), qui rend à l'heure actuelle les EMR (et les ENR en général) moins compétitives. Cela justifie la nécessité, unanimement reconnue, de tarifs d'achat incitatifs, permettant d'une part d'amorcer le développement des EMR et d'initier, on l'espère, un cycle vertueux de création d'une filière industrielle, de progrès technique, de baisse des coûts de manière à rendre à terme les EMR compétitives.

### Conditions d'achat

**Le coût des EMR rend nécessaire l'existence d'un tarif d'achat adapté** à la différence entre le coût de production et le prix du marché. Un tarif d'achat trop élevé, lié à une méconnaissance ou inadaptation aux coûts réels, peut créer une bulle et pèse sur les finances publiques. C'est un risque réel dans la situation présente de méconnaissance des coûts réels de production. Un tarif d'achat trop bas ne permet pas de lancer la filière en raison des risques pour les industriels et investisseurs, ce qui fait que personne ne se risque à développer et mettre en place des installations de production a priori durablement non rentables. Une variation rapide de politique (gel de nouvelles attributions suite à une bulle) tue la confiance. Les tarifs d'achat peuvent être variables dans le temps, ce qui permet de compenser le risque de bulle.

Quelques éléments de tarifs d'achat sont donnés ci-après:

Filière\Tarif de rachat	Exemple de tarif de rachat France	Royaume Uni (1 p = 1,23 ¢€)	Japon depuis 18/6/2012 (1¥=0,93¢€)	Espagne avant 2012
<b>Hydraulique</b>	Terre: 6,07 c€/kWh + prime 0,5-2,5 +prime 0-1,68 Houlomoteur, hydrolien, marémoteur: 15,6 c€/kWh	<b>Avant 2013:</b> Terre: 4,9-21,9 p/kWh Houlomoteur: 2 ROC/MWh (5 en Écosse) Hydrolien: 2 ROC/MWh (3 en Écosse) <b>Dès 2013 jusqu'à 2017:</b> 5 ROC/MWh = 33 c€/kWh	25,2¥-35,7¥ selon puissance (200 kW-1MW-30 MW)	Terre: 7,8 les 25 premières années Mer: 6,89 les 20 premières années
<b>Géothermie</b>	Métropole: 20 c€/kWh + prime 0-8 en métropole DOM: 13 c€/kWh + prime 0-3		27,30¥-42¥ selon puissance (15 MW)	6,89 les 20 premières années
<b>Energie éolienne</b>	Terre: 8,2 c€/kWh pendant 10 ans puis 2,8-8,2 pendant 5 ans Mer: 13 c€/kWh pendant 10 ans puis 3-13 pendant 10 ans	4,9-35,8 p/kWh	23,10¥-57,75¥ Terre: 25 c€/kWh Mer: 35 c€/kWh	Jusqu'à 7,32 les 20 premières années



<b>Photovoltaïque</b>	Intégré au bâti: 31,85-42,55 c€/kWh Intégré simplifié: 26,09-27,46 c€/kWh Autres: 11,688 kc€/kWh	7,1-16 p/kWh	42 ¥	26,94 les 25 premières années
<b>Cogénération</b>	6;1-9,15 c€/kWh	11 p/kWh		13,29 max
<b>Déchets ménagers sauf biogaz</b>	4,5-5 c€/kWh + prime 0-0,3		17,85¥	12,57 max sur les 15 premières années
<b>Biomasse</b>	4,34 c€/kWh + prime 7,71-12,53		25,2¥-33,6¥	13,6 max sur les 15 premières années
<b>Biogaz</b>	8,121-9,745 c€/kWh + prime 0-4	9,9-14,7 p/kWh	40,95¥	13,6 max sur les 15 premières années
<b>Méthanisation</b>	11,19-13,37 c€/kWh + prime 0-4 + prime 0-2,6			
<b>Autres installations de puissance &lt; 36kVA</b>	7,87-9,60c€/kWh			

Source: DGEC 2011, Wikipedia et autres; tarifs en c€/kWh sauf indications contraires

Pour des raisons économiques, l'Espagne a interrompu ses tarifs d'achat en 2012.

Depuis 2012 par contre, dans le sillage de la catastrophe du 11 mars 2011 à Fukushima, le Japon propose des tarifs très attractifs pour l'éolien offshore, ce qui ouvre un marché pour l'éolien flottant, seul pratique autour de l'archipel.

Un modèle relativement avancé est celui du Royaume-Uni. Les tarifs britanniques, basés sur le système des *Renewable Obligation Certificates* ou ROC, doivent à partir de 2013 devenir notablement plus attractifs pour les EMR, et ce, au moins jusqu'en 2017. La réforme du marché de l'électricité en cours au Royaume-Uni propose déjà une transition entre le système des ROC et un système de contrats à différences avec tarifs d'achats alias FiT CfD (*Feed-in tariff – contract for differences*), avec des tarifs publiés fin 2013, voire mi 2013, un an avant leur mise en œuvre, à des fins de visibilité.

On peut noter aussi au Canada, en nouvelle Écosse, le tarif d'achat COMFIT (*Community based feed in tariff*) de 62,2 c/kWh sur 20 ans pour les hydroliennes raccordées de moins de 500 kW et propriété de groupes locaux (municipalités, universités...), exemple rare de tarif d'achat ciblé vers des EMR de taille non industrielle.

### Éléments complémentaires: coûts négatifs via l'activité économique et les emplois créés

La question des coûts ne se limite bien sûr pas aux questions de Capex et d'Opex. D'autres coûts sont à prendre en compte, comme, par exemple, les coûts environnementaux associés à la mise en place d'installation de production d'énergie dans le milieu marin. Les impacts environnementaux sont présentés dans les grandes lignes dans le chapitre 4 du rapport. Mais il existe aussi des coûts négatifs, c'est-à-dire des gains à attendre, tant du point de vue environnemental (énergies décarbonées) que du point de vue, crucial dans cette étude, de l'activité économique créée par le développement des EMR.

Il existe des ordres de grandeur, eux aussi sujets à caution, mais qui permettent de se faire une idée des bénéfices attendus.

Par exemple le rapport Gautier de 2011 évoque pour les EMR (en particulier l'éolien offshore) le chiffre de 11 ETP par MW durant la phase d'installation, et 0,25 ETP/MW pendant la phase d'exploitation et de maintenance.

Une étude plus récente et très détaillée, commanditée par la DREAL Basse Normandie, plus intéressée par la filière hydrolienne, retient une valeur de 9 ETP par MW en phase d'installation (3 emplois directs et 5,9 emplois indirects) sans compter les emplois diffus (estimés à 12,8 ETP), et 0,65 ETP par MW (emplois directs et indirects) en phase d'exploitation et maintenance. Les retombées économiques cumulées pour l'État et les organismes sociaux sont estimées entre 0,9 et 1,5 M€/MW (pour un projet de 3,3 GW s'étalant sur 30 ans). En tout état de cause, les emplois générés le sont surtout lors des phases de construction. En cas d'activité localisée à l'export, les emplois créés sont moins nombreux mais représentent encore plus de la moitié des emplois créés en cas de fabrication, installation et exploitation locale.

Un complément à l'étude compare deux scénarios à l'horizon 2030. Les conclusions synthétiques sont les suivantes (source: E-cube Consultants):

*Le scénario « 500 MW déployés et 100 MW par an de fabrication » créerait 1 250 emplois directs et indirects en France, dont 140 dédiés à l'export<sup>26</sup> et potentiellement 875 en Basse- Normandie. En outre 600 emplois seraient induits<sup>27</sup> en France par la consommation locale.  
Le scénario « 3,2 GW déployés et 300 MW par an de fabrication » créerait 5 000 emplois directs et indirects en France, dont 550 dédiés à l'export.*

---

<sup>26</sup> Hypothèse de 20% d'exportations (sur les maillons exportables de la chaîne de valeur)

<sup>27</sup> Les emplois induits sont engendrés par la consommation des ménages des salariés de la filière.

## **Annexe - 7 Fiches pays (Comparaisons internationales sur les EMR)**

Cette annexe est issue de diverses sources: le rapport OES2011, le site [www.mer-veille.com](http://www.mer-veille.com), les rapports et brèves de l'ADIT, les sites et documents des organismes concernés, divers entretiens et rapports.

### **Fiche pays : Afrique du Sud**

11,18 rand=1€ (30/12/2012)

Prix de l'électricité pour l'industrie 80-160 \$/MWh (Eskom)

### **Introduction**

L'Afrique du Sud dispose d'une ressource houlomotrice de 40 à 50 kW/m. La ressource hydrolienne a aussi été évaluée. Les EMR restent à un état embryonnaire.

### **Politique EMR**

#### **Stratégie et objectifs nationaux**

Les programmes de recherche nationaux en ENR, y compris EMR, sont conduits par SANERI (South Africa Energy Research Institute) devenu en juillet 2012 SANEDI (South African Energy Development Institute, <http://www.sanedi.org.za>) suite à sa fusion avec la National Energy Efficiency Agency (NEEA).

#### **Soutiens, incitations et initiatives**

#### **Législation et réglementation**

La réglementation manque, ce qui est un obstacle pour le développement des EMR. Le système des tarifs d'achat a été abandonné au profit d'un système d'enchères le 3 août 2011, avec appel à fourniture de capacité en énergies renouvelables, dont les EMR sont absentes, hors un quota de 100 MW pour de « petits projets ».

### **Principaux mécanismes de financement public**

#### **Recherche et Développement**

##### **R&D financée par le gouvernement**

L'université de Stellenbosch a un groupe de recherche actif en EMR au sein du *Ocean Engineering Research Group*. En 2012, elle avait un projet de R&D houlomoteur financé par le SANEDI.

L'université du Cap travaille sur les courants marins et leur température ainsi que leur lien avec le changement climatique.

##### **R&D financée par l'industrie**

La compagnie électrique nationale Eskom étudie depuis 2003 la possibilité d'utiliser les EMR. L'évaluation du potentiel houlomoteur et hydrolien a été effectuée.

##### **Participations à des projets internationaux**

### **Démonstration de technologies**

Il n'y a pas de projet de démonstration en Afrique du sud.

## Fiche pays : Allemagne

Prix de l'électricité : pour l'industrie 157,23\$/MWh, pour les ménages 351,95\$/MWh (AIE2011)

### Introduction

L'Allemagne est particulièrement active sur l'éolien (Siemens) y compris offshore mais l'éolien flottant n'est pas spécifiquement poursuivi du fait de la faible profondeur des zones côtières. L'industrie allemande est active sur l'hydrolien (Voith Hydro, co-entreprise de Voith à 65% et Siemens à 35% et participation de Siemens dans Marine Current Turbines) et le houlomoteur (Voith Hydro), avec des ambitions commerciales à l'exportation. On notera que les turbines MCT ont été utilisées pour deux fermes hydroliennes sélectionnées au Royaume-Uni par les financements européens NER300 (20,7M€ sur 5 ans alloués fin 2012) et britannique MEAD (10M€ alloués en février 2013).

### Politique EMR

#### Stratégie et objectifs nationaux

En juin 2011 l'Allemagne disposait de 195 MW installée d'éolien offshore (production 560 GWh/an), sur un total de 29 GW d'éolien produisant 46,5 TWh/an.

L'Allemagne doit réduire ses émissions de GES de 40 % en 2020 par rapport à 1990 si l'Europe s'engage sur l'objectif de 30%. Le programme national intégré « énergie et climat » prévoit 36% de réduction par diverses mesures énumérées ci-après.

La loi sur les sources d'ENR demande d'augmenter la part des ENR dans la production d'électricité de 14% actuellement à 26% en 2020 et a été amendée en 2009 avec zonage pour les EMR (essentiellement éolien offshore, le houlomoteur n'étant pas explicitement inclus) dans la ZEE allemande en mer du Nord et en mer Baltique.

En matière d'éolien offshore, l'Allemagne est donc particulièrement active, avec pour objectifs 7,6 GW d'éolien offshore installés en 2020 et 26 GW en 2030. Les ports de Bremerhaven et Cuxhaven ont déjà été reconvertis, « où plusieurs milliers de personnes travaillent à l'assemblage et à l'expédition de turbines, pales et mâts pour des éoliennes qui sont ensuite implantées dans divers pays" (CESER Bretagne). Après l'accident de Fukushima au Japon en mars 2011, le gouvernement fédéral a travaillé à un plan d'accroissement de la commercialisation des énergies renouvelables, avec un accent particulier sur l'éolien offshore.

[La loi sur la cogénération doit faire passer la part de production d'électricité par cogénération haute performance de 12% à 25% en 2020; la loi sur la production de chaleur par ENR vise une part de 14% en 2020;] la loi sur l'expansion du réseau énergétique prévoit une procédure unifiée d'approbation de câbles sous-marin pour éoliennes offshore, etc.

Un plan national pour les technologies marines (*National Masterplan on maritime technology*, NMMT) préparé sous la coordination du Ministère de l'économie et des technologies (BMW) a été adopté le 24 août 2011, et doit proposer des recommandations pour un développement coordonné des technologies marines au niveau du Bund (État fédéral) et des Länder, et la coordination des compétences industrielles et scientifiques, avec un accent particulier sur le renforcement de la R&D, le développement des exportations, la mise en place de réseaux, la formation d'experts et le développement de projets de démonstration. En 2011 les entreprises allemandes de technologie maritime génèrent un chiffre d'affaire de 11 G€, soit seulement 4% du marché mondial.

#### Soutiens, incitations et initiatives

Depuis 2005, des tarifs d'achat régis par la loi sur les ENR offraient en 2009 116,7 €/MWh pour de l'hydrolien, houlomoteur ou petite hydroélectricité en dessous de 500 kW, et 86,5 €/MWh de 500 kW à 5 MW.

Par ailleurs il y a une importante activité en matière de déploiement de réseau électrique offshore pour relier les fermes, cf. par exemple la liaison Dolwin1 de 800 MW confiée à ABB en 2010 ou celle de 900 MW confiée à ABB encore en août 2011 pour 700 M€, ce qui constituera le plus grand système d'électricité en courant continu haute tension (mise en service en 2015).

## Législation et réglementation

Cf. supra

En matière d'aménagement maritime, (Marine Spatial Planning) la responsabilité dans les eaux territoriales (jusqu'à 12 milles nautiques) appartient aux régions (Länder). Au-delà, dans la zone économique exclusive (ZEE), la responsabilité appartient à l'État fédéral, qui a mis en place des législations spécifiques pour la mer du nord et la mer Baltique en 2009. Il existe aussi une stratégie nationale en matière de gestion intégrée des zones côtières (MSP). Le travail sur le MSP a été déclenché par l'intérêt de l'industrie pour le développement de l'éolien offshore, nécessaire pour atteindre les objectifs gouvernementaux en matière d'énergies renouvelables. L'industrie souhaitait un cadre stable et prévisible afin d'envisager les importants investissements nécessaires. Cela a amené des zonages de zones de développement prioritaire de l'éolien offshore en ZEE allemande, en mer Baltique et en mer du Nord.

On peut noter une activité originale entre l'Université de Rostock et l'Institut Alfred Wegener (AWI) pour la recherche polaire et marine de Bremerhaven (Brême) relative à l'aquaculture au sein des parcs éoliens. Ce projet « offshore aquaculture » est non seulement un projet de recherche sur les meilleurs emplacements, mais aussi de recherche d'un cadre législatif adéquat permettant à l'activité de se développer.

## Principaux mécanismes de financement public

Cf. supra

## Recherche et Développement

### R&D financée par le gouvernement

150 M€ ont financé les ENR en 2008 mais les EMR (technologie hydrolienne) ont représenté seulement 5,4M€ jusqu'à 2011.

### R&D financée par l'industrie

Siemens est très présent au Royaume-Uni et devient actionnaire principal avec 45% de Marine Current Turbines en 2011 (la division de Siemens responsable est l'unité Siemens Energy Hydro & Ocean) et a en projet deux fermes hydroliennes de 8 MW à Kyle Rhea en Ecosse et de 10 MW aux Skerries, près de l'île d'Anglesey au Pays de Galles, sites concédés par le Crown Estate britannique (propriétaire des eaux territoriales). La ferme de 8,4 MW à Kyle Rhea a été sélectionnée le 18/12/2012 par le programme européen NER300 pour un financement maximum équivalent à 18,4 M€ d'avril 2015 à avril 2020. Le projet de 10 MW aux Skerries à Anglesey (Pays de Galles), porté par l'entreprise SeaGeneration (Wales) Ltd. et faisant usage de turbines Seagen-S de 2 MW développées par MCT, a été sélectionné par le mécanisme de financement MEAD (*Marine Energy Array Demonstrator*) à hauteur de 10 M€ le 27 février 2013. La ferme sera selon Siemens entièrement opérationnelle en 2015. Siemens devient donc, via Marine Current Turbines, un acteur majeur du développement des fermes hydroliennes à court terme.

Voith Hydro est une co-entreprise de Voith (65 %) et Siemens (35 %). Elle a une division spécialisée en hydrolien (Voith Hydro Ocean Current Technologies & Co, basée en Allemagne, et Voith Hydro Ocean Tidal Co, basée en Corée) et une en houlomoteur (Voith Hydro Wagen Ltd, basée à Inverness en Ecosse), cf. infra.

Voith Hydro Ocean Current a lancé un projet de développement de turbine immergée réversible, avec un pilote de 110 kW installé au large de la Corée du sud en avril 2011 et réinstallée en janvier 2012 puis retirée à l'été pour inspection, et un second de 1MW (Hytide 1000-16, 1 MW à 2,8 m/s) devant être installé à l'EMEC initialement en 2012 puis (actuellement) au printemps 2013, prélude pour 2015 à des fermes de 100 MW en Corée du Sud (Jindo) et en Europe. Voith Hydro et RWE Innogy ont en 2009 fondé une *joint venture* appelée Voith Hydro Ocean Current Technologies dont RWE possède 20% des parts. Voith Hydro a aussi acquis en 2005 l'entreprise écossaise Wavegen avec en 2011 une installation commerciale houlomotrice de 300 kW (16 turbines de 18,5 kW), connectée au réseau à Mutriku au pays basque espagnol pour le client Ente Vasco de Energia, et une autre de 4 MW prévue à l'île Lewis (Siadar Wave power station).

Schottel a investi en 2011 dans le spécialiste de l'hydrolien TidalStream et sa plate-forme Triton à maintenance facile, avec des essais au 1/10 déjà réalisés, un *scale-up* à 3 MW en cours pour des profondeurs moyennes, avec à terme une turbine pouvant aller à 10 MW en eau profonde.



De nombreuses autres entreprises (Siemens, Bosch Rexroth, Schaeffler, Contitech, Thyssen Krupp, Hunger, Hydraulik, Hydac, etc.) fabriquent des composants. Enfin, des entreprises de réseau comme E.ON et RWE sont actives (installations de test, prototypes).

### Participations à des projets internationaux

Sur le sujet très particulier de l'énergie osmotique, l'Allemagne est impliquée dans le projet REAPower du 7<sup>ème</sup> PCRD (octobre 2010-novembre 2013), utilisant la technologie de l'électrodialyse inverse, conduit par l'allemand Wirtschaft und Infrastruktur (WIP) avec 11 participants de six pays.

### Démonstration de technologies

#### Projets opérationnels

cf. supra. Par exemple:

EMEC	Pelamis Wave Power, P2	750 kW	E.ON Climate & Renewables	houlomoteur	Actif en 2011	Achat par E.On + Carbon Trust, TSB, WATERS
EMEC	Voith Hydro Ocean Current Technologies, Hydes Tide 1000-13	1 MW, prélude pour 2015 à 100 MW en Corée du Sud (Jindo) et en Europe	Voith Hydro	hydrolien	Installation tentée en juillet 2011, puis prévue en 2012 et maintenant en 2013.	11,8 M€ dont 1,7 M€ par le <i>Marine Renewables Proving Fund</i>
Strangford Lough, Irlande du Nord	Marine current Turbines/Seagen	1,2 MW, prélude à 4 SeaGen de 2 MW à en 2014	Marine Current	hydrolien	Opérationnelle depuis avril 2008; validée du point de vue environnemental en février 2013 par l'université de Belfast	3 GWh produits de 2008 à mars 2012. Rachat par Siemens par l'université de Belfast
Islay, Écosse	Voith Wavegen, Limpet, colonne oscillante	500 kW	Voith Wavegen	houlomoteur	Installée en 2000	Limpet financé par l'UE; projet Sladar Wave Energy financé 6 M€ par le mécanisme écossais WATERS

De plus des entreprises de réseau comme E.ON et RWE testent des installations et prototypes en Europe. **Cependant, aucune installation d'EMR (hors éolien offshore) n'existe actuellement en Allemagne. Nouveaux développements**

Comme indiqué plus haut, MCT fournit les turbines des projets de fermes hydroliennes de Kyle Rhea (8 MW), financé en décembre 2012 par le NER300, et de SeaGeneration à Anglesey (10MW) financé en février 2013 par le fond MEAD du ministère britannique de l'énergie.

## Fiche pays : Australie

1,27 A\$=1€ (30/12/2012)

Prix de l'électricité 220-465,6\$/MWh (2012)

### Introduction

Le secteur des EMR est actif en Australie. Une étude du CSIRO en 2011 (*Australian Energy resource assessment*) en a confirmé le potentiel (éolien sur la côte sud-est, houlomoteur sur les côtes sud et ouest, énergie des marées dans le nord ouest), avec à l'horizon 2050, la possibilité d'une part de 11 % de houlomoteur dans le mix énergétique.

### Politique EMR

#### Stratégie et objectifs nationaux

L'Australie a un objectif de 20 % d'électricité renouvelable en 2020, avec un marché de certificats d'énergie renouvelable (<http://www.orer.gov.au/Certificates/certificates>), un certificat équivalent à 1 MWh. Une distinction est opérée entre certificats de génération grande échelle, dits LGC (essentiellement éolien), et de technologie petite échelle, dits STC (essentiellement photovoltaïque sur toiture, petit hydroélectrique ou petit éolien). Une taxe carbone de 23 A\$/tonne de CO<sub>2</sub> a été introduite en 2011 par le Clean Energy Regulator (<http://www.cleanenergyregulator.gov.au>) pour les 500 émetteurs les plus importants à partir de juillet 2012 et pour un an, le prix étant fixé chaque année jusqu'en 2015, puis établi par le marché en 2015-2016, avec un marché du carbone à la clé, ce qui peut aider au décollage des EMR en Australie. Un document de réflexion sur l'énergie a été publié pour commentaires le 13 décembre 2011 par le Ministère de ressources, de l'énergie et du tourisme (RET) afin d'examiner les possibilités de réduction d'investissements futurs dans le système électrique australien, estimés à 240 milliards de A\$ ([http://www.ret.gov.au/ENERGY/FACTS/WHITE\\_PAPER/Pages/energy\\_white\\_paper.aspx](http://www.ret.gov.au/ENERGY/FACTS/WHITE_PAPER/Pages/energy_white_paper.aspx)). Le « White paper 2012 – Australia's energy transformation », actualisé, mentionne épisodiquement les EMR. Par contre le document « Ocean Renewable energy: 2015-2050 » (<http://www.csiro.au/ocean-renewable-energy>) est plus spécifique. Il établit un état des ressources (houlomoteur considérable, hydrolien de marée 8 TWh/an, hydrolien de courants marin 44 TWh/an), dont quelques ordres de grandeur (150 km de côte pouvant fournir 46 TWh soit 10 % de la demande électrique australienne en 2050) et formule des recommandations, notamment en vue d'une meilleure connaissance du potentiel.

#### Soutiens, incitations et initiatives

Le gouvernement regroupe diverses agences en une nouvelle agence australienne pour les énergies renouvelables (ARENA, <http://www.ret.gov.au/Department/Documents/clean-energy-future/ARENA-FACTSHEET.pdf> ou <http://www.arena.gov.au>). Parmi les soutiens en cours on peut citer:

Carnegie Wave Energy Ltd	Démonstration d'une installation CETO connectée au réseau	Garden Island (Western Australia)	9,938 M A\$
Victorian Wave Partners (VWP) Pty Ltd	Station de 19 MW utilisant la technologie POverBuoy	Portland, Victoria	66,465 M A\$
OceanLinx Limited	Démonstrateur houlomoteur commercial de 1 MW avec technologie GreenWAVE en eau peu profonde	Port McDonnell ('Southern Australia)	3,97 M A\$
BioPower Systems Pty Ltd	Unité BioWAVE de 250 kW en 2015	Port Fairy, Victoria	5,6 M A\$

## Recherche et Développement

### R&D financée par le gouvernement

La recherche est essentiellement le fait des universités (Tasmanie, Wollongong, Nouvelle Galles du Sud, Sydney, Queensland), avec quelques contributions d'entreprises ou d'instituts de recherche comme le CSIRO.

### R&D financée par l'industrie

L'OEIA (*Ocean Industry Energy Australia*) a été créée en 2012 et regroupe des développeurs en hydrolien et houlomoteur ainsi que d'autres parties prenantes industrielles. Seize entreprises sont actives en Australie sur les EMR. On peut citer notamment (cf. infra), en houlomoteur: Carnegie Wave Energy Limited et sa technologie CETO, Ocean Power Technologies Australasia (OPTA) et son système PowerBuoy, OceanLinx Limited et ses technologies de colonne d'eau oscillante (Mk1 à MK3, greenWAVE, blueWAVE,...), BioPower Systems et sa technologie BioWAVE, Advanced Wave Power (AWP) et sa technologie Nautilus, AquaGen Technologies et sa technologie SurgeDrive, Proteus Wave Power P/L, Wave Rider Energy, PerpetuWave Power. Et en hydrolien: Tenax Energy, Atlantis ressources Corporation, Tidal Energy Pty, Cetus Energy.

## Démonstration de technologies

### Projets opérationnels

Quelques technologies australiennes sont connues : le système houlomoteur de bouée submergée CETO de Carnegie Wave Energy Limited <http://www.carnegiecorp.com.au> (cf. projet de 15 MW à la Réunion par exemple), et le système de colonne d'eau oscillante OceanLinx <http://www.oceanlinx.com/> (déployé au Mexique par exemple).

### Nouveaux développements

Le plus grand projet EMR d'Australie, récipiendaire en 2010 d'une subvention fédérale de 66 M A\$, est la construction d'une ferme houlomotrice de 19 MW au large de Portland sur la côte de l'État de Victoria par Ocean Power Technologies Australasia Pty Ltd <http://www.oceanpowertechnologies.com/index.htm> (OPTA), entreprise dont la maison mère est américaine.

Carnegie Wave Energy Ltd	Démonstration d'une installation CETO connectée au réseau	Garden Island (Western Australia)	9,938 M A\$
Victorian Wave Partners (VWP) Pty Ltd	Station de 19 MW utilisant la technologie POverBuoy	Portland, Victoria	66,465 M A\$
OceanLinx Limited	Démonstrateur houlomoteur commercial de 1 MW avec technologie GreenWAVE en eau peu profonde	Port McDonnell ('Southern Australia)	3,97 M A\$
BioPower Systems Pty Ltd	Unité BioWAVE de 250 kW en 2015	Port Fairy, Victoria	5,6 M A\$
Ocean Power Technology Australasia Pty Ltd (OPTA)	Ferme houlomotrice au large de l'État de Victoria en Australie	Victoria	Financement 66 M A\$ du gouvernement Australien

## Fiche pays : Belgique

Prix de l'électricité pour l'industrie 138,51\$/MWh, pour les ménages 264,37\$/Mwh (AIE2011)

### Politique EMR

#### Stratégie et objectifs nationaux

La part des ENR dans la consommation finale d'énergie doit passer de 4,6 % en 2009 à 13 % en 2020, avec une discussion en cours sur la part respective de l'État fédéral et des régions. 195 MW d'éolien offshore étaient installés en 2011, 2 GW doivent l'être en 2020. La capacité installée en éolien offshore est de 195 MW. La capacité installée d'énergie des vagues devrait être au mieux de 0,9 GW en 2020 et 1,7 GW en 2030.

#### Soutiens, incitations et initiatives

Un système de certificats verts échangeables (*tradable green certificates*, TGC) est en place. Le gouvernement des Flandres offre un TGC de 90 €/Mwh garanti sur 10 ans mais sa mise en œuvre est incertaine car les eaux territoriales sont sous juridiction fédérale et non régionale... Le gouvernement fédéral a, de son côté, approuvé un TGC de 50 €/MWh garanti sur 10 ans pour les « hydroénergies », dont la définition fédérale ne couvre pas clairement l'hydrolien ou le houlomoteur. Dans le pire des cas, hydrolien et houlomoteur ne bénéficieraient que du plus bas TGC soit 20€/MWh. Cependant l'énergie des vagues n'est économiquement viable qu'avec un tarif de rachat de 200 €/MWh en Belgique.

#### Législation et réglementation

En matière de planification des espaces maritimes (*marine spatial planning* ou MSP) la Belgique est en avance, ayant été l'un des premiers États membres de l'UE à mettre en œuvre, par le biais de sa loi de 1999 sur la ZEE et sa loi de protection marine de 1999, un système de planification opérationnel dans ses eaux territoriales et sa ZEE. Cela permet une approche par zonage permettant de réguler l'activité. Un décret royal de 2004 a identifié 270 km<sup>2</sup> de zonages pour des projets éoliens offshore (capacité 2 GW).

Il existe une zone d'exploitation pour l'éolien offshore, l'énergie des vagues et l'énergie hydrolienne, légèrement modifiée en février 2011.

#### Principaux mécanismes de financement public

L'État fédéral finance pour 180 k€ le projet fédéral BOREAS ([www.belspo.be](http://www.belspo.be)) d'état des lieux des EMR. L'agence flamande des sciences et technologies ([www.iwt.be](http://www.iwt.be)) cofinance 2,4M€ le projet houlomoteur FlanSea (plus 1,3M€ de financement privé), dont les partenaires sont DEME Blue Energy, Cloostermans, Port d'Ostende, Electrawinds, Spiromatic, CONTEC et quatre groupes de recherche de l'université de Gand. Il s'agit d'un démonstrateur houlomoteur de type absorbeur ponctuel, situé à 1 km au large d'Ostende, en zone à potentiel modéré, et devant fonctionner en 2013, avec, en cas de succès, une version commerciale en 2017. L'idée est de déployer à terme les bouées entre les éoliennes des parcs en mer avec à la clé une synergie intéressante.

### Recherche et Développement

#### R&D financée par le gouvernement

Cf. supra. L'investissement public est estimé à 2,8M€ en 2011.

#### R&D financée par l'industrie

Cf. Supra. L'investissement privé est estimé à 1,3M€ en 2011.

#### Participations à des projets internationaux

L'université de Gand participe au projet WECWakes financé pour 225 k€ par HydraLabs sur les interactions d'une ferme houlomotrice avec les vagues.

### Démonstration de technologies

Les entreprises de réseau impliquées dans des activités de R&D ou de démonstration sont:

Electrawinds	FlanSea project partner
--------------	-------------------------

## Fiche pays : Brésil

1 Euro = 2.52730 Reais

Prix de l'électricité pour les ménages : 160 US\$/MWh (août 2012 ; des baisses de 18 à 32 % sont prévues pour mars 2013)

Le Brésil possède 7000 km de côte et une surface maritime de 3,4 Mkm<sup>2</sup> avec des sites à fort potentiel hydrolien (par exemple au large de l'Etat de Bahia). La politique nationale de ressources maritimes (décret du 23/2/2005) gère le développement des activités visant à utiliser et explorer les ressources maritimes. De plus le Ministère de la science et de la technologie brésilien est actif dans ce domaine et soutient les projets d'innovation. Outre un soutien à la recherche océanographique, la mise en place d'un institut national de science et technologie (INCT) en sciences maritimes est envisagée afin d'aider à une approche multidisciplinaire.

Depuis 2011, le Brésil participe au projet européen MaRINET, réseau européen pour les EMR (avril 2011 à mai 2015).



## Fiche pays : Canada

1,32 CAN\$ :~ 1€ (30/12/2012)

Prix de l'électricité pour l'industrie : 35-90 CAN\$/MWh, pour les ménages : 70-160 CAN\$/MWh (wiki2010)

En 2011 la capacité installée au Canada était de 20 MW en marémoteur (barrage d'Annapolis Royal en baie de Fundy), 2 à 5MW (en cours d'installation) en hydrolien et 300kW en ETM Le potentiel théorique houlomoteur est de 1600 TWh/an, le potentiel théorique d'énergie des marées est de 255 TWh/an.

Les initiatives provinciales et privées des années récentes ont conduit à l'élaboration d'une feuille de route nationale pour les technologies des EMR ([www.oreg.ca/index.php?p=1\\_58\\_Marine-Energy-TRM](http://www.oreg.ca/index.php?p=1_58_Marine-Energy-TRM)).

En 2011, le gouvernement a lancé une initiative sur les éco-énergies (dont les EMR) pour 97M\$, un programme de mesures d'encouragement des EMR pour 4 M\$.

En 2011 aussi, le centre d'essais Fundy Ocean Research Center for Energy (FORCE) de Nouvelle Écosse a publié ses premières études d'impact et de suivi (<http://fundyforce.ca/assessment>, <http://fundyforce.ca/monitoring>) et a été reconnu comme modèle d'incubateur pour l'industrie des EMR, statut renforcé par son accord de collaboration avec l'EMEC britannique. Pour mémoire le premier essai conduit au FORCE a été celui d'une turbine Open Hydro. Le FORCE est l'un des rares exemples de bonne pratique reconnu par le Royaume-Uni en dehors du Royaume-Uni, notamment en raison de la capacité de 65 MW, la première au monde, rendue possible par l'installation de câbles sous-marins.

L'année 2011 a vu aussi des avancées en matière d'hydrolien (démonstration RER Trek à Montréal), de tests de prototypes (Clean Current, MAVI, Sabella Energies), et des projets pilotes dans les provinces ou en Inde.

## Politique EMR

### Stratégie et objectifs nationaux

La feuille de route pour les technologies des EMR contient des objectifs de génération d'énergie hydrolienne et houlomotrice de 75 MW, en 2016, 250 MW en 2020 et 2 GW en 2030.

Le gouvernement de la province de Nouvelle-Écosse affiche des objectifs en houlomoteur de 65 MW en 2015 et 300 MW dans les cinq à dix années suivantes. Le gouvernement du Québec a lancé en 2011 son Plan Nord avec 200 MW d'objectif pour les ENR non traditionnelles comme l'hydrolien.

### Soutiens, incitations et initiatives

Le Canada a entre 2007 et 2011 financé les EMR) à hauteur de 75M\$. En juillet 2011, CanMetENERGY (un laboratoire de NRCanada) a publié ses rapports « Marine Energy Sector Profile » et « Early-Stage Supply Chain reports » et l'Ocean Renewable Energy Group (OREG) son rapport «The Role of Feed-in Tariffs: Moving Ocean Energy Ahead in Canada » sur les tarifs d'achat ([www.oreg.ca/web\\_documents/oreg\\_the\\_role\\_of\\_fits.pdf](http://www.oreg.ca/web_documents/oreg_the_role_of_fits.pdf))

Le gouvernement de Nouvelle Écosse a publié un rapport des consultations visant à soutenir le secteur des EMR ([www.gov.ns.ca/energy/resources/spps/public-consultation/marine-renewable-energy/Fournier-Report-English.pdf](http://www.gov.ns.ca/energy/resources/spps/public-consultation/marine-renewable-energy/Fournier-Report-English.pdf)), un état des lieux sur les capacités de soutien au développement (Marine Renewable Energy Infrastructure Assessment Report, [www.gov.ns.ca/energy/renewables/explore-invest/recent-reports.asp](http://www.gov.ns.ca/energy/renewables/explore-invest/recent-reports.asp)) et lancé en 2011 son tarif d'achat COMFIT (Community based feed in tariff) de 62,2 CAN\$/MWh sur 20 ans pour les hydroliennes raccordées de moins de 500 kW et propriété de groupes locaux (municipalités, universités...).

Le Canada dispose en Nouvelle Écosse d'un centre d'essais de classe internationale, le centre d'essais Fundy Ocean Research Center for Energy (FORCE), créé en 2009 et actif avec, en 2012, quatre sites occupés par Alstom, MCT/Minas Basin Pulp & Power, Open Hydro/Nova Scotia Power et Atlantis Marine Resources/Lockheed Martin/JD Irving. Le FORCE a depuis ses origines reçu plus de 37 M CAN\$ de fonds public. Le tarif d'entrée est 1M CAN\$ pour une période de test de deux ans, renouvelable une fois, plus 225 000 CAN\$ par an.

Le gouvernement du Québec a lancé en 2011 son Plan Nord avec 200 MW d'objectif pour les ENR non traditionnelles comme l'hydrolien. Le gouvernement de Colombie Britannique élabore des tarifs d'achats pour six ENR novatrices dont le houlomoteur, l'hydrolien et l'hydrolien fluvial/estuarien, avec mise en place initialement prévue pour 2012. Le 22 juin 2012, le gouvernement local a annoncé un report de la mise en œuvre de ces tarifs d'achat afin de limiter l'augmentation des prix de l'électricité.

### Législation et réglementation

Les provinces canadiennes ont juridiction exclusive pour la gestion des sites et installations de production d'électricité. Les décisions de production d'électricité à partir des EMR, y compris les décisions de concession, sont prises par les provinces.

Province	Émis	En projet
Nouvelle Écosse	Guidelines for Permitting of a Pre-Commercial Demonstration Phase for Offshore Renewable Energy Devices	Cadre législatif pour les EMR - 2012
Nouveau Brunswick	"Allocation of Crown Lands for Tidal In-Stream Energy Conversion Projects"	
Québec		Plan Nord, début 2012
Colombie Britannique	Directive intérimaire de politique et politique opérationnelle d'utilisation des sols (applicable aux EMR)	

Le gouvernement fédéral reste responsable, entre autres, des pêches, voies navigables, protection de l'environnement et études d'impact environnemental. Il a, en 2011, annoncé un programme de mesures d'encouragement des EMR et collabore avec les gouvernements provinciaux.

En matière de législation environnementale, la section 35 du *Fisheries Act* requiert l'autorisation du Ministre et une étude d'impact environnemental en cas d'altération des habitats marins; les projets EMR de moins de 5 MW demandent une étude d'impact environnemental simplifiée et une étude complète au dessus de 5 MW, au titre du *Canadian Environment Assessment Act*, administré par la Canadian Environmental Assessment Agency. Le ministère des transports (Transport Canada) et sa division de protection des eaux navigables fournit les autorisations requises pour la construction d'ouvrages sur les chenaux costaux navigables; les aires marines protégées sont suivies par Fisheries and Oceans Canada (ministère des pêches) et les autorisations délivrées au titre du *Oceans Act*. Le ministère de l'environnement (Environment Canada) a la responsabilité des aires de faune sauvage marine (*Marine Wildlife Areas* ou MWA), de 12 à 200 miles marins (alias nautiques) de la côte. Le service responsable des parcs (Parks Canada) a la responsabilité des parcs nationaux marins (National Marine Conservation Areas ou NMCA); le National Energy Board a juridiction au cas où de l'énergie est exportée du Canada ou si le gouvernement fédéral lui donne juridiction explicite sur un projet donné; enfin divers services (environnement/Canadian Wildlife Service, pêches, parcs) veillent à la protection des espèces sauvages menacées au titre du *Species at Risk Act*.

### Principaux mécanismes de financement public

28 M\$ de financement pour les EMR provient de mécanismes non spécifiques comme le Clean Energy Fund (CEF), *Programme for Energy Research and Development* (PERD), *ecoENERGY Innovation Initiative* (ecoEII), administrés par le Office of Energy Research and Development (OERD) du National Resources Canada (NRCan). 20 M\$ supplémentaires ont été fournis en faveur de l'hydrolien et du houlomoteur par la fondation Sustainable Development Technology Canada. Le CEF a aussi annoncé en novembre 2010 le financement pour 20 M\$ de l'infrastructure de câblage (65 MW) du Fundy Ocean Research Center for Energy (FORCE) de Nouvelle Écosse. Onze kilomètres de câble sous-marin ont été réceptionnés en juillet 2011. Des tests ont commencé en août 2012.

Le National Research Council Industrial Research Assistance Programme a financé des évaluations de technologies et des simulations numériques.

Le crédit d'impôt remboursable pour la recherche scientifique et le développement expérimental a été utilisé pour de nombreux projets.

Les gouvernements provinciaux ont aussi contribué : la Nouvelle Écosse a investi dans FORCE et financé les 2/3 du coût de 22 projets de recherche en EMR, estimé à 8M\$. La nouvelle Écosse, l'Ontario et la Colombie Britannique ont de plus financé pour 10M\$ de projets.

L' Ocean Renewable Energy Group (OREG) estime que 75M\$ ont été engagés, avec un effet de levier de 1,5.

## **Recherche et Développement**

### **R&D financée par le gouvernement**

En 2011, l'investissement public en R&D est estimé supérieur à 33,75M€.

Le Fundy Ocean Research Center for Energy (FORCE), l'Offshore Energy Environmental Research (OEER) et le Fundy Energy Research Network (FERN) de Nouvelle Écosse ont lancé une série d'initiatives de recherche stratégique décrite sur [www.offshoreenergyresearch.ca/Home/TidalEnergyResearch/tabid/386/Default.aspx](http://www.offshoreenergyresearch.ca/Home/TidalEnergyResearch/tabid/386/Default.aspx).

La recherche universitaire en EMR compte 12 étudiants, 5 M\$ de bourses de recherche et est conduite aux universités de Victoria, Winnipeg, Acadie, Dalhousie et au collège de l'Atlantique Nord. D'autres acteurs universitaires ou institutionnels sont l'université Memorial, le NRC-Institute for Ocean Technology (NRC-IOT) et son bras commercial le NRC Canadian Hydraulics Centre (NRC-CHC), le Offshore Energy Environmental Research Association (OEER), le Ocean Renewable Energy Group (OEEG) et l'université de Colombie britannique.

La seule équipe de recherche fédérale en EMR est l'équipe Marine Energy Technology du laboratoire CanMetENERGY de NRCan, impliquée en normalisation, caractérisation des ressources, avancement de la technologie, et soutien à la feuille de route EMR. Le Geological Survey of Canada (BRGM Canadien), aussi du NRCan, contribue des recherches sur la géomorphologie et la dynamique des fonds marins et les impacts de l'exploitation des EMR. C'est cependant principalement le ministère des pêches et de la mer (Department of Fisheries and Ocean, DFO ou MPO (<http://www.dfo-mpo.gc.ca/>)) qui est en pointe sur les recherches en matière d'études d'impact environnemental et doit émettre, après identification des niveaux de risque, un document guide de réglementation environnementale pour les EMR. De fait, en août 2012, un document intitulé « A framework for environmental risk assessment and decision-making for tidal energy development in Canada » a été publié par l'Acadia Centre for Estuarine Research.

### **R&D financée par l'industrie**

En 2011 l'investissement privé de R&D est estimé supérieur à 18,75M€.

Les développeurs canadiens en EMR sont Blue Energy (turbine axe vertical, unités de production installées de 20 à 100 kW), Nova Scotia Power (barrage marémoteur de 20 MW), CleanCurrent, Coastal Hydropower, Finareva Aqua Energy (AquaBuoy), New Energy (turbine axe vertical de 5W à 250 kW commercialisées), Seawood Design Surf Power, Sieber, SyncWave energy, Water wall, Wave energy technologies, Waveberg Development, Wavemill Energy Corp.

### **Participations à des projets internationaux**

Il existe depuis février 2009 un dialogue des énergies propres entre Canada et USA visant à combattre les effets des gaz à effet de serre (GES). Ces deux pays ne participent pas ou plus au Protocole de Kyoto.

Le Canada et le Royaume-Uni ont depuis septembre 2011 un « partenariat pour le 21e siècle » incluant la production commerciale d'électricité à partir des EMR. Ainsi le FORCE et l'EMEC ont signé en 2011 un mémoire d'entente (Memorandum of understanding, ou MOU) en vue de collaborations.

Le Canada est actif en matière de normalisation internationale et était jusqu'à juin 2011 président du comité technique TC114 de l'IEC.

Les entreprises sont aussi actives: New Energy travaille avec des revendeurs sur des projets pilote d'hydroliennes en Inde et en Alaska. Sabella Energies collabore avec la France sur des

hydroliennes en mer ou estuaire. Clean Current Power Systems a finalisé pour Alstom son hydrolienne de mer et développe une hydrolienne d'estuaire. PowerTech Labs et Triton Consultants fournissent des conseils en faisabilité à des entreprises coréennes de réseau. SMRU Ltd travaille sur des projets financés par le DOE (Department of Energy) américain sur l'impact acoustique des hydroliennes.

### Démonstration de technologies

En 2011 l'investissement public (resp. privé) sur les démonstrateurs de technologie est estimé supérieur à 22,5M€ (resp. 60 M€).

Les entreprises de réseau impliquées en R&D ou projets de démonstration sont :

NALCOR – Newfoundland and Labrador	Développement de technologie pour gestion de microréseau
EMERA / Nova Scotia Power	Open Hydro investisseur, démonstrateur technologique, développement planifié
Hydro Quebec	Implication dans deux démonstrations technologiques
Ontario Power Authority	Tarif d'achat pour l'hydroénergie pour développement de projet
Manitoba Hydro	Accès à site pour R&D et démonstration technologique
BC Hydro	Offre permanente modifiée pour démonstration technologique; accès à site pour démonstration technologique d'hydrolien de rivière

### Projets opérationnels

Open Hydro a récupéré en décembre 2010 sa turbine au site d'essais de FORCE.

RER (Renewable Energy Research) a déployé sa turbine TREK dans le port de Montréal au cours du second semestre de 2010, et elle avait enregistré à fin 2011 10000 heures de production.

### Nouveaux développements

En 2011, les acteurs du développement technologique ont notamment été :Clean Current Power Technology, Grey Island Energy, Mavi Innovations, New Energy Technology, RER, Sabella Energie et Seawood Designs.

Alstom Hydro a construit un prototype commercial d'hydrolienne à partir de celui de Clean Current Power Systems.

Deux générateurs ENCurrent de 250 kW de New Energy corporation doivent être déployés à titre de démonstration en 2012 ou 2013 à Canoe Pass près de la rivière Campbell en Colombie britannique.

Une hydrolienne fluviale SR-01 de Sabella Energy Inc. devait être déployée dans le port de Montréal à l'embouchure du Saint-Laurent en 2012, projet attendu par Hydro Québec. Une hydrolienne de démonstration SR-02 doit aussi en 2013 être installée dans le grand-nord canadien.

Emera rassemble des partenaires pour un projet de 40 MW d'hydrolien à l'horizon 2016.

## Fiche pays : Chili

100 pesos chiliens = 0,16€

Prix de l'électricité : 151,31\$/MWh pour l'industrie, 210,74\$/MWh pour les ménages (AIE, 2012)

Le Chili possède un potentiel considérable en EMR, notamment en énergie houlomotrice (entre 164 et 240 GW) , marémotrice, hydrolienne (sud du pays : Canal de Chacao, Canal d'Apaió, Golfe de Corcovado, Sud Est de l'île de Chiloé, Canal de Darwin, Angostura Inglesa, Canal de Gabriel et Primera Angostura alias détroit de Magellan), voire éolienne flottante (pentes abruptes). Son niveau de développement ne lui permet pas encore d'en profiter. La Banque Interaméricaine de Développement (BID) finance une évaluation préliminaire des ressources. Des projets démonstration voient le jour. L'entreprise américaine Float Inc. a prévu au sud du Chili des développements de sa plate-forme flottante Rho cee destinée à héberger un mix d'EMR. L'entreprise chilienne Etymol Wave power a planifié en mars 2012 une centrale houlomotrice immergée (3 mètres sous la surface, apparence d'une hydrolienne) de 30 MW (coût : 6G\$). Un protocole d'accord de coopération dans le secteur de l'énergie entre le Chili et la Finlande a été signé le 5 février 2013, et inclut la mise en place d'une station houlomotrice Waveroller (8 à 20 m de profondeur, capacité typique 500 ou 1000 kW).



## Fiche pays : Chine

8,24 RMB=1€ (30/12/2012)

Prix de l'électricité ménages 75-107 \$/MWh (mai 2012).

### Introduction

En 2011, la capacité installée en Chine était de 3,9MW en marémoteur, 110 kW en hydrolien (plus 3,7MW en cours d'installation), 190 kW en houlomoteur (plus 2,4MW en cours d'installation) et 15 kW en ETM.

Le potentiel houlomoteur théorique est de 600 TWh/an, le potentiel extractible de 113 TWh/an. Le potentiel théorique d'énergie des marées est de 960 TWh/an, le potentiel extractible de 62 TWh/an. Le potentiel théorique d'ETM est de 12000 TWh/an.

En 2011, le douzième plan quinquennal des énergies renouvelables a été formulé et soumis à consultation publique, publié en août 2012 par la NEA (National Energy Administration), approuvé en octobre 2012. Il fait état d'un potentiel de 22 GW en marémoteur, 13 GW en houlomoteur, 14 GW en hydrolien, 125 GW en osmose et 1321 GW en ETM.

Le plan spécifique pour les affaires maritimes (*12<sup>th</sup> five-year plan on oceanic affairs*) a été diffusé et est essentiellement normatif. Il comporte huit tâches : élaborer, réviser et faire appliquer des normes, innover en science et technologie, construire une plate-forme d'information sur les normes marines et travailler à leur industrialisation, guider les activités de normalisation du secteur et renforcer la normalisation régionale des affaires maritimes.

Le plan spécifique de développement des EMR, dans le sillage du 12<sup>ème</sup> plan quinquennal pour les énergies renouvelables, se fait attendre.

La State Oceanic Administration (SOA) a mis en place l'Administrative Center for Renewable Energy (ACRME) afin de coordonner le développement des EMR en Chine. Une première évaluation du potentiel a été menée à bien.

La détermination d'une zone pilote et la construction de sites d'essai ont commencé afin de mener des essais en mer. Un système hybride de 100 kW (vent, solaire, vagues) est construit et opéré par le National Ocean Technology Center. Le principal programme national de financement des EMR a débuté en 2010.

### Politique EMR

#### Stratégie et objectifs nationaux

Le premier parc éolien offshore chinois (100 MW) a été installé en 2010 à l'occasion de l'exposition de Shanghai. En 2011 un appel d'offre a été lancé pour 4 parcs et 1 GW de capacité. Deux parcs sont en construction. L'objectif de capacité installée à terme est de 5 GW en 2015 et 30 GW en 2020 ou 2030. La Chine ambitionne aussi de produire une turbine éolienne offshore de 10 MW d'ici 2015.

En 2011 le douzième plan quinquennal des énergies renouvelables a été formulé et son élaboration s'est poursuivie au sein de la SOA et de la NEA (National Energy Administration), avec approbation en octobre. Des cibles pour les énergies renouvelables ont été diffusées en octobre 2012 (cf <http://en.cnrec.info/tools/2012-09-29-343.html> et <http://www.ec2.org.cn/en/clean-energy-world/news/china/china-12th-five-year-plan-renewable-energy-development-key-information> ).

Le National Ocean Technology Center (NOTC, <http://www.notc.gov.cn> ) doit élaborer le *Strategic report for the development and utilization of marine renewable energy in China*, à horizon 2030.

#### Soutiens, incitations et initiatives

Le Ministère des finances et la SOA ont mis en place un programme de financement pour les EMR, mettant l'accent sur la génération d'électricité en milieu insulaire, les stations connectées au réseau, l'industrialisation, la R&D et le service public.

En 2010, 200 M RMB ont été investis dans 26 projets, dont 110 M RMB pour des projets de démonstration. 30 à 39 projets ont été jugés éligibles en 2011 pour un financement de 200 M RMB, dont 10 projets de démonstration.

D'autres sources de financement sont le programme « 863 », le National Key Technology Research and Development Programme et aussi la National Natural Science Foundation of China

(NSFC).

### Législation et réglementation

En janvier 2006 a été mise en œuvre la *Renewable Energy Law of the People's Republic of China*, amendée en avril 2010.

### Principaux mécanismes de financement public

La SOA a installé le 24 novembre 2010 l'ACMRE, autorité de supervision et de gestion du programme spécial de financement et des projets en Chine. La revue technique des projets EMR a eu lieu en 2011 et la mise en œuvre doit avoir lieu en 2012.

## Recherche et Développement

### R&D financée par le gouvernement

L'essentiel de la R&D est financée par le gouvernement. Les acteurs universitaires et institutionnels sont l'université d'ingénierie de Harbin, l'académie des sciences chinoise et son Guangzhou Institute of Energy conversion, l'université de l'océan à Qingdao, le National Ocean Technology Center de la SOA, le second institut d'océanographie de la SOA, le comité de l'énergie de l'océan de la Chinese Renewable Energy Society.

### Énergie marémotrice:

Jiangxia Wenting, Zhejiang	à marémoteur	3,9 MW nominal, 1,3 MW en moyenne, 11 GWh/an	Depuis mai 1980 Record de production en 2009	
Baishakou Rushan, Shandong	à marémoteur	640 kW	Depuis décembre 1975	
Haishan Yuhuan, Zhejiang	à marémoteur	250 kW	Depuis août 1978	

### Énergie houlomotrice:

NOTC, expérience à Jimo, Shandong	Pendule inversé houlomoteur	100 kW	Essai en mer juillet 2012	Essai initial à échelle 1/20 dans réservoir avec amenée d'eau
Guangdong Zhongda Marine Biotechnology Centre of South China Sea Co., Ltd	houlomoteur	10 kW en R&D 100 kW à tester à Yangjiang – Zhapo East Island, province de Guangdong		
Guangzhou Institute of Energy Conversion (GIEC) of Chinese Academy of Sciences (CAS):	Absorptive floating-point power base station	20 kW nominal 10 kW déployé		

### Énergie hydrolienne

Harbin Engineering University:	Prototype axe horizontal		10 kW déployé à Daishan province de Zhejiang		Alimentation du phare
Zhejiang University:			25 kW conçu 60 kW construit		
Northeast Normal University:			5 kW		Alimentation de plateforme d'observati

					on océanogra phique
Ocean University of China	Courant axial		20 kW développé		

#### ETM:

First Institute of Oceanography of State Oceanic Administration (SOA) (Qingdao Power Generation Co., Ltd. of China Huadian Corporation)			15 kW		
---	--	--	-------	--	--

### R&D financée par l'industrie

Dans l'éolien offshore, la société Chinoise CSIC Haizhuang teste à Rudong en 2012 son premier prototype d'éolienne offshore de 5 MW, la CSIC H154 issue de trois ans de développement, en collaboration avec l'allemand Schaeffer (roulements), le néerlandais Mecal (ingénierie), le danois KK Electronic et le consultant allemand en offshore Lehnhoff.

### Participations à des projets internationaux

Guangzhou Institute of Energy Conversion (GIEC), Chinese Academy of Sciences (CAS)	Blum Company	Résistance aux typhons et système d'ancrage de système houlomoteur			
Ocean University of China, financement "National Natural Science Foundation of China (NSFC)	Corée	OWC colonne d'eau oscillante			
Ocean University of China	EMEC, Royaume-Uni	Système électrique intelligent		Janvier 2011- décembre 2013	

L'EMEC a de fait signé un MOU avec l'université océanique Chinoise..

### Démonstration de technologies

En 2011 l'investissement public (resp. privé) est de 1,3M€ (resp. 0,2M€) sur les démonstrateurs de technologie marémotrice, 3,8M€ (resp. 1,8M€) sur l'hydrolien et 38M€ (resp. 1,6M€) sur le houlomoteur.

## Projets opérationnels :

Centrale marémotrice de Jiangxia, propriété de China Guodian Corporation, gestion par China Longyuan Power Group Corporation Limited	marémoteur	barrage	3,9 MW, 7,2 Gwh/an	Mise en production de l'unité n°6 en 2007	Fonctionne à marée montante et descendante
Système hybride isolé, île Daguan	Houlomoteur, OWC	Pendule houlomoteur terre	à 100-200 kW: 130 kW houlomoteur, 60 kW éolien, 10 kW solaire	Mise en marche juin 2011	
Système hybride isolé, île Daguan	Houlomoteur, OWC	Pendule houlomoteur en mer	100 kW	Mise en marche en 2012	

## Nouveaux développements

Electrification isolée îles de la mer de Chine du Sud (Dawanshan Island, Guangdong Province) - Guangzhou Institute of Energy Conversion (GIEC), Chinese Academy of Sciences (CAS)	Hybride houlomoteur, éolien		500 kW: 300 kW houlomoteur, 200 kW éolien	Avant juin 2012	
Centrale isolée Zhaitang Island, Jiaonan City, Shandong Province - China National Offshore Oil Corporation (CNOOC)	HYBRIDE hydrolien, éolien, solaire		500 kW: 300 kW hydrolien, 150 kW éolien, 50 kW solaire		
Hydrolien connecté à Longxu Island, Rongcheng City, Shandong Province - China Datang Corporation	Hydrolien		4x300 kW		
Hydrolien connecté à Daishan Sea Area, Zhoushan City, Zhejiang Province - China Energy Conservation and Environmental Protection Group			1 MW connecté via ligne de 10 kV		Financement 30 M RMB

## Fiche pays : Corée du Sud

1410 won=1€ (30/12/2012)

Prix de l'électricité pour l'industrie 70\$/MWh, pour les ménages 88,64\$/Mwh (AIE2011)

### Introduction

En 2011, la capacité installée en Corée était de 254 MW en marémoteur, et 500 kW en houlomoteur en cours d'installation.

L'usine marémotrice de Sihwa (254 MW) a commencé à fonctionner en août 2011, devenant la première capacité mondiale devant l'usine marémotrice de la Rance (240 MW) qui est active depuis 1966. Les autres activités EMR et leur budget ont aussi crû en 2011; notamment le travail sur le développement de l'éolien offshore s'accélère avec la sélection de l'île de Jeju comme premier site coréen pour un parc éolien offshore et la construction du plus grand parc éolien offshore du monde (2,5 GW) qui sera opérationnel en 2019. Le potentiel éolien de la Corée du sud est de 340 TWh/an dont 243 TWh offshore.

La politique des ENR en Corée a changé en 2012, les tarifs d'achat étant remplacés par le RPS (part minimale de renouvelable dans la production, cf. infra).

### Politique EMR

#### Stratégie et objectifs nationaux

En 2030, les EMR doivent représenter 4,7 % du total des ENR (soit 1,5 Mtoe), qui elles-mêmes représenteront 11 % de la demande énergétique nationale.

La stratégie de développement des EMR a trois phases: 1) jusqu'en 2012, le soutien à la R&D est essentiellement financé par le gouvernement et cible le développement des technologies de base applicable en zone côtière; 2) de 2013 à 2020 le rôle de l'industrie doit croître en vue de l'exploitation de technologies de pleine mer; 3) après 2030 les entreprises seront leaders du développement commercial des EMR et de leur utilisation hybride.

Parmi les documents de référence sur les EMR on peut citer le *R&D Strategy 2030 for New and Renewable Energy – Ocean* du MKE (Ministry of Knowledge Economy) diffusé en 2008, et le *Development of Activity Plan on Ocean Energy R&D Programme* diffusé en 2009 par le MLTM (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs). Ainsi à horizon 2030 il est prévu d'atteindre 11 % de la demande énergétique nationale par les ENR et d'augmenter de 80 % les ressources disponibles en EMR, avec comme étapes intermédiaires 70 ktoe (0,9 % des ENR) en 2010, 393 ktoe en 2015 (3,3 %), 907 ktoe en 2020 (5,2 %) et 1,54 Mtoe en 2030 (4,7 %) soit environ 16 TWh. Le MKE a aussi diffusé le *White Paper on New and Renewable Energy*, document de référence général sur les ENR.

Les objectifs pour les EMR sont donc officiellement relativement limités.

#### Soutiens, incitations et initiatives

Le tarif d'achat créé en 2002 ne s'applique, pour les EMR, qu'au marémoteur à hauteur de 62,81 won/kWh. A partir de 2012, le RPS (renewable portfolio standard) est en vigueur, requérant des entreprises de production d'énergie une part renouvelable de 2 % en 2012 et 10 % en 2022.

#### Principaux mécanismes de financement public

Le financement vient essentiellement du Ministère du territoire, des transports et des affaires maritimes (MLTM) qui finance les projets de démonstration via son programme *Practical Ocean Energy Technology Development Programme* et du Ministère de l'économie de la connaissance (MKE) qui couvre principalement la R&D via son programme *New and Renewable Technology Development Programme*, les technologies étant encore immatures.



## Recherche et Développement

### Projets de R&D hydrolienne:

PROJET (dépense, financement)	TYPE DE CONVERTISSEUR	STRUCTURE	CAPACITE	DUREE DU PROJET	REMARQUES
Usine marémotrice de Sihwa (K-Water, K-Water)	Horizontal Axial Bulb	Barrage en béton	10x25.4MW	2004~2011	Fonctionne en 2011
Uldolmok Tidal Current Pilot Plant (KORDI=Korea Ocean Research and Development Institute, MLTM)	Helical Turbine (VAT)	Jacket	2x500kW	2001~2011	Fini en 2009
Evaluation de site pour barrage marémoteur (KORDI, MLTM)	Etude de faisabilité			2001~2011	Incheon Bay et al.
Tidal Current Energy RC (KMU=Korea Maritime University, MKE)	(Turbine Design)	(Underwater design)	(Evaluation du potentiel)	2009~2014	Centre de recherche conjoint
Conception de Turbine S/W (KMU, MKE)	(HAT/VAT)	(Diagramme de performance)	(GUI System)	2009~2012	Basé sur simulations CFD
VIVEED (KORDI, MKE)	VIV Cylinder	Pile	2009~2012	2009~2012	
In-stream Hydro System (Ecocean Ltd., MKE)	Helical Turbine (VAT)	Jacket	50kW	2010~2012	Canal de décharge de l'usine
Equipement électrique hydrolien de classe MW (HHI=Hyundai Heavy Industries Co., Ltd., MKE)	Pitch Control	Pile	>500kW	2010~2015	Tst en mer en 2014
Turbine hydraulique pour barrage marémoteur (HHI, MKE)	Bulb		7MW, 30MW	2011~2014	Applicable à barrage hydroélectrique
Turbine flexible pour courant de marée (KORDI, MKE)	Flexible Flap		10kW	2011~2014	Efficacité > 26%

### Projets de R&D houlomotrice:

PROJET (dépense, financement)	TYPE DE CONVERTISSEUR	STRUCTURE	CAPACITE	DUREE DU PROJET	REMARQUES
Yongsoo OWC (KORDI, MLTM)	OWC (colonne d'eau oscillante)	Caisson	500kW	2003~2013	Usine pilote en 2012
Variable Liquid Column Oscillator (KEPRI=Korea Electric Power Research)	Attenuator	Cylindre	300kW	2009~2011	Prototype Test in 2011

Institute, MKE)						
Pendulum WEC (KORDI, MLTM)	Oscillating Surge	Barge	300kW	2010~2016	Collaboration Corée-Japon	
AWS with Linear Generator (Yonsei Univ., MKE)	Point Absorber	Bouée		2010~2013	4-sided Linear Generator	
Resonant Vertical Oscillator (Gyeongju Univ., MKE)	Point Absorber	Bouée		2010~2013	Prototype Test in 2013	
Cross-Flow Hydraulic Turbine (KMU, MKE)	Houlomoteur	Overtopping Caisson		2011~2014	Conversion énergie des vagues/énergie électrique	

#### Projets de R&D sur ETM:

KORDI, (MLTM)	ETM, SWAC				
KEPRI, (MKE)	SWAC				
	ETM				Recherche fondamentale

#### Projets de R&D sur Osmose:

Université de Hongik (MKE)	Osmose				
----------------------------	--------	--	--	--	--

#### **R&D financée par le gouvernement**

En 2011 le budget public de R&D sur les EMR est d'environ 5,5M€, y compris les programmes d'éducation.

#### **R&D financée par l'industrie**

En 2011 le budget privé de R&D sur les EMR est d'environ 0,8M€.

#### **Participations à des projets internationaux**

L'EMEC et la cité d'Incheon ont signé en août 2012 un mémoire d'entente (MOU) afin de fournir une assistance technique sur la conception, construction et opération de dispositifs hydroliens.

#### **Démonstration de technologies**

En 2011 le budget public (resp. privé) de démonstration technologique sur les EMR est d'environ 10,5M€ (resp. 4M€), sans compter la nouvelle usinamarémotrice de 254 MW à Sihwa.

Les entreprises de réseau impliquées dans des activités de R&D ou de démonstration sont:

Korea Water Resources Corporation (K-water)	Opération de la centrale marémotrice de Shihwa
Korea East-West Power Co., Ltd	Opération de l'usine pilote hydrolienne de Uldolmok
Korea Western Power Co., Ltd.	Etude de faisabilité sur le site hydrolien de Garorim
Korea Hydro and Nuclear Power Co., Ltd.	Etude de faisabilité sur le site de barrage marémoteur de Incheonman
Korea Midland Power Co., Ltd.	Etude de faisabilité sur le site de barrage marémoteur de Ganghwa
Hyundai Heavy Industry Co., Ltd.	Démonstration échelle 1 d'un équipement hydrolien de 1 MW
Korea Electric Power Corporation	Démonstration de prototype d'atténuateur avec colonne d'eau oscillante

## Projets opérationnels

Usine marémotrice de Sihwa	marémoteur	barrage	254 MW, 552 Gwh/an espérés	Depuis août 2011	Fonctionne uniquement à marée montante
----------------------------	------------	---------	----------------------------	------------------	--

## Nouveaux développements

Usine houlomotrice de Yongsoo (KORDI, MLTM)	Houlomoteur OWC (colonne d'eau oscillante)	Caisson, 15000t	500 kW	Essais depuis octobre 2011	
Jindo	houlomoteur		Turbine de Voith 110 kW	3 mois de fonctionnement en 2012	

## Fiche pays : Danemark

7,46 DKK=1€ (30/12/2012)

Prix de l'électricité pour l'industrie : 115,17\$/MWh, pour les ménages : 409,17\$/MWh (AIE2011)

### Introduction

Le Danemark a installé le premier parc éolien offshore en 1991, possédait, en juin 2011, 854 MW de puissance éolienne offshore installée et 868 MW en 2012 (3<sup>ème</sup> au monde après le Royaume Uni et l'Allemagne) sur quatre parcs à Horns Rev et Roedsand (un cinquième est en cours de construction). En 2013, la capacité éolienne offshore installée sera de 1268 MW. Le Danemark vise une production d'électricité nationale pour moitié éolienne en 2025. Le ministère danois de l'énergie et du climat a cependant le 6 novembre 2012 proposé de retarder à 2018 la production d'électricité des parcs éoliens offshore de Kriegers Flak (600 MW) et Horns Rev (400 MW).

Le Danemark disposait en 2011 de 250 kW de capacité installée houlomotrice, le potentiel théorique étant de 30 TWh/an. Il a deux fermes houlomotrices offshore raccordées en fonctionnement : WaveStar (110 kW) sur le site de test DanWEC, et une installation flottante de 170 kW incluant 3 éoliennes (33 kW). En 2011 deux nouveaux prototypes houlomoteurs ont été déployés : DEXAWAVE à Hantsholm et Crestwing à Kattega, tandis que les modèles de Wavestar et Wave Dragon testés à Nissum Bredning ont été enlevés.

Le Danemark a réussi la reconversion -souvent citée en modèle- du port d'Ejsberg à l'industrie éolienne offshore (installation et maintenance de parcs).

### Politique EMR

#### Stratégie et objectifs nationaux

Le Danemark ambitionne 100 % d'ENR dans les secteurs de l'énergie et des transports à l'horizon 2050. Les simulations projettent pour 2020 50 % de la consommation d'électricité fournie par l'éolien (contre 28 % en 2012 ce qui suppose une augmentation de capacité de 2 GW, dont 1,5GW d'éolien offshore), et plus de 35 % de l'énergie finale consommée issue des ENR.

Sur l'éolien offshore, les objectifs nationaux à l'horizon 2020 sont 1,3 GW d'éolien offshore et le Danemark a en 2012 868 MW installés (et 1268 MW prévus en 2013), répartis sur 12 parcs (Rødsand 2010 90 turbines, 207 MW; Horns Rev II, 2009, 91 turbines, 209 MW; Nysted, 2003, 72 turbines, 165 MW; Horns Rev I, 2002, 80 turbines, 160 MW...). Les permis sont délivrés par la DEA Danish Energy Agency (<http://www.ens.dk>).

Il est prévu en 2013 d'installer 400 MW à Anholt, six turbines de démonstration à Frederikshavn, et d'ici 2020 d'installer 400 MW à la ferme de Krieger Flak, 600 MW à Horns Rev III et 500 MW près des côtes.

Une nouvelle stratégie sur l'énergie des vagues a été initiée en 2011 devait être lancée à mi 2012. Il n'y a pas d'objectif danois d'énergie houlomotrice installée par manque de maturité. Energinet.dk a développé un outil excel pour calculer le coût de l'énergie en divers points de l'océan et cet outil devra être utilisé pour obtenir un financement. Le rapport *Energy Policy Report 2012* propose 25 M DKK de financement pour l'installation et la démonstration de projets houlomoteurs sur la période 2014-2015 (sur les 60 M DKK alloués aux énergies renouvelables de 2012 à 2015).

#### Soutiens, incitations et initiatives

Le conseil danois de recherche stratégique (DSF) finance 0,45M€ un réseau créé en 2011 pour améliorer la participation et l'accès danois aux financements européens en EMR, et dont les membres sont Offshore Center Denmark, LORC, université d'Aalborg, Risoe-DTU, et South Denmark EU Office..

Le site de test DanWEC se prépare à devenir un laboratoire vert pour le développement et les tests de composants houlomoteurs.

#### Législation et réglementation

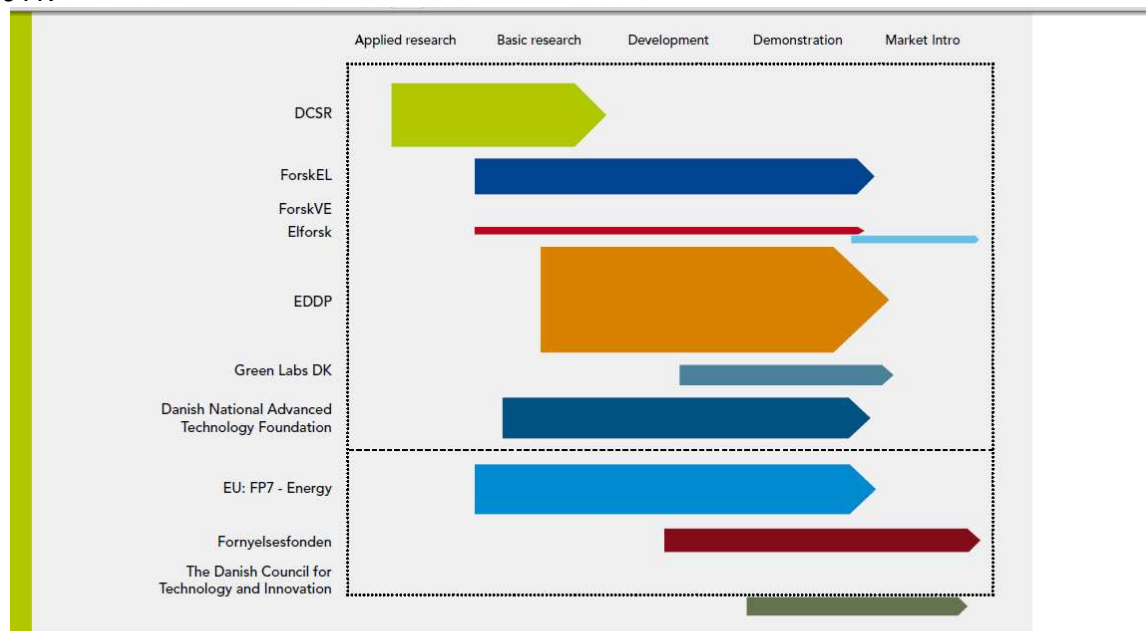
L'éolien offshore bénéficie depuis longtemps d'une politique volontariste avec tarifs d'achat, prise en charge du raccordement par les gestionnaires de réseau, une forte concertation (possibilité de participation individuelle au financement, concertation avec les pêcheurs) et des procédures simplifiées. La garantie de raccordement au réseau au Danemark contraste avec la situation suédoise.

L'installation de pilotes houlomoteurs requiert autorisation de l'agence de l'énergie (ENS), et l'autorisation de test temporaire sur un site est donnée si différents critères sont remplis dont une étude d'impact environnemental. De manière générale, la procédure d'autorisation tâche d'être confiée à une autorité unique, même si cela n'est pas toujours facile de maintenir la responsabilité unique au cours du déroulement du processus d'autorisation. Ainsi l'approbation des essais sur le prototype houlomoteur de Wave Dragon a duré un an et requis le consentement : des autorités côtières pour l'utilisation du territoire maritime avec prise en compte du site ; de l'étude d'impact environnemental non exigée initialement par l'ENS en raison du caractère de R&D du projet mais exigée par l'autorité locale en raison de la présence d'espèces d'oiseaux protégées ; de l'ENS pour la production d'électricité sur la base des procédures utilisées pour l'éolien offshore ; de l'ENS pour l'utilisation de câbles marins, avec approbation conditionnée par l'absence d'huile dans les câbles ; de l'opérateur local de distribution d'électricité pour établissement d'un point de connexion ; de l'autorité maritime danoise pour les questions de sécurité et de santé, sur la base des règlements relatifs aux fermes piscicoles offshore ; et des compagnies d'assurance, avec installation d'équipements anti-incendie spécifiques.

En matière de planification des espaces maritimes (MSP), le Danemark est encore peu avancé. Un groupe de travail a réfléchi à ce que peut être la pratique future du MSP (2010) et en 2007 23 projets pilotes de MSP, présélectionnés pour l'éolien offshore, existaient déjà.

### Principaux mécanismes de financement public

Les mécanismes sont variées et adaptés au stade d'avancement des travaux, et totalisent 150M€ en 2011.



Danish energy research programmes 2011 (Energi 2011)

## Recherche et Développement

### R&D financée par le gouvernement

En 2011 le budget public de R&D sur les EMR est estimé à 1,5M€.

Les acteurs institutionnels et universitaires de la R&D sont l'université d'Aalborg, le Danish Maritime Institute (DMI), le Danish Hydraulic Institute DHI, le Danish Technological Institute, la Danish Wave Energy Society.

Le DSF finance pour 3M€ sur 2010-2014 l'alliance de recherche Structural Design of Wave Energy Devices (SDWED) coordonnée par l'université d'Aalborg.



L'équipe Wavedragon a été financée par EUDP pour un démonstrateur d'1,5MW taille réelle au centre DanWEV à Hantsholm et est impliquée dans les projets européens Waveplam, Equimar, Wavetrain2.

Un modèle au 1/10 de colonne d'eau oscillante doit être installé par Leancon à Nissum Bredning au printemps 2012. La permission a été obtenue le 1<sup>er</sup> avril 2012.

ResenEnergy a reçu une subvention pour ForkEL PSO pour l'étude d'un flotteur pivotant actionné par levier (LOPF). qui sera testé sur le site d'AAU.

### **R&D financée par l'industrie**

Peu d'information semble disponible. L'essentiel de l'activité identifiée est liée à l'éolien, y compris offshore, mais classique. On peut noter récemment en 2012 que la société DHI a rejoint le consortium européen SI-OCEAN (Strategic initiative for Ocean Energy Development).

### **Participations à des projets internationaux**

Le Danemark est actif dans la préparation de normes au sein du TC 114 de l'IEC. UN groupe de travail (Université d'Aalborg, Dong Energy, Sterndorff Engineering, Ramboll) sous l'égide de la normalisation danoise participe à divers groupes internationaux.

Le Danemark est impliqué dans les projets européens Equimar, CORES, OREDCA, MARINET, AquaGEN, Wavetrain2.

Dans le domaine de l'éolien flottant, le Risø DTU National Laboratory for Sustainable Energy a entamé en octobre 2010 un projet de 4 ans appelé Deepwind, financé par le 7<sup>ème</sup> PCRD à hauteur de 3 M€, afin de créer et tester une turbine éolienne flottante à axe vertical de 20 MW. Les partenaires sont l'université technique de Delft (TUDELFT), l'université d'Aalborg, SINTEF, Statoil, et le NREL américain.

Le consortium SI Ocean (Strategic Initiative for Ocean Energy Development) a été créé le 23 juin 2012 afin d'aboutir à un consensus sur les moyens de surmonter les barrières et verrous de l'industrie houlomotrice et hydrolienne. Ses membres sont l'association européenne d'énergie des océans (EU-OEA), coordonnatrice, DHI, Carbon Trust, Renewable UK (le SER britannique), le Joint Research Centre de l'UE, le centre d'énergie des vagues.

### **Démonstration de technologies**

Les entreprises de réseau impliquées dans des activités de R&D ou de démonstration sont:

Dong	IEC-TC standards, ORECCA EU project
Thy mors	démonstration technologique

### **Projets opérationnels**

Wavestar Energy (<http://www.wavestarenergy.com>) fait fonctionner 2 absorbeurs ponctuels de 5m de diamètre au site de Hantsholm depuis plus de 2 ans pour une puissance théorique de 113 kW et en 2011 une puissance maximale atteinte de 39 kW. Son autorisation court jusqu'au 5 novembre 2013.

Floating Power Plan (<http://www.floatingpowerplant.com>) a testé en 2011 à Vindeby, Lolland, un prototype de sa plateforme Poseidon avec 140 kW d'énergie des vagues (113 kW réalisé) et 33 kW d'énergie éolienne et a créé en avril 2011 avec Bridgeworks Capital, l'entreprise américaine Floating Power Inc, pour commercialiser la plateforme. L'autorisation de test de Poseidon 37 courait jusqu'au 31 mars 2012.

DEXA Wave Energy (<http://www.dexawave.com>) a installé en 2011 un prototype au 1/5 sur le site DanWEC à Hantsholm (permission jusqu'au 1<sup>er</sup> août 2012) et doit développer à Malte trois convertisseurs houlomoteurs d'échelle un et de puissance 250 kW, puis 24 convertisseurs.

Le radeau articulé Crestwing (<http://www.waveenergyfyn.dk>) a été déployé en mer à l'échelle 1/5 au large de Frederikshavn (permission jusqu'au 1<sup>er</sup> juillet 2012).

### **Nouveaux développements**

L'entreprise Waveplane Inc., nouvellement créée, doit construire un modèle de 200 kW de concept houlomoteur WEPTOS (<http://www.weptos.com>).

## Fiche pays : Espagne

Prix de l'électricité pour l'industrie : 148,77\$/MWh, pour les ménages : 295,31\$/Mwh (AIE2011)

### Introduction

En 2011 la capacité installée en Espagne était de 296 kW houlomoteurs (plus 225 kW en cours d'installation).

L'année 2011 a été marquée par le déploiement de la première installation houlomotrice commerciale raccordée au réseau espagnol : l'installation à colonne d'eau oscillante du port de Mutriku, gérée par l'EVE (EVE - Ente Vasco de la Energia, agence de l'énergie basque), avec ses 16 turbines Voith Hydro Seagen de 18,5 kW totalisant 296 kW. 100 Mwh ont été produits lors de la phase de recette.

### Politique EMR

#### Stratégie et objectifs nationaux

Le plan national *énergies renouvelables 2011-2020* a été approuvé en novembre 2011, il vise 38 GW de capacité en énergies renouvelables en 2020 (dont 35 GW d'éolien) et inclut pour la première fois des objectifs spécifiques pour les EMR, à savoir 10 MW installés en 2016 (production 22 Gwh) et 100 MW d'hydrolien et de houlomoteur en 2020 (production 220 GWh), avec une production moyenne de 50 GWh sur la décennie et un pic de 220 GWh en 2020.

L'objectif 2020 pour l'éolien offshore est de 750 MW. Les étapes sont 150 MW en 2015, 500 MW en 2016 et 750 MW en 2020.

De 2011 à 2015, l'accent sera mis sur la fiabilité sans préoccupation de coût. Puis de 2016 à 2020, des prototypes de démonstration seront testés avec des objectifs de coût compris entre 21€ et 33€/MWh. La période de consolidation de 2021 à 2030 vise des coûts de production de 7 à 15€/MWh.

#### Soutiens, incitations et initiatives

Le plan national *énergies renouvelables 2011-2020* inclut une stratégie de R&D en vue de réduction des coûts et de fiabilité, un programme de démonstration de prototypes à petite échelle, une collaboration avec l'UE sur la fiabilité et les techniques d'installation, un cadre réglementaire avec un processus d'autorisation simplifié, des tarifs d'achat plus appropriés et adaptés aux EMR (ce qui n'est pas le cas actuellement), la planification d'infrastructures de réseau, des campagnes de communication pour faciliter l'acceptation et l'émergence du nouveau marché. Cependant les tarifs d'achat ont été suspendus début 2012 pour les nouvelles installations en raison de la crise économique.

Un zonage détaillé de la ressource houlomotrice a été réalisé, ce n'est pas le cas pour les autres EMR.

Il existe aussi un site d'essai en préparation, le BIMEP (Biscay Marine Energy Platform) pour les tests en mer de dispositifs houlomoteurs (5,2 km<sup>2</sup>, 20 MW de capacité, quatre emplacements connectés à 13,2 kV/5 MW). Le budget global est de 20 M€. Il doit être opérationnel en 2013.

#### Législation et réglementation

En matière de planification des espaces maritimes (MSP), l'Espagne a défini des zones dans lesquelles l'éolien est approprié ou pas, mais il n'y a pas d'approche intégrée même si certains projets actifs cherchent à appliquer localement cette planification. La ZEE n'est pas couverte par la démarche MSP espagnole.

Les études d'impact environnemental relatives à des projets de production d'EMR sont demandées au cas par cas par l'autorité pertinente (en général le ministère de l'environnement).

Deux décrets de 2007 régissent les EMR. L'un est relatif à la procédure administrative pour demander une autorisation de produire de l'énergie en mer, l'autre établit les mécanismes de tarifs d'achat. Ce cadre requiert des améliorations, notamment une simplification des procédures administratives, les soutiens à la R&D, des soutiens aux démonstrations et aux projets pré-commerciaux et des tarifs d'achat spécifiques aux EMR et plus incitatifs.

#### Principaux mécanismes de financement public

Tous les tarifs d'achat pour les nouvelles installations d'ENR sont suspendus depuis un décret royal du 27 janvier 2012, pour cause de crise économique.

## Recherche et Développement

### R&D financée par le gouvernement

En 2011, le budget public de R&D sur les EMR est d'environ 4,5M€.

Le projet le plus important, en Espagne et au monde par le budget de 30 M€ (dont 15 M€ publics) sur 4 ans, est Ocean Lider (cf. infra), avec une perspective intégrée (évaluation de ressource et site, développement de technologies y compris hybrides avec l'éolien, connexion, opération/maintenance, installation, impact environnemental).

CENIT-E Ocean Lider (Ocean Renewable Energy Leaders), le leader est Iberdrola	Iberdrola Ingeniería y Construcción leader, 20 entreprises dont Iberdrola, 24 centres de recherche	Général: potentiel, technologie, distribution... Par exemple absorbeur ponctuel houlomoteur de Norvento Enerxía	Houlomoteur, hydrolien, hybride avec éolien offshore	Depuis 2009; durée 40 mois	30 M€ dont 15M€ d'argent public
Projet FLOAT SOLUTIONS	Acciona Energia, Acciona Windpower, Tecnalia, General Cable, CENER, Vincinay Cadenas, Engineea		Éolien flottant	Avril 2011- Décembre 2012	2,3M€
FLOATING WINDTURBINE STRUCTURE: Specific elements that allow a floating wind turbine			Éolien flottant	Approbation septembre 2011 suite à l'appel espagnol INNPACTO	Complément à des domaines non financés par le projet HiPRWind du 7 <sup>ème</sup> PCRD
Floatgen	Gamesa, Alstom Wind, Acciona Wind Power (turbines) et Navantia, Blue H Technologies, Olav Olsen, Fraunhofer Institute, université de Stuttgart, Risk Environment, Green novate Europe		Éolien flottant	2012-2016	36,6 M€ dont 19,6 M€ de subvention du 7e PCRD

## R&D financée par les collectivités autonomes

On présente ici les projets en éolien flottant.

FLOTTEK	Gamesa leader, Iberdrola Ingeniería y Construcción, Lemona Industrial, Vincinay Cadenas, Ormazabal, ECN, Itsaskorda		Éolien flottant	Fini en 2012	4,4M€ dont 1,37 M€ de financement pays basque espagnol via programme ETORGAI
ZÈFIR	IREC, Gamesa leaders, Alstom Wind, Acciona Windpower partenaires	Station de test de turbines éoliennes offshore au large de Taragonne	Éolien flottant	Quatre éolienne posées (3km des côtes, 40m de profondeur) de capacité totale 20 MW maximum fin 2012; puis huit éoliennes flottantes (30 km des côtes, 110 m de profondeur) de capacité totale maximale 50 MW fin 2013; projet 2015-2020	Soumis au programme NER300 mais non retenu le 18 décembre 2012 Budget 80 M€

## R&D financée par l'industrie

En 2011 le budget privé de R&D sur les EMR est d'environ 8M€.

L'entreprise principale impliquée dans les EMR est Iberdrola, actuellement en pleine restructuration. Elle a revendu ses activités éoliennes terrestres en Allemagne, a annoncé le 31/12/2012, la vente de ses 32 parcs éoliens terrestres en France (321,4 MW) en cédant sa filiale Iberdrola Renovables France à un consortium détenu à 40 % par l'américain General Electric (équipementier majeur, par ses turbines, pour les parcs éoliens), 40 % l'allemand Munich Re, et 20 % EDF Énergies Nouvelles. Iberdrola conserve son activité offshore et ses parcs en cours de développement.

Cf. supra le projet CENIT-E Ocean Lider.

## Participations à des projets internationaux

European Energy Research Alliance (EERA) Ocean Energy Joint Program (JP)	UE, participation espagnole via Tecnalia (en charge, avec Fraunhofer IWES, du thème "déploiement et opération"				UE
MaRINET - Marine Renewables Infrastructure Network <a href="http://www.fp7-marinet.eu">www.fp7-marinet.eu</a>	leader UCC (Irlande)	Essais gratuits Sites d'essai, dont l'usine OWC d'EVE à Mutriku, le site de test BIMEP (Biscaye Marine Energy Platform) d'EVE, et le laboratoire d'essais électriques de déchargement de puissance (PTO) de Tecnalia		Avril 2011-mars 2015	7 <sup>ème</sup> PCRD
Plate-forme européenne MARINA Marine Renewable Integrated Application	Acciona Energia (Espagne) leader	EMR et éolien combinés		Janvier 2010-juillet 2014	7 <sup>ème</sup> PCRD

Platform <a href="http://www.marina-platform.info">www.marina-platform.info</a>				
TROPOS Modular Multi-use Deep Water Offshore Platform Harnessing and Servicing Mediterranean, Subtropical and Tropical Marine and Maritime Resource <a href="http://www.plocan.eu">http://www.plocan.eu</a>	Leader PLOCAN plate-forme océanique des îles Canaries	Plate-forme océanique multi-usage	Février 2012-janvier 2015	7 <sup>ème</sup> PCRD
H2Ocean, Development of wind-wave power open-sea platform equipped for hydrogen generation with support of multiple users of energy <a href="http://www.h2ocean-project.eu">http://www.h2ocean-project.eu</a>	Leader AWS Truepower (Espagne)	Houlomoteur et éolien combiné, génération d'hydrogène	Janvier 2012-décembre 2014	7 <sup>ème</sup> PCRD
WAVETRAIN 2 – initial training network in wave energy research professionals <a href="http://www.wavetrain2.eu">http://www.wavetrain2.eu</a>	Leader WaveEC (Portugal)	Réseau Marie Curie de formation initiale en énergie des vagues	Octobre 2008-juillet 2012	7 <sup>ème</sup> PCRD

Outre ces projets internationaux essentiellement tournés sur les plates-formes hybrides et financés par le 7<sup>ème</sup> PCRD, l'Espagne est aussi active au sein de l'EU-OEA (2 membres au CA du European Ocean Energy Association), de l'EERA-Ocean (membre de l'Ocean Renewable Energy Groupe de l'European Energy Research Alliance), du comité de normalisation IEC/TC114, et de l'OES de l'AIE depuis 2008.

### Démonstration de technologies

En 2011 le budget public de démonstration technologique sur les EMR est d'environ 2M€. Les entreprises de réseau impliquées dans des activités de R&D ou de démonstration sont:

IBERDROLA	R&D, démonstration technologique et développement de projet.
FCCE	Démonstration technologique

### Projets opérationnels

Biscay Marine Energy Platform – bimep	Armintza, Pays-basque espagnol, Espagne	20 MW Annoncé opérationnel fin 2012, reporté à 2013	houlomoteur	20 M€ d'investissement
Oceanic Platform of the Canary Islands (PLOCAN)	Plocan, Gran Canaria (Canaries), Espagne	Site de test 10 MW initialement prévu, connexion fin 2013, 50 MW en 2020	Houlomoteur, éolien offshore principalement	Cofinancé Espagne/Canaries
Projet WELCOME (Wave energy lift converter multiple España) <a href="http://www.piposyst.com">http://www.piposyst.com</a>	PLOCAN, Canaries, Espagne	Test au PLOCAN, Installé en avril 2011 à 4 miles du port de Las Palmas	Houlomoteur, échelle 1/5	Financement ministère espagnol de la science et de l'innovation



<a href="http://ems.com/EN/welcome.php">ems.com/EN/welcome.php</a> , système PIPO				
Projet UNDIGEN, de WEDGE Global S.L.	PLOCAN, Canaries, Espagne	Test au PLOCAN initialement prévu en octobre 2012	Houlomoteur et solution électrique sans raccordement, 150 kW	
Installation houlomotrice commerciale de Mutriku (pour mémoire)	Port de Mutriku, pays Basque espagnol	Depuis juillet 2011	Houlomoteur, 296 kW, 16 turbines Voith Hydro Seagen de 18,7 kW chacune, 200 Mwh/an, devant évoluer vers 600 Mwh/an en mode automatique	Commercial, EVE Investissement 2,3M€

### Nouveaux développements

Seapower - Abencis	Méditerranée	2011 en méditerranée (échelle 1/4); démonstration en Atlantique échelle un prévue en 2012	Houlomoteur, pompe marine échelle 1/4	
Projet WAVEPORT, par OPT Tech	Santoña, Espagne	Prévu 2012	Houlomoteur, PB40, 40 kW : Plate-forme ouverte de 1,5MW, sous-station	Ocean Power Technologies, Degima SA, Université d'Exeter, UK Intelligent Systems Research Institute, Fugro Oceanor, Wave Energy Centre (WavEC)
(J+B)2B-GM Renouvelables	Galicie	Juillet 2011	Houlomoteur, 300 kW	

## Fiche pays : États-Unis d'Amérique

1,32\$= 1€ (30/12/2012)

Prix de l'électricité pour l'industrie : 69,57\$/MWh, pour les ménages : 117,84\$/Mwh (AIE2011)

Les États-Unis n'ont toujours pas développé d'éoliennes en mer, en attente d'un projet de construction d'un réseau électrique offshore au large de la côte est, ou parfois en raison de difficultés locales (cf. l'espagnol Gamesa quittant Cape Charles en Virginie en mai 2012 faute de soutien, pour aller installer son éolienne de 5 MW à Arinaga en Grandes Canaries, probablement en 2013-2014). C'est aussi en raison de très nombreuses difficultés réglementaires superposées - même si par exemple en 2011, après des années d'attente et l'intervention de 17 agences fédérales ou locales, le projet d'EMI (Energy Management Inc.) à Cape Wind au large des côtes du Massachussetts (130 éoliennes, 468 MW) a bouclé toutes les autorisations requises, a pu passer à la phase de sécurisation financière et doit créer 1000 emplois nouveaux.

En 2011 ont eu lieu des essais en mer d'hydroliennes et de dispositifs houlomoteurs. La capacité, en cours d'installation, était de 60 kW en hydrolien et de 150 kW en houlomoteur. Le potentiel houlomoteur théorique est de 2100 TWh/an.

L'année 2012 doit développer encore l'activité. Le Wind Program du DoE a par exemple annoncé un soutien à trois fermes d'éoliennes flottantes en décembre 2012.

## Politique EMR

### Stratégie et objectifs nationaux

Le programme fédéral « Water Power » du DOE (Department of Energy) couvre les EMR depuis la recherche jusqu'à la démonstration et a actuellement en portefeuille 73 projets EMR pour un montant de 87,2 M\$, y compris amortissements. 87 % du financement va au développement de technologies, 25 % aux sites d'essai (intersection non vide). Il existe aussi un programme fédéral "Wind" qui finance de l'éolien, y compris flottant (voir supra et infra).

Il existe également une feuille de route *Ocean Renewable Energy Coalition 2011. US Marine and Hydrokinetic Renewable Energy Roadmap* de l'association regroupant les industriels du secteur des EMR

### Soutiens, incitations et initiatives

Les États-Unis reconnaissent l'importance d'incitations comme les tarifs d'achats adaptés. Les dispositifs financiers incitatifs fédéraux en matière d'énergie sont :

Clean Renewable Energy Bonds (CREBs)	obligations renouvelables
Qualified Energy Conservation Bonds (QECBs)	obligation maîtrise de l'énergie
Renewable Electricity Production Tax Credit (PTC)	crédit d'impôt pour production d'électricité renouvelable
Renewable Energy Production Incentive (REPI)	incitation à la production d'énergie renouvelable
U.S. Department of Energy - Loan Guarantee Program	garantie de prêts
U.S. Department of Treasury - Renewable Energy Grants	bourses énergies renouvelables
USDA - Rural Energy for America Program (REAP) Grants	bourses énergie en milieu rural
USDA - Rural Energy for America Program (REAP) Loan Guarantees	garanties de prêt énergie en milieu rural

Les dispositifs financiers incitatifs des États sont sur le site <http://www.dsireusa.org/>

Le soutien gouvernemental est essentiellement le fait du DOE. La situation politique aux États-Unis rend difficile la mise en place de législation pour les énergies renouvelables ou le changement climatique...

Un état des lieux de la ressource hydrolienne et houlomotrice a été effectué et est librement accessible dans

Tidal energy resource assessment report:

<http://www1.eere.energy.gov/water/pdfs/1023527.pdf>

Tidal energy map: <http://www.tidalstreampower.gatech.edu>

Wave resource assessment report: <http://my.epri.com>

Wave energy map: [http://maps.nrel.gov/mhk\\_atlas](http://maps.nrel.gov/mhk_atlas)

### **Législation et réglementation**

Le National Ocean Council a été créé en 2010 avec l'adoption d'une politique nationale de la mer, dont la feuille de route est en cours d'élaboration via, entre autres, des ateliers de « Coastal and Marine Spatial Planning (CMSP) ». Le 1<sup>er</sup> octobre 2011 a été créé le Bureau de gestion des énergies marines (BOEM) à partir de l'ancien BOEMRE autrefois aussi responsable des réglementations.

Le paysage légal et réglementaire aux États-Unis est complexe.

A priori l'État fédéral a la responsabilité de l'évaluation environnementale si un projet empiète sur un habitat d'espèce en danger, en cas de transmission d'électricité inter-états, et pour l'approbation des tarifs de gros de l'électricité ; l'État ("state") a juridiction sur l'étude d'impact environnemental, le lieu d'implantation (quand ce n'est pas une autorité locale qui a le pouvoir réglementaire en matière d'implantation), la sécurité (construction et maintenance) et l'installation de câbles de transmission.

La Federal Energy Regulatory Commission (FERC), sous couvert du Federal Power Act, a étendu son autorité de l'hydroélectricité aux EMR. Pour une ferme pilote par exemple, un développeur doit obtenir l'autorisation de la FERC pour faire fonctionner ses unités, que le site soit en zone sous juridiction d'État (trois miles nautiques depuis la côte au nom du Submerged Land Act, dix en Floride et au Texas) ou sous juridiction fédérale (au-delà). Trois types de permis existent pour les projets de fermes pilotes : *preliminary permits* (exploration et investigation pendant trois ans, après examen strict des candidatures pour éviter le *site banking*, avec un délai minimum de 60 jours pouvant se prolonger des années, et l'impossibilité de déployer un appareil de production), *Verdant Orders* (test pendant une durée limitée d'une technologie expérimentale, sans déplacement ou transmission d'électricité sur le réseau national : cela permet d'éviter la procédure complète mais laisse assujetti aux autres autorisations locales, municipales, tribales ainsi qu'aux prescriptions du *Clean Water Act*, *Endangered Species Act* et autres et, enfin, *pilot project license*, la procédure complète de la FERC pour un pilote, valide pour des installations de puissance inférieure à 5 MW et permettant de fournir de l'électricité au réseau. Cette licence est soumise à de nombreuses contraintes et l'obligation d'obtenir les autorisations environnementales, locales, municipales, de l'army corps of engineers, des pêches, etc. Jusqu'à 140 lois fédérales ou d'État peuvent être concernées. En pratique et paradoxalement la demande de la licence normale *project licence policy*, qui doit être déposée pour cinq ans avec la génération d'électricité, est déposée en même temps que la demande de licence pour le pilote, dont l'approbation requiert souvent plus d'un an.

### **Principaux mécanismes de financement public**

Les annonces à opportunité de financement (FOA) sont le mécanisme usuel. Il n'y en a pas eu pour les EMR en 2011. Quelques financements ont été alloués au titre du *Small Business Innovation Research* (SBIR) et *Small Business Technology Transfer* (STTR).

## **Recherche et Développement**

### **R&D financée par le gouvernement**

En 2011 le budget public de R&D sur les EMR est d'environ 4,4M€.

Les principaux instruments sont les programmes « énergie du vent » et « énergie de l'eau » du DOE. Le but est d'améliorer la performance et de réduire les coûts. La mesure TRTI (*technology readiness level*) est utilisée pour le classement des projets, les niveaux 1 à 4 étant du ressort de la R&D et 5 à 8 du ressort de la démonstration technologique. Le DOE est aussi impliqué dans le

développement de modèles de référence (technologie et coût) pour trois technologies (houlomoteur, hydrolien courant des marées, hydrolien courant des rivières), les modèles hydroliens étant mûrs pour dissémination et le modèle houlomoteur requérant encore du travail avant d'être diffusé (date prévue en 2012). Le NREL développe aussi des outils de simulation pour l'éolien flottant.

Le soutien aux développements et essais prend la forme de subventions (bourses: 17 M\$ en 2011) partageant les coûts, les bénéficiaires devant trouver un complément à hauteur de 20-50 % du financement fédéral (donc 57M\$ en 2011). 31 % des projets financés sont TRL 1 à 3, 25 % TRL 4, 33 % TRL 5 à 6, 11 % TRL 7 à 8. 100 entreprises basées aux États-Unis travaillent sur ce secteur.

### R&D financée par l'industrie

Cf. infra.

En 2011 le budget privé de R&D sur les EMR venant en abondement de financements du DOE est d'environ 2,2M€.

### Participations à des projets internationaux

Le DOE a été actif au sein du *implementing agreement OES (ocean energy systems)* de l'AIE pour la mise en place d'une annexe dévolue à l'échange et au partage international des données.

Le DOE soutient un programme irlandais de bourses pour étudiants internationaux envoyant des étudiants américains sur des sites européens actifs en EMR. Il collabore avec le DFO canadien (ministère des pêches et de la mer) sur le potentiel et les impacts environnementaux des EMR.

L'EMEC et le Pacific Marine Energy Centre, Oregon, USA ont signé un mémoire d'entente (MOU).

### Démonstration de technologies

#### Projets opérationnels

Free Flow Power, ( <a href="http://free-flow-power.com">http://free-flow-power.com</a> )	Bâton Rouge, Louisiane	Turbine hydrolienne dans le Mississippi	20 juin 2011
Columbian Power Technologies ( <a href="http://www.columbiapwr.com">http://www.columbiapwr.com</a> )	Puget Sound, État de Washington	Prototype houlomoteur SeaRay	15 février 2011

Le DOE finance aussi des sites d'essais, qui représentent 25% du financement aux EMR « hydrocinétiques marines ».

Northwest National Marine Renewable Energy Center (NNMREC) ( <a href="http://nnmrec.oregonstate.edu">http://nnmrec.oregonstate.edu</a> )	Partenariat entre université d'état de l'Oregon (OSU) et l'université de Washington (UW)	Houlomoteur et hydrolien	
Southeast National Marine Renewable Energy Center (SNMREC) ( <a href="http://snmrec.fau.edu">http://snmrec.fau.edu</a> )	Florida Atlantic University	Hydrolien pleine mer	
Hawaii National Marine Renewable Energy Center (HINMRE)- ( <a href="http://hinmrec.hawaii.edu">http://hinmrec.hawaii.edu</a> )		Houlomoteur et ETM	

Les Etats-Unis et la Norvège collaborent avec l'entreprise norvégienne SWAY AS afin de collecter et analyser les données d'un prototype d'éolienne flottante à l'échelle 1/5 déployé en Norvège.

Les Etats-Unis et le Portugal travaillent aussi sur l'évaluation du projet de démonstration de 2 MW portugais WindFloat (sélectionné en décembre 2012 par le programme européen NER300).

## Nouveaux développements

PB150 deployment and ocean test project, DOE	Ocean Power Technology (OPT) ( <a href="http://www.oceanpowertechnologies.com">http://www.oceanpowertechnologies.com</a> )	Houlomoteur 150 kW, prélude à une ferme de 1,5MW dans les eaux de l'Oregon	Déploiement prévu en 2012
	Ocean Renewable Power Company (ORPC) ( <a href="http://www.oceanrenewablepower.com">http://www.oceanrenewablepower.com</a> )	Développement de ferme d'hydroliennes	Installation prévue en 2012
Public Utility District No.1 of Snohomish County (Everett, Washington) ( <a href="http://www.snopud.com">http://www.snopud.com</a> )	Open Hydro Group Ltd	Deux hydroliennes dans le Puget Sound	
Ferme pilote Hywind (suite du pilote Hywind, turbine Siemens, installé en 2009 en Norvège) par Statoil à Boothbay harbor	Financement DoE (Wind Program)	Quatre éoliennes flottantes Hywind de 3 MW au large des côtes du Maine	Annonce décembre 2012; Montant de l'aide (max 4M\$) et date à l'étude
Ferme d'éoliennes sur 5 plates-formes flottantes semi-submersible à Coos Bay, Oregon	Financement DoE (Wind Program)	5 Turbines de 6 MW	Annonce décembre 2012; Montant de l'aide (max 4M\$) et date à l'étude
Université du Maine, ferme pilote éolien flottant à fondation semi submersible à Monhegan Island	Financement DoE (Wind Program)	2 turbines de 6 MW	Annonce décembre 2012; Montant de l'aide (max 4M\$) et date à l'étude

En avril 2012, le Royaume-Uni et les États-Unis ont annoncé une collaboration et signé un mémoire d'entente alias memorandum of understanding (MOU) sur le développement d'éoliennes flottantes.

## **Fiche pays : Finlande**

En 2011 la Finlande disposait de 25 MW d'éolien offshore installé.  
C'est un acteur important dans le domaine de la technologie houlomotrice.

### **Politique EMR**

#### **Stratégie et objectifs nationaux**

La stratégie nationale de production d'énergie renouvelable est de 900 MW installés, essentiellement de l'éolien offshore.

#### **Principaux mécanismes de financement public**

Le financement se fait notamment par le TEKES, l'agence finlandaise de financement pour la technologie et l'innovation.

### **Recherche et Développement**

#### **R&D financée par le gouvernement**

Cf. supra.

#### **R&D financée par l'industrie**

L'entreprise AW-Energy Oy développe le concept houlomoteur « Waveroller », dont un test de 3x100 kW a été déployé en août 2012 à Peniche au Portugal. Elle a obtenu en septembre 2012 un financement de Tekes et de deux de ses copropriétaires Fortum (plus grande entreprise de réseau du pays) et Sitra (fond d'innovation) à hauteur de 7,3M€ pour développer la prochaine génération de waveroller (500 kW).

L'entreprise finlandaise Wello Oy développe quant à elle le concept houlomoteur « Penguin ».

#### **Participations à des projets internationaux**

Un accord a été signé début 2013 avec le Chili pour promouvoir la coopération dans le domaine de l'énergie, avec un projet de Waveroller sur les côtes chiliennes.



## Fiche pays : Inde

### Introduction

L'Inde a 7500 km de côtes à potentiel moyen de 5 à 10 kW/m et un potentiel houlomoteur théorique de 175 TWh/an. Elle a pu effectuer des démonstrations de prototypes houlomoteurs (colonne d'eau oscillante) de 6 à 75 kW.

Une ressource ETM existe aussi (440 TWh/an théorique) mais, par le passé, l'Inde a échoué à l'exploiter lors d'un essai infructueux du NIOT (National Institute of Ocean Technology) avec une installation de 500 kW au large du Tamil Nadu.

Le potentiel hydrolien/marémoteur théorique est de 88 Twh/an, avec des sites hydroliens à fort potentiel.

L'Inde dispose aussi d'une ressource éolienne offshore considérable.

C'est un acteur industriel, de par son turbinier Suzlon.

### Politique EMR

#### Stratégie et objectifs nationaux

Le Ministère pour les énergies nouvelles et renouvelables (MNRE) soutient l'énergie des marées, le Ministère des sciences de la terre, via son National Institute of Ocean Technology (NIOT) soutient l' houlomoteur et l'ETM. Le MNRE est responsable de la politique en matière d'énergies renouvelables. Mais la stratégie et le cadre incitatif manquent. Une politique incitative est attendue, notamment dans le marémoteur.

Sur l'éolien offshore, un rapport du 10 décembre 2011 identifie les sites de Raweshwaram, Kayakumari, Kerala-Konkan, Gujarat comme propices. Un comité directeur sur l'énergie éolienne a été établi et a rendu en septembre 2011 un rapport recommandant l'établissement d'une autorité nationale pour l'éolien offshore responsable de l'attribution des licences de parc.

### Recherche et Développement

#### R&D financée par le gouvernement

Les acteurs universitaires et institutionnels en EMR sont: le National Institute of Ocean Technology, l'Indian Institute of Technology, le Ministère des sciences de la terre, la West Bengal Renewable Energy Development Agency.

#### R&D financée par l'industrie

Un développeur indien en EMR est Indian Wave Energy et son équipement IWAVE.

#### Participations à des projets internationaux

En éolien offshore le MNRE travaille sur un projet de l'indien Suzlon avec le Danemark et le Royaume-Uni.

### Démonstration de technologies

#### Projets opérationnels

Divers systèmes houlomoteurs sont installés, notamment depuis 1983 un système de colonne d'eau oscillante (OWC) de 150 kW dans le Kerala, avec une puissance comprise entre 25 kW et 75 kW. Mais l'énergie de vagues n'est pas considérée comme commercialement viable en Inde.

#### Nouveaux développements

La première installation marémotrice indienne de démonstration est prochainement installée pour la West Bengal Energy Development Agency (WBREDA) par la National Hydro Power Corporation Ltd (NHPC) à Durgaduani Creek au Bengale occidental, avec une puissance de 3,75 MW. D'autres projets d'exploitation de l'énergie des marées ont été discutés depuis longtemps dans les golfes de Kutch (7 GW), où l'amplitude des marées peut atteindre huit mètres et la vitesse cinq noeuds, et à Khambat en Kalpasar (9 GW).

En janvier 2011, un mémoire d'entente (memorandum of understanding, ou MOU) a été signé entre l'État du Gujarat et les entreprises Gujarat Power Corporation (GPCL), Vadodara, le

britannique M/S Atlantis ressource Corporation et le singapourien Perfect Mining Energy Solutions pour une installation hydrolienne 250 MW dans le golfe de Kutch. Un amendement de mai 2011 a ajouté un projet marémoteur de 50 MW à Mandavi dans le même district. Une autorisation de régulation de la zone côtière est attendue du Ministère de l'environnement, après quoi le travail pourra commencer.

Kutch	GPCL, Vadodara, Atlantis ressource Corporation, Perfect Mining Energy Solutions	Hydrolien	250 MW	MOU Signé en janvier 2011, en attente d'autorisation imminente fin 2012
Mandavi, district Kutch	GPCL	marémoteur	50 MW	MOU mai 2011, 1e phase entreprise
Crique de Durgaduani, Sunderbans, Bengale Occidental	WBREDA, NHPC	marémoteur	3,5 MW	Approuvé, opérationnel en 2013?

## Fiche pays : Irlande

Prix de l'électricité pour l'industrie : 152,39\$/MWh, pour les ménages : 259,47\$/Mwh (AIE2011)

### Introduction

L'Irlande possède une des meilleurs ressources éoliennes (190 TWh/an théorique, 21 TWh/an extractible) et houlomotrice (230 TWh/an théorique, 2,6 TWh/an extractible dont 0,9 TWh/an économiquement).

Un premier parc de sept éoliennes en mer a été installé en 2004. La capacité installée d'éolien offshore est de 25 MW (Arklow Bank) avec des appels d'offres pour 486 MW.

Une stratégie pour les EMR a été lancée en 2006. L'autorité irlandaise de l'énergie durable (SEAI, Sustainable Energy Authority Ireland, <http://www.seai.ie>) a créé en 2008 en son sein une unité de développement des énergies marines (Ocean Energy Development Unit, OEDU).

### Politique EMR

#### Stratégie et objectifs nationaux

Le OEDU conduit un programme en quatre phases : développement de 2006 à 2008, équipement unique pré-commercial de 2008 à 2012, puis ferme de 10 MW pré-commerciale, et enfin déploiement commercial.

Parallèlement et conformément à la directive 2009/28/EC, l'Irlande via son ministère des communications, énergie et ressources naturelles (Department of communications, energy and natural resources <http://www.dcenr.gov.ie>) a publié en 2010 un plan national pour les ENR (NREAP national renewable energy action plan) qui propose pour 2020 un objectif de 555 MW d'éolien offshore soit 1742 GWh/an, 75 MW venant de l'énergie des vagues et des marées, soit 230 GWh/an (mais 500 MW houlomoteurs sont proposés par <http://www.energyireland.ie/prioritising-renewable-energy-2>), et aussi 500 MW d'EMR connectée en 2020. Le décollage de la capacité EMR se fera en 2017 avec 13 MW, puis 25 MW en 2018, 38 MW en 2019 et 75 MW en 2020. Un scénario non modélisé mais plus optimiste et basé sur un développement de l'export d'ENR arrive, en 2020, à une capacité installée de 500 MW d'EMR plus 2,4GW d'éolien offshore...

Un plan de développement des ERM (OREDP offshore renewable energy development plan) élaboré par le ministère des communications, énergie et ressources naturelles (DCENR), propose des scénarios à l'horizon 2030, dont le plus optimiste vise 4,5 GW d'éolien offshore et 1,5GW d'énergie des vagues et des marées..

L'Irlande examine pour 2012 les retombées possibles du recours aux mécanismes de coopération de la directive.

Une feuille de route spécifique sur les énergies marines à horizon 2050 (*Ocean energy roadmap to 2050*) a aussi été publiée en 2010 par le SEAI. Elle présente un potentiel de 29 GW exploitables sans impact significatif sur l'environnement (12,5 à 13,6 GW houlomoteur en mer profonde de 10 à 100 m, 15 à 17,5 GW en mer profonde de plus de 100m, 1,5 à 3 GW en hydrolien), avec 70000 emplois créés, 12 G€ de retombées économiques cumulées d'ici 2030 et 120 G€ d'ici 2050 et un renforcement de la sécurité énergétique nationale.

Une feuille de route pour l'éolien à horizon 2050 (*wind energy roadmap to 2050*) vise, elle, 30 GW d'éolien offshore en 2050,

De plus l'Irlande collabore avec le Royaume-Uni : un accord a été signé en juin 2011 et porte sur l'exploitation des EMR en Mer d'Irlande et dans la Manche, ainsi que sur l'interconnexion des réseaux.

#### Soutiens, incitations et initiatives

En 2009 le gouvernement a annoncé des tarifs de rachat de 220 €/MWh pour le houlomoteur et l'énergie des marées, tarifs apparemment non encore activés. Un document stratégique de mai 2012 (*Renewable energy strategy 2012-2020*) publié par le DCENR propose d'étendre le tarif d'achat des énergies renouvelables (RE-FIT *Renewable Energy feed in tariff*) classiques aux nouvelles énergies renouvelables. Une structuration du dispositif général est demandée par l'industrie.

## Législation et réglementation

En matière de planification des espaces maritimes (MSP), l'Irlande est encore peu avancée. Les lois côtières de 1933 à 2009 s'appliquent de la ligne des hautes eaux à la limite de 12 milles nautiques (eaux territoriales). Le plan de développement des EMR (*OREDPA offshore renewable energy development plan*), élaboré par le ministère des communications, énergie et ressources naturelles (DCENR), est un élément sectoriel de la MSP irlandaise et inclut un certain nombre de zones dévolues à l'éolien seul, ou à l'éolien et au houlomoteur ensemble, ou au houlomoteur et à l'hydrolien ensemble. Il s'étend aussi à la ZEE.

En 2010 le ministère de l'environnement, communauté et gouvernement local (DECLG department of environment community and local government, <http://www.environ.ie>) a entrepris de moderniser les processus d'autorisation de développement côtier en les unifiant et en réduisant l'incertitude sur les périodes d'autorisation, une loi a été proposée en 2012. Le DECLG vise aussi à favoriser des concessions ciblées et agréées par les parties prenantes.

En 2011 ont été publiés deux documents, "Assessment of Ports and Shipping Requirements for the Marine Renewable Industry Sector" et "Industrial Development Potential of Offshore Wind in Ireland"

Cf. [http://www.seai.ie/Renewables/Ocean\\_Energy/Ocean\\_Energy\\_Information\\_Research/Ocean\\_Energy\\_Publications/](http://www.seai.ie/Renewables/Ocean_Energy/Ocean_Energy_Information_Research/Ocean_Energy_Publications/)

## Principaux mécanismes de financement public

L'OEDU administre le *prototype development fund* pour la R&D et les essais de composants et systèmes EMR, le suivi; l'intégration dans le réseau, etc.

## Recherche et Développement

### R&D financée par le gouvernement

En 2011, le budget public de R&D sur les EMR est d'environ 5,5M€.

Les acteurs universitaires et institutionnels en EMR sont notamment l'Electricity Research Center (ERC), le Ministère des communications, de l'énergie et des ressources naturelles, le Marine Institute, Sustainable Energy Ireland (agence nationale de l'énergie), l'université de Limerick et l'university college de Cork.

Galway Bay Quarter Scale Test Site	Galway Bay	Galway Bay	Test échelle 1/4	SEAI	houlomoteur
SmartBay Project	Pilot	Galway Bay	Plate-forme de R&D, essai et démonstration – test échelle 1/4	EPA Environmental Protection Agency, Marine Institute	
Arnagh Bellmullet	Head,	Comté Mayo	Site de test échelle un connecté au réseau, trois connexions prévues	OEDU	houlomoteur
Hydraulics and Marine Research Center (HMRC)			Site national d'essai?	University college Cork (UCC)	
			Turbines à air pour OWC colonnes d'eau oscillante	Université de Limerick	
Electricity Research Center			Raccordement éolien au réseau, houlomoteur	University college Dublin	
Department of electronic engineering	of		Hydrodynamique, énergie des vagues	National University of Ireland, Maynooth,	

## R&D financée par l'industrie

En 2011 le budget privé de R&D sur les EMR est d'environ 5,5M€.

Parmi les développeurs actifs en EMR on peut citer Ocean Energy Ltd et sa bouée Ocean Energy OWC testée en mer, Wavebob Limited et son Wavebob testé en mer, Hydam Technology, Jospa Ltd et Joules Energy Efficiency Services.

## Participations à des projets internationaux

MaRINET Marine Renewables Infrastructure Network for Energy Technologies, <a href="http://www.fp7-marinet.eu">http://www.fp7-marinet.eu</a>	Réseau de centres de recherche; offre gratuite d'accès à 42 sites de test de 28 partenaires dans 11 pays de l'UE plus le Brésil	28 partenaires dont coordonnateur UCC, SEAI, QUB	7 <sup>ème</sup> PCRD	9M€	2012-2015 Quatre appels à demande d'accès au moins
CORES New Components for Ocean Renewable Energy Systems	Démonstration en mer de systèmes, composants et méthodes	13 partenaires dont coordonnateur UCC	7 <sup>ème</sup> PCRD	3,5M€	
MARINA	Éolien houlomoteur combinés et	17 partenaires dont UCC	7 <sup>ème</sup> PCRD	10 M€	
ORECCA - Off-shore Renewable Energy Conversion platforms	Action de coordination	UCC partenaire	7 <sup>ème</sup> PCRD		
SOWFIA Streamlining Ocean Wave Farms Impact Assessment	Impacts environnementaux et sociaux des fermes houlomotrices		Projet EACI IEE de l'UE		
EQUIMAR Equitable Testing of Marine Renewables.	Développement de normes, lignes directrices et protocoles	UC partenaire	7 <sup>ème</sup> PCRD		Alimente l'OES de l'AIE (agence internationale de l'énergie) et le comité technique IEC TC 114
IEC TC 114	Développement de normes				
International Smart Ocean Graduate Education Initiative	Formation doctorale				

## Démonstration de technologies

Les entreprises de réseau impliquées dans les activités de R&D et de démonstration sont:

Electricity Supply Board (ESB)	Par sa filiale ESBI, ESB conduit un programme visant à soutenir les EMR dans son mix énergétique et est partenaire leader dans le développement du projet de démonstration houlomotrice Westwave de 5MW (sélectionné en décembre 2012 par le programme NER300 de l'UE pour financement équivalent à 19,8M€). ESB est aussi partenaire de l'installation d'essais en pleine mer AMETS.
Bord Gais Eireann (BGE)	BGE a investi diverses technologies houlomotrices et fournit un soutien technique et d'ingénierie.

## Projets opérationnels

OE Buoy	Galway Bay	Ocean Energy Ltd, colonne d'eau oscillante, boîte à outil de simulation		HMRC et 13 partenaires au sein du projet CORES	Houlomoteur Test trois mois en mer en 2011	
---------	------------	---	--	--	--	--

## Nouveaux développements

National Ocean Test Facility (HMRC Hydraulic and Maritime Research Centre) au sein du Irish Maritime and Energy Research Cluster. (IMERC)	UCC, University College Cork			DCENR, IDA, PRTL, SEAIOEDU, UCC et Bord Gais	Site d'essais	16,5M€
WestWave		Développeurs irlandais Wavebob, Ocean Energy; développeurs écossais Aquamarine Power, Pelamis Wave Power	5 MW	ESB International et divers irlandais (Wavebob, Ocean Energy), écossais (Aquamarine Power, Pelamis Wave Power)	Houlomoteur 1 <sup>er</sup> projet irlandais prévu en 2015	Financement NER300 obtenu le 18/12/2012 équivalent à 19,8M€ de décembre 2015 à décembre 2020.



## Fiche pays : Italie

Prix de l'électricité pour l'industrie : 279,31\$/MWh, pour les ménages : 278,88\$/Mwh (AIE2011)

### Politique EMR

#### Stratégie et objectifs nationaux

Les objectifs de la stratégie nationale en matière d'énergies renouvelables en 2020 sont 660 MW d'éolien offshore et 3 MW de houlomoteur et hydrolien.

#### Soutiens, incitations et initiatives

Un système de certificats verts est en place, chaque producteur/importateur recevant des certificats pour 15 ans et étant tenu de justifier d'une part minimale d'énergie renouvelable. L'autorité gestionnaire des services électriques (GSE) vend les certificats verts EMR (les plus avantageux car les technologies sont les moins mûres) à 113,1€/MWh et les achète à 87,38€/MWh, TVA non incluse.

Depuis 2009, les installations de moins de 1MW peuvent opter, à la place des certificats verts, pour un tarif d'achat et ont donc le choix entre 1,80 certificat /MWh ou 340€/MWh pour le houlomoteur ou l'hydrolien, et 1,5 certificat/MWh ou 300€/MWh pour l'éolien offshore (moins de 200 kW). Pour mémoire le prix du marché de l'électricité en 2010 était de 64€/MWh.

Le système des certificats verts doit être remplacé en 2013 par un tarif d'achat de 1kW à 1 MW, une prime glissante au tarif d'achat de 1MW à 5MW et des incitations déterminées par appel d'offre au dessus de 5 MW.

#### Législation et réglementation

En matière de planification des espaces maritimes (MSP), l'Italie est peu avancée et il n'y a pas d'approche intégrée même si certains projets actifs cherchent à appliquer localement cette planification.

Depuis 2001, en vertu du décret législatif 79/99, les producteurs et importateurs d'énergie (plus de 100 Gwh) doivent avoir une part minimale d'énergie renouvelable (6,05% en 2011 et 6,80% en 2012).

La loi 244/07, entrée en vigueur en 2009 a révisé le système de certificats verts et introduit les tarifs d'achat. Un nouveau système basé sur des tarifs d'achat doit être mis en place en 2013.

### Principaux mécanismes de financement public

#### Recherche et Développement

##### R&D financée par le gouvernement

Les acteurs principaux en EMR sont les universités.

Projet GEM	Venise, Italie	Leader, université de Naples; Eolpower Groupe srl, Eng. Nicola Morrone	Hydrolien flottant submergé, 100 kW déployé en janvier 2012
------------	----------------	--	---

## Démonstration de technologies

### Projets opérationnels

Système FRI – EL SEA POWER	Détroit Messine	de	Frie-Sea et Université de Naples	Hydrolien, 6 kW à 2,5m/s	Juillet 2008	
Système FRI – EL SEA POWER	Détroit Messine	de	Frie-Sea et Université de Naples	Hydrolien 20 kW à 2,5m/s	2009	
Turbine KOBOLD	Détroit Messine	de	Université de Naples et Ponte di Archimede international Spa	Hydrolienne à axe vertical	2002	Fonds structurels UE et Région de Sicile; intérêts en Chine, Philippines, Indonésie
Blue H (Pays-Bas)	Pouilles, Italie			Éolienne flottante 80 kW	Second semestre 2008	
Blue H (Pays-Bas)	Brindisi (construction) mer adriatique (déploiement)			Éolienne flottante 2,4 MW construite	2009-2010	

### Nouveaux développements

Système FRI – EL SEA POWER	Détroit de Messine		Frie-Sea et Université de Naples	Hydrolien, 500 kW à 2,5m/s	Prévu Mi 2012	
Turbine KOBOLD	Île Lombok, Bali, Indonésie		Université de Naples et Ponte di Archimede international Spa	Hydrolienne à axe vertical, 120-150 kW à 3m/s	2012?	
Turbine KOBOLD	EMEC, Écosse		Université de Naples, Ponte di Archimede international Spa, Bluetec (Pays-Bas)	4 Hydroliennes à axe vertical, 1 MW à 3m/s	Accord signé	
Blue H (Pays-Bas)	Site proposé de la ferme éolienne offshore de Tricase (90 MW)			5-7 MW	2013	

## Fiche pays : Japon

114 ¥ ~1€ (30/12/2012)

Prix de l'électricité pour l'industrie : 179,03\$/MWh, pour les ménages : 260,93\$/MWh (AIE2011)

### Introduction

En 2012 le Japon disposait de 17 éoliennes en activité réparties sur trois parcs, et la catastrophe de Fukushima a amené un regain des énergies renouvelables, notamment l'éolien offshore qui a bien résisté (cf. le parc de Kamitsu à 300 km de l'épicentre du séisme du 11 mars 2011). En mars 2012, un parc expérimental d'éoliennes flottantes au large de Fukushima a été annoncé (3 éoliennes de 2MW, 7MW et 7MW réalisées par Mitsubishi/Fuji Heavy Industry, voir infra) et un tarif d'achat particulièrement incitatif annoncé en août 2012. Maeda a annoncé en octobre 2012 une capacité de 60 MW dans le détroit de Shimonoseki en 2015-2017. D'autres industriels (Kajima, Nippon Steel, Sumitomo Metals) ont annoncé le 15 novembre 2012 une capacité de 500 MW d'éolien flottant avant cinq ans.

Le Japon sera peut être le pays où décollera l'éolien flottant, en raison des conditions physiques favorables, du choc lié à la catastrophe du 11 mars 2011 et de la puissance scientifique et industrielle du pays.

Hors éolien offshore, les EMR sont moyennement représentées.

En 2011, la capacité, en cours d'installation, était de 15 kW hydroliens.

Les EMR ont longtemps été en retrait par rapport à l'éolien et le solaire avec essentiellement des recherches en laboratoire, car le potentiel houlomoteur et hydrolien sont relativement faibles (potentiel houlomoteur théorique 36 TWh/an). Le passage à l'échelle un et aux démonstrations en conditions réelles a motivé la mise en place, en 2011, du plan quinquennal *Ocean Energy technical Development Research*. En tout état de cause le Japon se considère comme en retard de plusieurs générations technologiques (<http://www.nippon.com/en/in-depth/a01203>), notamment derrière le Royaume-Uni, le Portugal et la Norvège. Le coût des EMR au Japon devrait devenir compétitif en 2020 selon le *renewable energy technology white paper* en date de 2010 de la NEDO (New Energy Development Organization):

Coût de production, ¥/kWh	2012	2015	2020	2030
Solaire photovoltaïque	26-40	23	14	7
Éolien terrestre	9-15		7-11	5-8
Éolien offshore	9-15		12-17	8-11
Solaire thermique	13-30		10-15	5-17
Énergie des vagues	30-50	Environ 40	Environ 20	5-10
ETM		40-60	15-25	8-13

La NEDO estime le potentiel Japonais comme suit:

Potentiel (TWh/an)		Éolien offshore	Vagues	ETM	Hydrolien courants océaniques	Hydrolien courants marées	Marémoteur
Production maximale	2012	524	19	47	10	6	0,38
	Court terme	723	87	156	10	6	0,38

## Politique EMR

### Stratégie et objectifs nationaux

La loi *Basic Act on Ocean Energy Policy* est entrée en vigueur en juillet 2007. Elle a conduit au *Basic Plan on ocean policy* approuvé par le gouvernement en mars 2008. En juin 2010, a été approuvée par le gouvernement la loi *Basic act on energy policy* et le plan associé *basic energy plan* du METI (Ministry of Economy, Trade and Industry).

La catastrophe du 11/3/2011 à Fukushima, l'objectif annoncé de zéro nucléaire en 2030 et l'indécision qui a suivi sur cet objectif en question, ont abouti à un report de la mise à jour du *basic energy plan* jusqu'à 2013.

Des travaux du Central Environment Council (<http://www.env.go.jp/council/06earth/y0613-11.html>) ont élaboré des scénarios avec une contribution des EMR allant de 1,5 GW (5,4 TWh/an) à 3,5 GW (14,2 TWh/an) en 2020, et 5,4 GW (20,1 TWh/an) à 14 GW (57,7 TWh/an) en 2050. Plus précisément :

		2008	2020	2030	2050	
Houlomoteur	Production annuelle (TWh/an)	0	0,2	0,75	20	
	Puissance installée (MW)	0,02	51	554	7350	
	Divers		450 de 0,1MW		2000 de 0,1MW	3000 de 0,1 MW
			10 de 0,5 MW		600 de 0,5MW	4500 de 0,5 MW
			1 de 1 MW		50 de 1 MW	3800 de 1 MW
			2 de 2MW	500 de 2 MW		
Hydrolien	Production annuelle (TWh/an)	0	0,4	2	20	
	Puissance installée (MW)	0	130	760	7600	
	Divers		100 de 1 MW		310 de 1 MW	600 de 1 MW
			6 de 5 MW		50 de 5 MW	200 de 5 MW
					20 de 10 MW	600 de 10 MW
ETM	Production annuelle (TWh/an)	0	2,5	12,5	40	
	Puissance installée (MW)	0	510	2550	8150	
	Divers		60 de 1 MW		100 de 1 MW	40 de 10 MW
			40 de 5 MW		40 de 5 MW	55 de 50 MW
			25 de 10 MW		25 de 10 MW	50 de 100 MW
			40 de 50 MW			

L'éolien flottant est, pour sa part, crédité de 100 MW (0,3 TWh/an) maximum en 2020, 2,7 GW (7,1 TWh/an) à 5,6 GW (14,7 TWh/an) en 2030 et 7,5 GW (19,7 TWh/an) à 27 GW (71 TWh/an) en 2050.

### Soutiens, incitations et initiatives

La NEDO (New Energy Development Organisation) finance des projets énergétiques novateurs. De 2011 à 2015 elle teste quatre types de générateurs d'énergie houlomoteurs et hydroliens.

Les garde-côtes japonais ont récemment développé un système d'information géographique (SIG) d'information côtière <http://www4.kaiho.mlit.go.jp/CeisNetWebGIS> pouvait accélérer les accords d'usage pour la mise en place de sites.

Le Japon pratique depuis le 18 juin 2012 des tarifs de rachat particulièrement incitatifs (350€/MWh pour l'éolien offshore).

## Législation et réglementation

*Basic Act on Ocean Policy, Basic Plan on Ocean Policy* approuvé par le Cabinet, en mars 2008

*Basic Act on Energy Policy, including the Basic Energy Plan* approuvé par le Cabinet, en juin 2010

*New Growth Strategy* approuvée par le Cabinet en juin 2010.

Noter aussi les documents *Awareness of the ocean energy potential* (2010) ainsi que le *renewable energy technology white paper* publié en 2010 par la NEDO.

## Principaux mécanismes de financement public

Cf. supra

## Recherche et Développement

### R&D financée par le gouvernement

Le plan quinquennal *Ocean Energy technical Development Research* dispose sur 2011-2015 d'un budget de 7,8G¥.

La NEDO (New Energy Development Organisation) finance, en plus de recherche fondamentale, pour 1 G¥ un projet en faveur de l'utilisation et de la commercialisation des EMR, notamment houlomoteur, hydrolien et ETM.

Les acteurs universitaires et institutionnels en EMR sont le Ministère des transport à Sakata, l'Institute of Ocean Energy (IOES) et le Matsue National College of Technology de l'université de Saga, le Muroran Institute of Technology, le Japan Marine Science and Technology Center (JAMSTEC) de Yokohama.

### R&D financée par l'industrie

Cf. infra.

### Participations à des projets internationaux

L'EMEC et l'Ocean Energy Association of Japan (OEAJ) ont signé en mars 2012 un mémoire d'entente (MOU) afin d'aider le Japon à créer le Japanese Marine Energy Center

## Démonstration de technologies

Les entreprises de réseau impliquées dans des activités de R&D ou de démonstration sont (selon OES2011; liste a priori incomplète...):

Okinawa Electric Power Company, Incorporated	développement de projet
--	-------------------------

### Projets opérationnels

Cf. infra.

## Nouveaux développements

OWC (colonne d'eau oscillante) multi-résonnante	Port de Sakata, préfecture d'Akita	JAMSTEC (Japan Agency for Marine-earth Science and Technology)		JAMSTEC, Université Nihon, Mitsubishi Heavy Industries Bridge & Steel Structures Engineering Co. Ltd, Toa Corp, Port and aurport research institute, Université Saga	houlomoteur	Projet NEDO
Power Buoy	Kozushima	Ocean Power Technologies		Mitsui Engineering & Shipbuilding CO., LTD. Et son Akishima Laboratory (Mitsui Zosen) Inc.Ocean Power Technologies, Université de Tokyo	houlomoteur	Projet NEDO
Gyroscopic wave power generation system	Port de Susami/Minami izu, préfecture de Wakayama	Gyrodynamics corporation	45 kW nominal 40 kW sur vague de	Gyrodynamics Corporation, Université Tottori, Hitachi Zosen Co.	houlomoteur	Projet NEDO

			2m de période 4 secondes			
	Tarama, préfecture d'Okinawa	Kawasaki Heavy Industries		Kawasaki Heavy Industries, Okinawa Power Co.	hydrolien	Projet NEDO
Développement de turbines hydroliennes			Annonce initiale novembre 2011	Université de Tokyo, IHI Corporation, Toshiba Corporation, Mitsui Global Strategic Studies Institute	hydrolien	
				West Japan Fluid Engineering Laboratory Co. Ltd. Et université de Kyushu	hydrolien	
	Détroit de Kannon	Ville de Kitakyushu	Mai 2012	Kyushu Institute of Technology	hydrolien	
	Détroit de Kurushima	Ville de Imabari		Université de Ehime	hydrolien	
	Lac Saroma		Microrése au Pile à combustible utilisant hydrolien et photovoltaïque	Kitami Institute of Technology	hydrolien	
			30 kW, installation expérimentale	Université de Saga	ETM	
Usine pilote ETM de l'île Kume, Okinawa	Île Kume	Ville d'Okinawa	1 MW, études de faisabilité. ..en 2011; 100 kW annoncés pour 2012, reportés à mars 2013	IHI Plant Construction Corporation, Xenesys Incorporated, Yokogawa Electric Corporation	ETM	
			R&D sur des membranes	Tokyo Institute of Technology	osmotique	
Éolienne flottante des îles Goto	Îles Goto, préfecture de Nagasaki	Ministère de l'environnement	2 MW, 2011-2015			
Eoliennes flottantes au large de Fukushima	Fukushima	METI Ministry of Economy Trade and Industry	3 turbines éoliennes flottantes, une de 2 MW puis deux de 7 MW en 2013 et 2015	Mitsubishi/Fuji Heavy Industry, Mitsubishi Heavy Industries, IHI Marine United, Mitsui Engineering and shipbuilding, Nippon Steel, Hitachi, Furukawa Electric, Shimizu, Mizuho...	Éolien flottant, plus sous station flottante de 66 kV et câble sous-marin	Annonce en mars 2012.



			500 MW Éolien flottant pour 2017	Kajima, Steel, Metals	Nippon Sumitomo	Éolien flottant	Annonce
Détroit de Shimonoseki			Ferme de 60 MW, 20 turbines, Éolien flottant pour 2015- 2017	Maeda		Éolien flottant	10 turbines en 2015, 10 en 2017 25 G¥ soit 250 M€, revenu annuel 3,5 G¥
		MLIT Ministry of Land Infrastructure and Transport	Éolienne ) à axe vertical Darrieus et rotor hydrolien de Savonius: prototype de 500 kW	Entreprise MODEC		Système hybride éolien- marémoteur	Présenta tion en février 2013 à la Wind Expo, test en mer prévu fin 2013

## Fiche pays : Mexique

17,19 peso= 1€ (30/12/2012)

Prix de l'électricité pour l'industrie :: 117,06\$/MWh, pour les ménages 95,20\$/MWh (AIE2011)

### Introduction

Une stratégie nationale pour la transition énergétique est en cours de développement par le Ministère de l'énergie. En 2012, devait être approuvé un nouveau centre d'innovation pour l'énergie de la mer, apparemment encore non créé.

### Politique EMR

Il y a peu ou pas d'éléments spécifiques aux EMR.

#### Stratégie et objectifs nationaux

La stratégie énergétique nationale vise pour 2024 35 % de puissance installée ENR, hydroélectricité ou nucléaire. Le programme sectoriel énergétique (2007-2012) vise à accroître la part des ENR (y compris hydroélectricité) de 23 % à 26 %. Le programme spécial pour le développement des ENR (2009-2012) vise une capacité installée de 7,6 % et une production entre 4,5 % et 6,6 % par les ENR hors grande hydroélectricité.

#### Soutiens, incitations et initiatives

Les investissements dans les équipements de production d'électricité par ENR bénéficient d'une dépréciation accélérée. Les taxes à l'importation ou l'exportation sont nulles. Un contrat modèle est fourni aux fournisseurs au réseau d'électricité intermittente issue d'ENR.

#### Législation et réglementation

La loi pour le développement des ENR et pour le financement de la transition énergétique a créé le conseil consultatif pour l'énergie renouvelable.

#### Principaux mécanismes de financement public

Trois fonds financent l'énergie durable : le fond pour la transition énergétique et l'utilisation durable de l'énergie, le fond CONACYT de la commission fédérale de l'énergie (CFE) et le fond sectoriel pour la durabilité énergétique SENER-CONACYT.

### Recherche et Développement

#### R&D financée par le gouvernement

En 2011 le budget public de R&D sur les EMR est d'environ 1,8M€.

QK		Hydrolien flottant	Université nationale du Mexique	370 k\$ d'investissement en phase 2
SIBEO		Houlomoteur, colonne d'eau oscillante	Université nationale du Mexique	370 k\$
Etude océanographique des côtes mexicaines		Potentiel SWAC	Université nationale du Mexique	148 k\$
ROPVO réseau d'observation océanique		Suivi du niveau de la mer	Institut Polytechnique National	370 k\$
Analyse numérique		Spectre des vagues		370 k\$
Potentiel houlomoteur en Baja California		houlomoteur		148 k\$
Etude de faisabilité houlomotrice en Baja California sud (BCS)	Cabo Falso	houlomoteur		74 k\$
MK3 de Oceanlinx (Australie)	Rosarito, Baja California, Mexique	Houlomoteur; analyse en vue d'un futur projet de 500 kW		148 k\$
Énergie des vagues dans le golfe de Californie		houlomoteur	CFE	148 k\$

Prévision des vagues et marées		Houlomoteur, marémoteur (potentiel)		74 k\$
Caractérisation atmosphérique pour potentiel éolien en péninsule du Yucatan		Éolien (potentiel)		74 k\$
Bouée océanographique		Houlomoteur (potentiel)	Projet international	74 k\$
THESEUS (Innovative technologies for safer European coasts in a changing climate)	UE; 31 partenaires dont l'UNAM mexicaine	houlomoteur		10 M\$

### R&D financée par l'industrie

#### Participations à des projets internationaux

Cf. supra: le projet THESEUS (*Innovative technologies for safer European coasts in a changing climate*) financé par l'UE regroupe 31 partenaires dont l'UNAM, et vise à exploiter la conversion de l'énergie des vagues à des fins de protection côtière.

### Démonstration de technologies

#### Projets opérationnels

#### Nouveaux développements

UFCAP pompe à air collective à flux unidirectionnel	RDZ Renewables			74 k\$
Sexto Sol		houlomoteur		74 k\$

## Fiche pays : Norvège

7,39 NOK=1€ (30/12/2012)

Prix de l'électricité pour l'industrie : 71,17\$/MWh, pour les ménages : 170,70\$/Mwh (AIE2011)

### Introduction

La Norvège est précurseur en matière d'EMR : éolienne flottante Hywind en place depuis 2009, centrale à énergie osmotique...

En 2011 la capacité installée en Norvège était de 300 kW hydroliens (potentiel théorique d'énergie des marées 17 TWh/an dont plus de 1 TWh/an extractible) et 4 kW en énergie osmotique (potentiel 25 TWh/an). Le potentiel houlomoteur théorique est de 400 TWh/an. En juin 2011 elle disposait aussi de 2 MW d'éolien offshore flottant.

La technologie hydrolienne de Hammerfest Strøm (devenu Andritz Hydro Hammerfest après prise de contrôle par l'Autrichien Andritz) est sans doute la plus éprouvée au monde avec 300 kW testés depuis 2005 en mer de Norvège. Les turbines de 1,4 MW d'Andritz Hydro Hammerfest équipent le projet Meygen dans le Pentland Firth britannique, l'un des deux lauréats du financement par le fond britannique MEAD pour la mise en place de fermes hydroliennes avant 2016. Ces turbines équipent également le projet de ferme hydrolienne d'Islay, financé le 18/12/2012 par le programme NER300.

La R&D est active, la ressource importante et les développements se poursuivent dans les eaux norvégiennes, mais les financements peinent à arriver aux petites développeurs. Le certificat vert commun avec la Suède ne comporte pas de bonus pour les EMR, et le tarif d'achat de 75€/MWh (certificat vert + el-spot) est insuffisant pour susciter des projets hydroliens ou houlomoteurs.

### Politique EMR

#### Stratégie et objectifs nationaux

Une mise à jour de la stratégie énergétique nationale (qui réactualisera la stratégie pour les EMR) est attendue pour 2012.

#### Soutiens, incitations et initiatives

La Norvège et la Suède ont signé en 2011 un accord pour un certificat vert commun par MWh de toute ENR sur une durée de 15 ans. Le prix du certificat dépend du marché. Le certificat d'environ 25€/MWh et le prix commun de marché de 50 MWh sont insuffisants pour susciter des projets houlomoteurs ou hydroliens à moyen terme.

#### Législation et réglementation

La loi sur l'énergie marine est entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> juillet 2010 et régleme la production d'ENR offshore. Les autorisations sont sujettes à autorisation gouvernementale, étude d'impact et donnent lieu à concession. Le cadre juridique est semblable au cadre en vigueur pour l'exploitation pétrolière. 15 zones sont définies pour de l'éolien offshore à grande échelle, y compris dans la ZEE. L'étude d'impact, conduite par le Ministère de l'énergie est achevée et soumise à consultation. Les projets de démonstration de petite échelle proches des côtes restent eux tributaires de la loi sur l'énergie et de concessions « efficaces et pragmatiques » par l'organisme autorisateur NVE.

#### Principaux mécanismes de financement public

L'agence norvégienne de l'énergie ENOVA finance jusqu'à 50 % des coûts de projets de démonstration d'EMR à l'échelle un. Le programme Innovation Norway finance jusqu'à 45 % de toute démonstration d'énergie favorable à l'environnement, dont les EMR. Le programme RENERGI du conseil de la recherche de Norvège soutient toute R&D relative aux ENR. Le budget total de ces institutions est de 110M€.

### Recherche et Développement

#### R&D financée par le gouvernement

En 2011 le budget public de R&D sur les EMR est d'environ 2M€.

Les EMR sont une sous-partie des ENR et sont financées par le conseil norvégien de la recherche, Innovation Norway et ENOVA. On peut citer notamment le financement par RENERGI du concept éolien flottant de l'entreprise norvégienne SWAY, avec un prototype à l'échelle 1/6. Le cluster de recherche à Trondheim (NTNU, SINTEF/MARINTEK) est actif en EMR (évaluation de technologie, contrôle, amarrage, structures marines, ...) et dispose d'un bassin de test. Il recourt aussi aux services d'essais et de recherche du bassin de remorquage de Stadt fondé en 2007. Le SFPE (centre de recherche sur les énergies renouvelables) fait de la recherche sur l'énergie des vagues. Le Runde Environmental Center (REC) est spécialisé en études d'impact. Le projet de recherche NOWERI en éolien offshore flottant a été financé au printemps 2010 à hauteur de 66 M NOK (8,8M€) par le centre norvégien de la recherche pour un budget total de 82 MNOK (11 M€), les participants sont les centres de recherche NORCOWE (Norwegian Centre for Offshore Wind Energy, centre Christian Michelsen Research (CMR), Uni Research, universités de Bergen, d'Agder et de Stavanger) et NOWITECH (Norwegian Research Centre for Offshore Wind Technology : SINTEF, Institut pour les Technologies de l'Energie, Institut de Recherche Norvégien des Technologies Marines (MARINTEK) et Université Norvégienne des Sciences et Technologies de Trondheim). L'accord a été signé fin 2012. Le projet vise à mettre en place une station météo (Offshore Boundary Layer Observatory - OBLO) et une petite éolienne flottante (Floating Experimental Wind Turbine – FLEXWT : 30 m de haut, quelques centaines de kW). Il s'agit d'un projet de recherche, mais exposé à des conditions climatiques réelles, et devant partager ses résultats. Un premier objectif est d'ajuster les modèles de simulation. L'installation est prévue pour 2014 pour un fonctionnement opérationnel en 2015.

### R&D financée par l'industrie

En 2011 le budget privé de R&D sur les EMR est probablement supérieur à 3,2M€.

### Participations à des projets internationaux

Statoil est un acteur important du projet Dogger Bank de fermes éoliennes en mer du Nord britannique

### Démonstration de technologies

En 2011 le budget public (respectivement privé) de démonstration technologique sur les EMR est d'environ 0,5M€ (respectivement 4,7M€ minimum).

Les entreprises de réseau impliquées dans des activités de R&D ou de démonstration sont:

Hafslund AS	Soutient l'hydrolien
Statkraft AS	Développe l'énergie osmotique
Tussa Kraft AS	Soutien le concept houlomoteur SeaBased
E-CO Energi AS	Développe le concept houlomoteur Seahorse
Hammerfest Energi AS	Copropriétaire de Hammerfest Strøm AS

### Projets opérationnels

HS300 de Hammerfest Strøm (Andritz)		hydrolien	HS300, 300 kW	Depuis 2006 ; 17500 heures de fonctionnement à fin 2011	1e hydrolienne connectée au monde
HS1000 de Hammerfest Strøm (Andritz)		hydrolien	HS1000, 1MW	Installation décembre 2011 à l'EMEC	
Morild II de Hydra Tidal (groupe Straum) <a href="http://www.straumgroup.com">www.straumgroup.com</a> et <a href="http://www.hydratidal.com">www.hydratidal.com</a>	Lofoten, Norvège	Hydrolien flottant	Prototype Morild II, 1,5 MW	Installation en novembre 2010	
BOLT de Fred Olsen Ltd	Risør, Norvège	houlomoteur	Absorbeur ponctuel 45 kW	En mer depuis mi-décembre 2010 pour 18 mois de production	

					Déploiement précommercial au Royaume Uni prévu en 2011	
SeaHorse, E.CO Energi	de	Runde Environmental Center (REC)	houlomoteur	Absorbeur ponctuel 3kW	Test en 2011	
Prototype osmotique Statkraft	de	Tofte, Norvège	osmotique	4 kW, prélude à une installation pilote de 2 MW en 2013?	Depuis 2009	Première installation mondiale 11 M NOK reçues en 2012, cf <a href="http://energi.esdelamer.blugspot.fr">http://energi.esdelamer.blugspot.fr</a> , 5 avril 2012
Hywind, Siemens, Statoil	turbine pour	île Karmøy au nord de Stavanger, Norvège	Éolien flottant	2,3 MW, 7,3 Gwh produits en 2010, 9 GWh/an attendus Prélude annoncé fin 2012 d'une ferme pilote Hywind de 4 éoliennes flottantes de 3 MW au large du Maine	Testé depuis juin 2009 en Norvège	Coût de la turbine, 400 M NOK ou 62 M\$ Fondation Technip, câble Nexans Financement du DoE américain annoncé en décembre 2012

Les États-Unis et la Norvège collaborent avec l'entreprise norvégienne SWAY AS afin de collecter et analyser les données d'un prototype d'éolienne flottante à l'échelle 1/5 déployé en Norvège. Le DoE américain a aussi annoncé un financement de l'éolienne flottante "historique" Hywind fin 2012.

### Nouveaux développements

H-WEC de Havskraft AS			houlomoteur	Colonne d'eau oscillante	Test large échelle prévu en 2012	
Langlee Wave Power	Wave	Egersund, Norvège	houlomoteur	flap/wing	Déploiement en 2012	
Langlee Wave Power	Wave	Stewart Island, Nouvelle Zélande	houlomoteur	flap/wing	Déploiement en 2012	312 k\$ de financement néo zélandais
lowep Intentionum offshore wave energy project			houlomoteur			
OWC Power AS <a href="http://www.owcpower.com">www.owcpower.com</a>			houlomoteur	Colonne d'eau oscillante		
Meygen Ltd		Pentland Firth Inner sound, Ecosse	Ferme d'hydroliennes	(au moins) 3 turbines hydroliennes de 1,4MW par Andritz Hydro Hammerfest	Déploiement au plus tard en mars 2016	10 M€ de financement par le fond britannique MEAD Marine Energy array demonstrator, alloué le 27/2/2013



## Fiche pays : Nouvelle-Zélande

1,61 NZ\$=1€ (30/12/2012)

Prix de l'électricité pour l'industrie 72,72\$/MWh, pour les ménages 212,10\$/Mwh (AIE2011)

### Introduction

En 2011 la capacité installée était de 4 kW de houlomoteur (plus 20 kW en cours d'installation) sur un potentiel extractible de 61 TWh/an (approximation à affiner). Le potentiel extractible d'énergie des marées est lui estimé à 4,5 TWh/an.

### Politique EMR

#### Stratégie et objectifs nationaux

Une nouvelle stratégie énergétique néo-zélandaise a été publiée mi-2012 et vise 90% d'électricité renouvelable à partir de 2025 (79% en juin 2011).

Depuis 2010 le Ministère de l'environnement gère un système d'échange de droits d'émissions.

Diverses organisations ont proposé en août 2011 au Ministère de la science et de l'innovation la création d'un « New Zealand Marine Energy Centre ».

#### Soutiens, incitations et initiatives

Il n'y a pas de mécanisme spécifique en faveur des EMR même si le *National Policy Statement on Renewable Electricity Generation* informe les autorités régionales et judiciaires sur l'importance des ENR.

#### Législation et réglementation

Le *Resource Management Act* (RMA) de 2001 s'applique pour toute exploitation des ressources naturelles. L'autorité en charge (le gouvernement local) détermine si le projet doit être l'objet d'une notification publique, notification limitée ou non notification. La procédure de décision est relativement rapide. Par contre, un projet de grande taille est en général notifié publiquement, avec des délais pouvant être conséquents (cf. le cas de Crest Energy Ltd cherchant à déployer 200 hydroliennes de 1 MW dans le port de Kaipara et dont le processus de notification publique a pris plus de six ans, suite à quoi des exigences supplémentaires par le Northland Regional Council rendent improbable un démarrage avant 2022,...). Une notification limitée, par contre, donne de bonnes chances d'obtenir une approbation en quelques mois (moins de trois mois pour une installation houlomotrice de 20kW pendant 35 ans par Tangaroa Energy; moins de six mois pour 1 MW dans le détroit de Cook pendant 35 ans par Neptune Power, ou 220 kW aux îles Chatham pendant 35 ans par CHIME).

Le *Marine and Coastal Area act* entré en vigueur en 2011 garantit l'accès public à la zone maritime côtière (jusqu'à 12 miles nautiques). Le *Exclusive Economic Zone and Continental Shelf (Environmental Effects) Bill*, examiné en septembre 2011, régule les activités de développement dans la zone économique exclusive (ZEE, de 12 à 200 miles nautiques des côtes) et le plateau continental étendu.

#### Principaux mécanismes de financement public

Les EMR bénéficient de trois mécanismes de soutien.

Le *Marine Energy Deployment Fund* (MEDF) a été créé en 2007 pour quatre ans et a donné lieu à quatre appels, dont le dernier en 2011 a accordé 0,880 M NZ\$ à trois projets sur les cinq candidats (sous réserve d'approbation des ressources du projet). Au total 4 M NZ\$ ont été alloués de 2007 à 2011.

Les deux autres mécanismes sont non spécifiques, il s'agit de Technology New Zealand (aides aux entreprises, rarement publiée) et du soutien général à la R&D (voir infra).

## Recherche et Développement

### R&D financée par le gouvernement

En 2011 le budget public de R&D sur les EMR est d'environ 0,9M€.

Les acteurs universitaires et institutionnels en EMR sont le National Institute of Water and Atmospheric Research (NIWA), et Wave Energy Technology-New Zealand (WET-NZ).

Le gouvernement finançait en 2011 trois projets liés aux EMR:

Wave Energy Technology – New Zealand Ltd (WET-NZ):			houlomoteur	30 septembre 2008-30 septembre 2014
Optimizing Energy:	Tidal	National Institute of Water and Atmospheric Research	hydrolien	Septembre 2009-septembre 2012
Extreme Waves and Storm Surges:			Risques naturels...	Septembre 2009-septembre 2012

En décembre 2011 le Ministère de la science et de l'innovation (<http://www.msi.govt.nz>) a annoncé un appel à propositions de R&D (science investment round 2012) dont une catégorie était l'énergie et les matières premières (energy and minerals research fund), avec financement devant démarrer en octobre 2012. 227 M NZ\$ ont été alloués en septembre 2012, sans lauréat sur les EMR.

### R&D financée par l'industrie

L 'Aotearoa Wave and Tidal Energy Association (AWATEA) regroupe 56 membres industriels, professionnels ou industriels. On estime à 18 le nombre de développeurs en EMR.

Le MEDF a depuis 2007 financé divers projets proposés par des industriels comme Crest Energy (1,85 M NZ\$ pour un projet d'hydrolienne de 3 MW, abandonné en 2011, partie d'un projet plus vaste de 200 MW porté par l'AWATEA), Chatham Island Marine Energy Ltd alias CHIME (2,16 M NZ\$ pour un dispositif OWC de 110 kW pour électricité insulaire), Community Leisure Management Ltd alias CLM (0,2 M NZ\$ pour trois hydroliennes dans la baie de Hobson), Tangaroa Energy Rakia Amps Ltd (0,3 M NZ\$ pour un dispositif houlomoteur de 20 kW)...

### Participations à des projets internationaux

L'implication de la Nouvelle Zélande se fait principalement via l'OES de l'AIE, où elle est impliquée dans l'annexe IV (impacts environnementaux).

### Démonstration de technologies

En 2011 le budget public (respectivement privé) de démonstration technologique sur les EMR est d'environ 2,4M€ (respectivement 3,6M€).

Les entreprises de réseau impliquées dans des activités de démonstration ou de R&D sont:

Todd Energy Limited	2011: part dans Crest Energy passée de 30% à 54% pour développement de projet (projet hydrolien de 200 MW dans le port de Kaipara)
---------------------	--

### Projets opérationnels

Wave Energy Technology – New Zealand (WET-NZ):	Taylor's Mistake Bay, Nouvelle-Zélande	Houlomoteur prototype 1/5 de 2 kW	Décembre 2006-novembre 2008
Wave Energy Technology – New Zealand (WET-NZ):	Taylor's Mistake Bay, Nouvelle-Zélande	Houlomoteur prototype 1/4 de 2 kW	mi-2009-juin 2011

### Nouveaux développements

Wave Energy Technology – New Zealand (WET-NZ):	Akaroa Heads,, Nouvelle-Zélande	Houlomoteur prototype 1/2 de 20 kW	9 septembre-3 décembre 2011
Wave Energy Technology – New Zealand (WET-NZ):	Wellington Nouvelle-Zélande	Houlomoteur prototype 1/2 de 20 kW	1e trimestre 2012?

## Fiche pays : Pays-Bas

Prix de l'électricité pour l'industrie : 120,56\$/MWh, pour les ménages : 237,90\$/MWh (AIE2011)

### Introduction

Les Pays-Bas ont une expérience importante en matière de gestion de l'eau et d'exploitation du vent. En 2010, les Pays-Bas avaient deux fermes éoliennes offshore pour une capacité de 228 MW (environ 10 % de la capacité éolienne installée; l'éolien offshore fournit cependant 16 % de la production) et expérimentent l'éolien flottant en large des côtes d'Italie.

Ils sont actifs en matière de technologie hydrolienne. Les Pays-Bas sont aussi avec la Norvège l'un des rares pays actifs dans le développement de l'énergie osmotique (dite « énergie bleue »).

### Politique EMR

#### Stratégie et objectifs nationaux

Les objectifs nationaux sont de passer de 4 % d'ENR en 2010 à 14 % en 2020 . Les ENR aux Pays-Bas sont l'éolien terrestre, le solaire, les biocarburants et la géothermie. Les objectifs 2020 en énergies renouvelables sont de 5,178 GW d'éolien offshore.

#### Soutiens, incitations et initiatives

Le principal système incitatif pour les ENR est le programme de subvention à la production SDE-Plus, qui remplace le précédent système SDE (2008-2010), qui finançait tant les ENR chères que bon marché. Le programme SDE-Plus accepte comme énergies éligibles l'incinération des déchets, la biomasse (y compris biogaz), les eaux usées, décharges, sources géothermales, osmose, hydroélectricité, vent et photovoltaïque (>15kW). La subvention compense l'écart entre le tarif d'achat et le « tarif de base » (au plus le coût de production de l'ENR) déterminé par l'ECN (centre néerlandais de recherche sur l'énergie) et DNV Kema Energy & Sustainability Consultancy. Le système SDE-Plus permet toujours, lors d'un appel, de candidater à un tarif de base inférieur d'un appel antérieur, ce qui réduit la subvention mais augmente aussi les chances de l'obtenir. En pratique, les EMR sont absentes des bénéficiaires de ce schéma.

#### Législation et réglementation

##### Principaux mécanismes de financement public

En 2012 les soutiens classiques à la R&D sont remplacés par les « contrats d'innovation », afin d'orienter la recherche vers les demandes du marché en organisant les acteurs (entreprises, universités, centres de recherche).

Le mécanisme d'incitation SDE-plus en 2012 ne couvre plus l'éolien offshore, qui peut néanmoins être candidat à un taux de subvention inférieur d'un appel antérieur, cf. supra.

### Recherche et Développement

#### R&D financée par le gouvernement

La R&D sur l'éolien a bénéficié en 2010 de 38 M€ (mais rien de spécifique sur l'éolien flottant) et, en 2011, n'a reçu que 7,1M€ (financement des recherches de l'université technique de Delft et de l'institut de recherche ECN), les programmes EOS (subvention à la recherche énergétique) et EWOZ (subvention à la recherche sur l'éolien offshore) étant clos à fin 2010.

L'université Technique de Delft, dominante dans le paysage de la recherche néerlandaise, est active en recherche sur l'ETM (cf. infra sur les activités de sa spinoff Bluerise).

#### R&D financée par l'industrie

L'entreprise de conseil Ecofys a vendu en mai 2012 sa technologie Wave rotor au spécialiste du offshore IHC Merwede, avec création d'une nouvelle entité, IHC Tidal Energy.

Le néerlandais Tocardo est actif dans l'hydrolien avec sa technologie « Tocardo Tidal Turbine

Technology » de 100 et 200 kW, avec des développements en cours sur 500kW et 1 MW. Il a signé en mars 2012 un accord avec le japonais Spectol Power Design Co Ltd (SPD), en vue de fourniture de 18 MW de puissance hydrolienne dans les trois ans à venir.

Le Tidal Testing Center (TTC) est pilote d'un projet appelé « energy dams » visant à incorporer dans des barrages l'énergie hydrolienne et osmotique. Ce projet, financé par le programme *Kansen voor West* et courant jusqu'en 2014, regroupe, outre TTC, les partenaires Strukton, ECN (centre néerlandais de recherche sur l'énergie), Deltares, l'Université Erasmus de Rotterdam, Energy Valley, REDStack et le néerlandais Tocardo BV.

L'entreprise DNV KEMA travaille depuis 2001 sur la technologie osmotique, en partenariat avec des entreprises néerlandaises de réseau. Elle est impliquée dans le projet REAPower du 7<sup>ème</sup> PCRD (octobre 2010-novembre 2013), conduit par l'allemand Wirtschaft und Infrastruktur (WIP) avec 11 participants de six pays.

L'entreprise Redstack, basée à Sneek, travaille à un prototype osmotique de 5 kW sur la digue de Afsluitdijk. Un prototype de 1 kW a été installé en 2009.

L'entreprise BlueRise BV a développé un prototype ETM de recherche et de démonstration à l'université technique de Delft et a signé en avril 2012 un mémoire d'entente avec Curaçao Airport Holding (CAH) où BlueRise vend à CAH de l'électricité fournie par son installation ETM et CAH fournit à l'installation ETM de BlueRise de l'eau froide issue de son système SWAC.

#### **Participations à des projets internationaux**

Cf. supra.

#### **Démonstration de technologies**

##### **Projets opérationnels**

Les Pays Bas sont précurseurs en matière d'éolien flottant. L'entreprise néerlandais Blue H a installé en 2008 au large des Pouilles, en Italie, un prototype d'éolienne flottante de 80 kW. En 2009, elle a construit une unité commerciale de 2,4 MW à Brindisi en Italie en vue d'un déploiement en mer adriatique en 2010, le travail reste à ce jour en cours...

Ecofys a testé un prototype hydrolien à axe vertical de 30 kW Wave rotor à Westerscheide.

##### **Nouveaux développements**

En 2011 Blue H annonçait l'essai en mer d'une nouvelle plate-forme éolienne flottante de capacité 5-7 MW, dans le site proposé de la ferme éolienne offshore de Tricase (90 MW) à l'horizon 2013.

## Fiche pays : Portugal

Prix de l'électricité pour l'industrie : 139,14\$/MWh, pour les ménages : 245,67\$/Mwh (AIE2011)

Le Portugal possède la 11e ZEE mondiale, et la 2<sup>nde</sup> en Europe après la Norvège (la 4<sup>ème</sup> après France et Royaume-Uni si l'on compte l'outre-mer). En 2011, la capacité installée au Portugal était de 400 kW houlomoteurs (plus 300 kW en cours d'installation). Le Portugal est l'un des rares pays à disposer d'un projet opérationnel d'éolienne flottante (projet WindFloat, sélectionné en décembre 2012 par le programme NER300).

## Politique EMR

### Stratégie et objectifs nationaux

La stratégie nationale portugaise en matière d'énergies renouvelables a pour objectif en 2020 75 MW d'éolien offshore et 250 MW d'hydrolien et de houlomoteur.

Le gouvernement a confié la gestion de la zone-pilote d'énergie des vagues à l'entreprise de réseaux énergétiques nationale (Redes Energéticas Nacionais ou REN), ce qui a amené en 2010 la création de l'entreprise de gestion ENONDAS, ouverte aux capitaux privés en 2011.

### Soutiens, incitations et initiatives

### Législation et réglementation

Comme vu supra l'objectif en 2020 est de 75 MW d'éolien offshore et 250 MW d'hydrolien et de houlomoteur.

Le processus d'autorisation était initialement régi par le DL 254/99 du 7 juillet 1999, valide pour toute installation dans les eaux territoriales ou la ZEE, et requérant l'approbation des ministères de la défense nationale et des affaires maritimes, de l'environnement, aménagement et développement régional, de l'économie et de l'innovation, de l'agriculture et des pêches, des travaux publics, transports et communications. Puis, avec la directive 2001/77/CE sur la production d'électricité à partir de sources renouvelables, le DL 51/2004 du 31/1/2004 a mis en place un processus d'autorisation couvrant aussi le houlomoteur et imposant une déclaration d'impact environnemental produit par l'autorité de développement régional (CCDR : Comissão Coordenadora do Desenvolvimento Regional), l'institut de conservation naturelle et de biodiversité (ICNB : Instituto da Conservação da Naturaza e Biodiversidade) et le ministère de l'environnement et aménagement. Une étude d'incidence environnementale est aussi requise dans le cas où une étude d'impact environnemental n'est pas nécessaire. Elle est moins lourde mais prend en compte les émissions de gaz, le paysage marin, les espèces floristiques et faunistiques, le patrimoine (architectural, archéologique et autres), le bruit, les sols, les populations affectées (DL 66/2005). Enfin, le DL 5/2008 établit le cadre légal pour l'utilisation des ressources marines naturelles publiques, établit les limites géographiques de la zone-pilote portugaise et crée une entité de gestion pour cette zone.

En matière de planification des espaces maritimes, le Portugal a publié en 2006 une stratégie nationale pour l'océan cherchant à intégrer les politiques sectorielles et à définir les principes pour le MSP (marine spatial planning) et pour la GIZC (gestion intégrée des zones côtières). Il en est résulté le plan national d'organisation de l'espace maritime (*Plano de Ordenamento do Espaço Marítimo* ou POEM, <http://poem.inag.pt>), commencé en 2008 et récemment achevé. Il supervise toutes les activités dans les eaux portugaises, y compris les EMR. Le développement de ce plan compte quatre étapes : études de caractérisation et évaluation (du potentiel), planification spatiale maritime temporaire, plan de zonage avec son programme de mise en œuvre, et consultation publique. La consultation publique a été achevée en 2011. Tout amendement au POEM requiert l'approbation d'une équipe interdisciplinaire comprenant des représentants des différents ministères compétents, l'INAG (Instituto Nacional da Agua) et quatre consultants externes y compris des universitaires.

### Principaux mécanismes de financement public

Deux mécanismes existent :

Le Fond d'appui à l'innovation (*Fundo de Apoio a Inovação* ou FAI), essentiellement pour la R&D nationale, principalement pour les ENR, surtout l'éolien.

La Fondation pour la science et la technologie (FCT) qui est la principale agence pour l'avancement de la science et des techniques.

## Recherche et Développement

### R&D financée par le gouvernement

Le Laboratório Nacional de Energia e Geologia, IP (LNEG) compte un groupe dédié aux énergies marines, travaillant notamment sur la conversion de l'énergie des vagues (absorbeurs ponctuels), la ressource éolienne et houlomotrice dans l'Atlantique européen, l'amélioration d'un SIG pour le choix de sites,

L'Université technique de Lisbonne, Instituto Superior Técnico, conduit des travaux numériques et expérimentaux sur la conversion de l'énergie des vagues (colonne oscillante).et la modélisation hydrodynamique d'hydroliennes.

### R&D financée par l'industrie

### Participations à des projets internationaux

Il s'agit essentiellement de projets financés par l'UE.

Wavetrain2	2009-2012	Réseau de formation de chercheurs (RTN) en énergie des vagues	Conduit par le Wave Energy Center (WavEC), entreprise privée non lucrative
Equimar - Equitable Testing and Evaluation of Marine Energy Extraction Devices	2008-2011	Programme STREP du 7e PCRD	Participation WavEC
SOWFIA- Streamlining of Ocean Wave Farms Impact Assessment"	2010-2012	Harmonisation d'études d'impact, étude de fermes hydroliennes	Participation WavEC
FAME - The Future of the Atlantic Marine Environment"	2010-2012	Programme Interreg IV	WavEC
Aqua-Ret2 - Dissemination activities and transfer of technology in the ocean energy sector"	2009-2011	Formation continue Léonard de Vinci	WavEC
ORECCA - Off-shore Renewable Energy Conversion Platforms - Coordination Action	2009-2011	Développer une feuille de route pour les EMR	WavEC, LNEG
CORES - Components for Renewable Ocean Energy Systems".	2008-2011	Programme de R&DT du 7e PCRD - simulation houlomotrice OE (Ocean Energy) et design de turbine pour colonne oscillante	IST, WavEC, Kymaner
WAVEPORT - Demonstration & Deployment of a Commercial Scale Wave Energy Converter with an Innovative Real Time Wave by Wave Tuning System	2009-2012	7 <sup>ème</sup> PCRD, démonstration de bouée 600 kW	WavEC
SURGE - Simple Underwater Renewable Generation of Electricity	2009-2011	Test de la 2 <sup>nde</sup> génération de Waveroller (AW-Energy, Finlande): 1e test à EMEC et Portugal, 2nd à Peniche, Portugal	WavEC, ENEOLICA
MARINET	2011-2015	Coordination de R&D à toutes échelles, accès à des infrastructures de test	WavEC propose l'accès au site de test de turbines à air de l'usine de



			Pico aux Açores
TROPOS - Modular Multi-use Deep Water Offshore Platform Harnessing and Servicing Mediterranean, Subtropical and Tropical Marine and Maritime Resources".	2011-2015	Plateforme flottante multi-usages	WavEC
NER300: financement de Windfloat	2015-2020		Financement équivalent maximal 30 M€

## Démonstration de technologies

### Projets opérationnels

Un projet houlomoteur de colonne d'eau oscillante est en test à Pico aux Açores (<http://www.pico-owc.net>) et est l'une des rares installations houlomotrices fonctionnant au monde. Elle a produit 45 MWh en 1425 heures pendant 3 mois en 2010 avant une panne jusqu'en 2012. Pico devient un site de test ouvert inclus dans MARINET et permettant de tester des équipements jusqu'à 700 kW mais il avait besoin de 1,5M€ en 2011 pour poursuivre les opérations pendant 5-10 ans.

Le Portugal est aussi avec la Norvège l'un des deux pays au monde site d'un projet opérationnel d'éolien flottant avec le projet Windfloat, équipé avec une turbine Vestas de 2 MW. Le prototype a été construit par le consortium Windplus, constitué par EDP (électricité de Portugal), l'espagnol Repsol, le développeur américain Principle Power, le portugais A Silva Matos, la société de capital risque de référence de l'État portugais Inovcapital, et le fond portugais FAI (*Fundo de Apoio à Inovação*). L'installation à 5 km au large de Aguçadoura a eu lieu le 22 octobre 2011 et, un an plus tard, l'installation avait produit 3 GWh. Ce projet a aussi été sélectionné le 18 décembre 2012 par le programme européen NER300, avec un financement maximum de 30M€ sur 2015-2020.

### Nouveaux développements

Le nouveau Waveroller (technologie précommerciale finlandaise de AW-Systems Oy), annoncé au printemps 2012, a été déployé en août 2012 près de la plage Almagreira à Peniche au Portugal par ENEOLICA (trois Waverollers de 100 kW déployés, coût 5,4M€).

Test à l'échelle ¼ d'une turbine Ocean Energy en Irlande à Galway Bay par Kymaner

Test du concept WEGA- wave energy gravitational absorber- par Sea for Life

## Fiche pays : Royaume-Uni

0,82£~ 1€ (30/12/2012)

Prix de l'électricité pour l'industrie : 127,39\$/MWh, pour les ménages : 204,92\$/Mwh (AIE2011)

En 2011 la puissance installée au Royaume-Uni était de 1600 MW d'éolien offshore, mais aussi de 4,8 MW hydroliens (plus 1,7 MW en cours d'installation) et 2 MW de houlomoteur (plus 2,4 MW en cours d'installation). Le potentiel houlomoteur théorique est de 260 TWh/an, dont 60 TWh/an extractible. Le potentiel extractible de l'énergie des marées est de 17 TW h/an. Le potentiel hydrolien estimé est 75% du potentiel européen.

Il faut d'entrée de jeu noter la place toute particulière qu'occupe l'Écosse au sein du Royaume-Uni en matière d'EMR : l'Écosse a ainsi 206 GW de ressource éolienne, hydrolienne et houlomotrice soit 40 % de la ressource britannique. Plus précisément elle dispose de 89 % de la ressource énergétique britannique d'origine maritime et de 46 % de sa ressource éolienne. Ce qui suit dans cette fiche traite du Royaume-Uni, mais dans bien des cas est essentiellement relatif à l'Écosse.

Le Royaume-Uni est leader mondial en matière d'**éolien installé en mer** avec une puissance installée de 1586 MW en juin 2011, et 600 MW supplémentaires en cours d'installation début 2012. Le nouveau *UK Marine Energy Programme* vise à améliorer les capacités nationales en matière de développement et déploiement d'appareils hydroliens et houlomoteurs commerciaux, avec une attention particulière portée aux fermes pilote, à la planification et l'acceptabilité, au partage d'informations.

Le soutien à la R&D et donc actif à tous stades et il existe notamment des **sites d'essais** de classe internationale pour l'hydrolien (Écosse, Irlande du Nord) et le houlomoteur (Écosse, Cornouailles). Notamment l'EMEC (European Marine Energy Center) des Orcades avait, fin 2011, 12 de ses 13 sites de test à échelle 1 sous contrat pour des essais portant sur 10 prototypes technologiques. Il a ajouté deux sites pour des essais à échelle réduite.

En matière d'aide aux **déploiements commerciaux**, les gouvernements britanniques et écossais proposent d'harmoniser les tarifs d'achat incitatifs en faveur de l'hydrolien et du houlomoteur à 5 ROC (*renewable obligation certificates*) par MWh, soit 330€/MWh environ, à partir du printemps 2013 et jusqu'en 2017. Ils investissent respectivement 20 M£, 18 M£ et 20 M£ pour des **fermes pilotes** hydroliennes (MEAD: *Marine Energy Array Demonstrator britannique*, MRCF *Marine Renewable Commercialisation Fund* écossais, et Crown Estate respectivement).

Le Royaume-Uni collabore aussi avec l'Irlande sur les EMR en mer d'Irlande et dans la Manche, ainsi que sur l'interconnexion des réseaux. La question du réseau électrique est primordiale au Royaume-Uni comme ailleurs et reste un souci pour le développement des EMR. Compte tenu du potentiel en Écosse et des oppositions de National Grid, opérateur du Royaume-Uni, le secrétaire d'Etat britannique à l'énergie et au changement climatique et le ministre écossais de l'énergie ont accepté en 2013 la tenue d'un groupe de travail sur ce sujet.

## Politique EMR

### Stratégie et objectifs nationaux

#### Objectifs

L'objectif national britannique en matière d'énergies renouvelables est de 15 % (énergie primaire) en 2020, avec probablement 30 % de l'électricité et 12 % de la chaleur. Les objectifs nationaux 2020 sont de 12,9 GW en éolien offshore, et de 0,3 GW en hydrolien et houlomoteur, en retrait d'estimations précédentes.

#### Éolien offshore

En matière d'éolien offshore, le Royaume-Uni vise 18 GW installées en 2020. La politique repose sur :

- une délimitation des sites financée par le Crown Estate (organisme public proche mais non partie du gouvernement, non régulateur, propriétaire et en charge des eaux territoriales, habilité à concéder des zones y compris dans certains cas au delà des 12 milles nautiques) ;
- le lancement par celui-ci d'appels d'offre (le « 3e round » de 2009, nouveau en ce sens qu'il donne de la flexibilité sur les sites dans une zone et promeut une approche partenariale de partage de risque, a en juin 2010 attribué 32,2 GW , après 1 GW en 2001 lors du 1e round et 7 GW en 2003 lors du 2e round) ;

- des tarifs d'achat attractifs via les ROC (*renewable obligation certificates*, voir infra), de durée 20 ans, dont la fin a, en avril 2010, été étendue de 2027 à 2037 pour les nouveaux projets. L'éolien offshore bénéficie de 2 ROC par MWh (1 ROC pour l'éolien terrestre). Une transition est prévue entre le système des ROC et un système de contrats sur différence avec tarifs d'achat (voir infra). On peut noter qu'en novembre 2012 le gouvernement britannique la mis a disposition 7 M£ pour stimuler le développement de l'éolien offshore par le biais du 3e appel d'offre du *Offshore Wind Components Scheme*, lancé le 5 novembre 2012 et clos le 16 janvier 2013, pour financer de cinq à 10 projets. A ces 7 M£ s'ajoutent 3 M£ destinés à des projets axés sur le développement d'études de faisabilité technique dans le domaine de l'innovation en éolien marin.

#### **Autres EMR**

Sur les autres EMR, l'appui prend la forme de soutien financier aux démonstrateurs (via l'extension du système des ROC à ces EMR qui doivent passer de 2 à 5 ROC/MWh en dessous de 30 MW à partir de 2013) ; de soutien à trois sites d'essai (les deux sites écossais de l'EMEC dans les Orcades et le Wave hub pour le houlomoteur au sud-ouest de la Grande-Bretagne) ; des démarches pour l'attribution de zones pour le houlomoteur et l'hydrolien en Écosse et dans le Raz Blanchard ; une forte activité en faveur de projets d'interconnexion bilatérale avec la France (4 GW supplémentaires via Aurigny/Alderney), l'Irlande et l'Islande, ou d'interconnexion multilatérale, et aussi (voir infra) une intense activité de financement pour des **fermes pilotes** (58M£ tout récemment via le MEAD, MRCF et Crown Estate)

Le gouvernement britannique a mis en place début 2011 un nouveau programme national sur les énergies marines (*UK Marine Energy Programme*) pour améliorer les capacités nationales en matière de développement et déploiement d'appareils hydroliens et houlomoteurs commerciaux, avec une attention particulière aux fermes pilote, à la planification et l'acceptabilité, au partage d'information (création d'un réseau d'information marine -marine intelligence network). Le conseil d'administration du programme comprend divers acteurs (énergéticiens, industriels, développeurs, financiers, administrations) et conseille les ministres sur ces sujets à traiter par le programme afin de faire progresser l'industrie.

Des **parcs d'énergie marine** sont mis en place afin d'agréger les compétences : le premier, le South West MEP a été inauguré le 23 janvier 2012 et est situé entre Bristol, Cornwall, et les Îles de Scill. Le second, le Pentland Firth and Orkney Waters Marine Energy Park, incorpore l'EMEC, leader mondial en matière de sites d'essais (cf. infra). Le 28 février 2013 a été signé un accord-cadre entre le parc de Pentland Firth et le parc South West, en vue de créer un pôle de compétences.

Le Ministère de l'énergie et du changement climatique (Department for Energy and Climate Change) a publié en juillet 2011 une feuille de route des énergies renouvelables avec une estimation de 200 à 300 MW d'exploitation commerciale des EMR en 2020, en retrait d'estimations antérieures de 1,6 GW, mais avec un potentiel estimé compris entre 9 et 43 GW en 2050, valeur probable 27 GW...

Un rapport du parlement britannique de février 2012 intitulé *The future of marine renewables in the UK* a recommandé le passage à 5 ROC/MWh en hydrolien et houlomoteur (voir infra). Il porte haut les ambitions nationales et identifie comme freins principaux au développement des EMR, les contraintes de connexion au réseau, les contraintes environnementales, et le manque de clarté en matière de planification.

En tout état de cause, le gouvernement cherche à mettre en place un cadre attractif et réduire les incertitudes pour les investisseurs par le biais de tarifs d'achat, de soutien au développement de fermes, de réduction des risques économiques, d'interconnexion et environnementaux, et enfin de soutien à l'innovation afin d'améliorer la fiabilité et les coûts.

#### **Réforme du marché de l'électricité**

Depuis 2012, le marché de l'électricité britannique est en cours de réforme (cf. infra). Cette réforme, dite EMR, doit attirer les investissements et devrait stabiliser les revenus des investisseurs pour la production d'électricité décarbonée par le biais de contrats sur différences avec tarif d'achat. Ce système, dit CfD – FiT coexistera jusqu'en 2017 avec le présent système d'obligation d'achat des énergies renouvelables, ou ROC, et devrait favoriser l'essor de l'éolien offshore

### **Cas de l'Écosse**

L'Écosse, elle, vise à terme une indépendance énergétique (voire l'indépendance tout court) et se concentre sur ses sites mis en concession pour un total de 1,6 GW dans le Pentland Firth (détroit de Pentland) et les Orcades.

### **Irlande du Nord**

En décembre 2011, le Crown Estate qui gère les eaux nationales a lancé un appel à manifestation d'intérêt pour 600 MW d'éolien offshore et 200 MW d'hydrolien, avec attribution effectuée à l'été 2012.

### **Soutiens, incitations et initiatives**

De nombreuses initiatives de soutien existent. On peut en citer quatre principales : le système des certificats d'obligations renouvelables (ROC) ; le fond de soutien à prototypes à échelle réelle *Marine Renewables Proving Fund* (MRPF) annoncé en 2009 ; les financements de fermes pilotes (MEAD, MRCF, Crown Estate) ; le site de tests European Marine Energy Center (EMEC) fondé en 2003 et le consortium maritime SUPERGEN fondé en 2003, qui a renforcé la recherche de soutien au développement ainsi que la coopération entre universités et industries. Le *Marine Renewables Deployment Fund* (MRDF), fondé en 2003, a été un échec (aucun projet éligible jusqu'à sa fin en 2011) car il était prématuré.

### **Les ROCs**

Le principal mécanisme financier d'incitation est celui des obligations renouvelables (*Renewable Obligations*, RO) donnant lieu à certificats (ROC). Un producteur d'électricité doit, du 1<sup>er</sup> avril 2012 au 31 mars 2013, fournir 15,8 % de son électricité avec des sources renouvelables (le pourcentage augmente avec les années, il était 3 % en 2002). S'il n'a pas suffisamment de ROC à présenter à l'OFGEM (office of the gas and electricity market, <http://www.ofgem.gov.uk>) pour couvrir ses obligations, il peut les acheter sur un marché. S'il y avait un excès de production d'électricité renouvelable, le prix du ROC serait inférieur au prix fixé, et nul si les coûts du renouvelable et du non renouvelable étaient similaires. Le prix du ROC a été fixé à 40,71£ pour 2012/2013. C'est donc la somme à verser par ROC manquant. Sa valeur de marché est souvent légèrement supérieure, car les pénalités versées (40,71£ par ROC manquant) sont reversées à ceux qui ont présenté leurs ROC, au prorata de leur contribution.

Les EMR ont bénéficié de 2 ROC/MWh (comme l'éolien offshore), sans trouver preneur, puis de 3 ROC, ce qui est encore délicat pour les investisseurs. Le gouvernement souhaite donc rehausser le nombre de ROC par MWh à 5 ROC/MWh (environ 330 €/MWh) à partir du 1/4/2013 jusqu'à 2017, pour des projets de moins de 30 MW. Au delà de 30 MW, le soutien restera de 2 ROC/MWh.

### **Après les ROC, les CfD-FiT : la réforme du marché de l'électricité**

Les ROC ne sont pas la fin de l'histoire. La transition est en cours entre le système des ROC présenté supra et un système de soutien par des tarifs d'achat (*Feed In Tariffs* ou FiT) sous-tendant des contrats sur différence (*Contracts for difference* ou CfD) afin d'offrir de la visibilité à long terme pour les investisseurs. La réforme du marché de l'électricité (EMR, *Energy Market Reform*) est en effet en cours et le projet de loi a été publié le 22 mai 2012, présenté au parlement le 29 novembre 2012, a subi deux lectures et passait en comité à la chambre des communes le 15 janvier 2013. Il comporte un projet de cadre opérationnel pour les CfD, qui stipule la façon dont les paiements s'effectuent des entreprises acheteurs obligées aux fournisseurs lorsque le prix du CfD est supérieur au prix de référence, et vice versa, ainsi que la résolution des conflits. Le CfD est donc un contrat où un producteur vend son électricité sur le marché et reçoit la différence entre une estimation du prix de l'électricité et l'estimation du prix à long terme (*strike price*) requis pour rentabiliser l'investissement dans la technologie ENR. Si le prix du marché est inférieur à ce qui est requis pour rentabiliser l'investissement, alors le producteur reçoit un complément ; dans le cas contraire, il doit rembourser la différence.

La transition entre RO et FiT CfD se fera en principe avec une publication des prix au quatrième trimestre 2013, un an avant leur mise en œuvre. L'association RenewableUK (le SER britannique) milite pour que cette publication soit avancée au troisième trimestre 2013 afin de faciliter la transition. La question des contrats entraîne celle des garanties, avec un débat sur le mécanisme adéquat, le Trésor et l'opérateur national de réseau ayant refusé le rôle de contrepartie (cf document HC 275-II de la chambre des communes -house of commons- publié le 23 juillet 2012, et aussi <http://www.decc.gov.uk/assets/decc/11/policy-legislation/energy%20bill%2012/5610-emr->

[alternative-payment-briefing.pdf](#)). Le projet de loi introduit une entreprise (Ltd company) propriété du gouvernement, appelée CfD Counterparty, qui, dès la mise en oeuvre de la loi en 2014, signera les contrats CfD avec les producteurs d'électricité issue d'ENR, collectera les fonds de la part des distributeurs d'électricité et effectuera les paiements aux producteurs.

A fin février 2013, un certain scepticisme subsistait sur la transition entre le système des ROC et le nouveau système, dans un contexte de subventions gouvernementales importantes au pétrole, au gaz et au nucléaire.

### Infrastructures et fermes pilotes

A cela s'ajoutent début 2012 des investissements d'infrastructure et d'innovation britanniques et écossais en faveur de l'hydrolien et du houlomoteur, listés ci-après (avec aussi mention de soutiens écossais en faveur de l'éolien offshore). On notera deux investissements emblématiques de, respectivement 20 M£ pour au maximum deux fermes pilotes (MEAD - *Marine Energy Array Demonstrator* britannique) soit 25 % maximum du coût total du projet conformément à la législation européenne sur les aides d'État, et 18 M£ pour des fermes pilote (MRCF - *Marine Renewables Commercialisation Fund* écossais) afin de débloquent le potentiel de 1,6GW dans les eaux du Pentland Firth et des îles Orcades. Un financement important de 20 M£ en faveur des fermes pilotes a aussi été annoncé le 16 janvier 2013 par le Crown Estate

Low Carbon Innovation Fund: <b>Marine Energy Array Demonstrator</b>	20 M£ pour le développement de <b>fermes hydroliennes</b> : deux projets retenus en 2/2013; Meygen dans le Pentland Firth, et Seagen Wales au Pays de Galles	DECC Ministère britannique de l'énergie et du changement climatique
Taking wave energy to 10MW - Houlomoteur à 10 MW	Investissement pour le houlomoteur	ETI Energy technology institute Ltd britannique (PPP entreprises/gouvernement)
Low cost tidal stream arrays- Fermes hydroliennes à bas coût	Soutien à des fermes commerciales houlomotrices	ETI Energy technology institute Ltd britannique (PPP entreprises/gouvernement)
Marine energy: Supporting array technologies	10,5M£	TSB, Scottish Enterprise et Natural Environment Research Council (NERC)
Saltire Prize (nb : le « saltire » est le drapeau écossais)	10 M£ de prix pour qui parviendra à la production électrique maximale (minimum 100 Gwh) en deux ans de fonctionnement continu avec les EMR	Scottish Development International
WATER 1	6M£ pour R&D pour l' hydrolien et houlomoteur commercial	Scottish Enterprise
WATERS 2	7,9 M£ pour la R&D pour l' hydrolien et houlomoteur commercial	Scottish Enterprise
<b>Marine Renewables Commercialisation fund</b>	18 M£ pour des prototypes en vue de <b>fermes hydroliennes</b> commercialement viables	Gouvernement écossais
Fond NER300 (New Entrant Reserve)	Cf infra: projet Islay (20,65M€ max de 31/10/2016 à 30/10/2021) et projet Kyle Rhea (18,39M€ max de 14/4/2015 à 13/4/2020)	Commission européenne
N-RIF National Renewables Infrastructure Fund	70M£ pour le renforcement des ports et des capacités manufacturières pour l'éolien offshore	Écosse
POWERS	35M£ de soutien aux industries manufacturières d'éoliennes offshore	Écosse
Offshore Wind Expert Support Programme	0,9M£ d'appui à la chaîne d'approvisionnement de l'industrie éolienne offshore	Écosse
Renewable Energy Investment Fund (REIF)	103 M£ : lancé le 10/10/2012 pour accélérer la croissance des EMR en	Écosse



	Écosse, faire approprier les ENR par la communauté, et développer les réseaux de chaleur renouvelable	
<b>Crown Estate</b>	20 M£ : lancé le 16 janvier 2013, pour deux projets de fermes hydroliennes ou houlomotrices	Crown Estate

L'appel à propositions pour MEAD a eu lieu en 2012 et s'est clos le 1/6/2012, les évaluations ont duré jusqu'à début 2013. Les vainqueurs sont le projet Meygen de Meygen Ltd dans le Pentland Firth Inner Sound (ferme hydrolienne de plus de 8 MW et 6 turbines de 1,4MW par Andritz Hydro Hammerfest) et le projet de SeaGeneration (Wales) Ltd à Anglesey dans le Pays de Galles (5 turbines SeaGen-S de 2 MW par Marine Current Turbines). Les subventions attribuées seront soumises à approbation d'exemption d'aide d'État (cf cadre européen pour l'aide d'État à la R&D et à l'innovation, 2006/C 323/01) par les autorités européennes (<https://www.decc.gov.uk/assets/decc/11/meeting-energy-demand/wave-tidal/5334-pre-submission-briefing-pres.pdf>). Les fermes projetées par l'appel étaient de capacité 5 MW (10 GWh/an) ou plus, même si des fermes produisant 7 Gwh sont considérées. A l'arrivée, une ferme de 8,5 MW et une ferme de 10 MW sont retenus. Les projets doivent utiliser une technologie éprouvée à taille réelle en mer et les unités de production doivent être semblables en conception et en taille à celles qui seront utilisées dans les fermes futures. Il est d'ailleurs indiqué par l'association RenewableUK dans des documents du Parlement britannique, que ces fermes n'ont d'intérêt que si elles sont partie de projets plus vastes à bâtir après 2017. Le planning du projet doit être assez avancé pour que la fourniture d'électricité au réseau commence au 31 mars 2016. Le financement peut atteindre 45 % du coût du projet pour une petite entreprise (moins de 50 employés, et moins de 7M€ de CA ou moins de 5M€ de bilan au sens du règlement EC 70/2001), 35 % pour une entreprise moyenne (moins de 250 employés, et moins de 40M€ de CA ou moins de 27M€ de bilan) et 25 % pour une grande entreprise. Le financement ne peut se faire qu'entre avril 2013 et mars 2015.

L'appel à proposition MRCF devait rendre ses résultats fin 2012. En pratique, compte tenu du fait que les deux premiers lauréats pressentis (Sound of Islay/détroit d'Islay dans l'ouest de l'Ecosse, et Kyle Rhea entre l'Ecosse et l'île de Sky) ont aussi été lauréats de l'appel NER300, et que ces deux appuis ne se peuvent cumuler, des discussions ont eu lieu pour déterminer quel projet choisit quel soutien. Le gouvernement écossais privilégiait bien sûr la solution dans laquelle les deux premiers retenus au MRCF choisissent le soutien NER300, ce qui permettrait de débloquent les projets suivants.

### Investissements de R&D

Il y a aussi des investissements de R&D orientés vers les technologies de prochaine génération:

SuperGen UK Centre for Marine Energy Research (UKCMER)	Recherche collaborative avec 5 universités (Robert Gordon, Edimbourg, Heriot-Watt, Lacaster, Strathclyde) et 20 énergéticiens ou distributeurs d'électricité	The Sustainable Power Generation and Supply Initiative (SUPERGEN Marine)
7e PCRD	Général, y compris houlomoteur et hydrolien	Commission de l'union européenne
WATER 1 (déjà cités cf supra)	6M£ pour R&D pour l'hydrolien et houlomoteur commercial	Scottish Enterprise
WATERS 2 (déjà cités cf supra)	7,9 M£ pour la R&D pour l'hydrolien et houlomoteur commercial	Scottish Enterprise
Divers	Outils pour aider à la détermination des verrous	UK Energy Research Centre (UKERC)

### Le Crown Estate

Le Crown Estate, propriétaire et chargé de la gestion des eaux territoriales, joue, quant à lui, un rôle de facilitateur en concédant des sites de projet dans les eaux britanniques (33 sites mi-2012), en investissant pour accélérer les développements et réduire les risques (5,7 M£ pour le Pentland Firth et les eaux des Orcades; 20M£ annoncés en janvier 2013 pour le financement de 2 projets hydroliens ou houlomoteurs), en consultant l'industrie et en rendant les EMR plus accessibles aux PME par des réductions d'exigences en matière de garanties (division par cinq pour Pentland Firth et Orcades).



### Sites d'essais

Trois sites d'essais, l'*European Marine Energy Center* ou EMEC (Écosse), le *National Renewable Energy Center* ou NAREC (Nord-est de l'Angleterre) et le WaveHub (Cornouailles, Sud-ouest de l'Angleterre), jouent un rôle important pour la réduction des risques et l'évaluation technico-économique.

L'**EMEC** (<http://www.emec.org.uk>), entreprise privée à but non lucratif fondé en 2003, est le plus important dispositif d'essais. Depuis sa création, un financement public de 30 M£ lui a été attribué par ses propriétaires (l'agence de développement économique écossaise Highlands and Islands Enterprise, The Carbon Trust, Orkney Islands Council) et le gouvernement écossais, le gouvernement britannique, l'agence de développement économique écossaise Scottish Enterprise, l'Union européenne. Il offre 14 sites d'essais en taille réelle et est installé sur cinq sites, dont deux pour les essais en taille réduite. Les sites d'essai sont tous connectés au réseau par câble de 11 kV. La location d'un site d'essai en taille réelle est typiquement de 250 000£/an, pour une durée de un à cinq ans (mais tous les sites sont occupés jusqu'en 2015). Pour un site en taille réduite il faut compter 12500£/mois, pour une durée de trois à 12 mois.

Billia Croo	Stromness, Orcades	5 sites d'essais Houlomoteur
Fall of Warness	Au large de l'île d'Eday	8 sites d'essai Hydrolien
Scapa Flow	Au large de la baie St Mary	Houlomoteur, échelle réduite
Shapinsay Sound	Au large de Holland Head	Hydrolien, taille réduite
Stromness	Stromness, Orcades	Administration et gestion de données

Le Ministre écossais de l'énergie a annoncé fin février 2013 de nouveaux financements en faveur de l'EMEC : 3M£ pour l'agrandissement du site de test et 1,1M£ pour le lancement d'un programme de recherche sur les navires.

Le **NAREC** propose à fin 2012 trois sites de fermes éoliennes offshore pour 15 turbines, totalisant 100 MW.

Le **WaveHub** (8 km<sup>2</sup>) propose 4 sites de test de capacité 4-5 MW chacun et est connecté au réseau par un câble de 11 kV avec, à terme, une capacité de 50 MW lorsque un câble de 33 kV sera opérationnel. Il existe aussi un site d'essais houlomoteurs non connecté au réseau appelé Fab Test (2 km<sup>2</sup>) à Falmouth. Des parcs des énergies marines jouent le rôle de clusters pour coordonner les activités régionales.

### Législation et réglementation

Ce qui suit traite du Royaume-Uni. Il faut cependant citer le cas particulier de l'Écosse, qui en 2011 a produit 40 % de l'électricité renouvelable du Royaume-Uni et concentre les énergies marines britanniques. Un accord de dévolution de 1999 répartit les compétences entre le Royaume-Uni (sujets régaliens, économie mais aussi énergie notamment) et l'Écosse (mécanismes de marché, obligations renouvelables, planification et concession de sites propices aux énergies marines). On retiendra que le système écossais est beaucoup plus simple que le système britannique pour les soumissionnaires, avec un guichet unique pour le processus de licence en EMR, avec un ambitieux objectif de 9 mois pour le délai de décision.

### Licences

Le processus de licence britannique requiert une étude d'impact environnemental complète pour les déploiements commerciaux, ainsi qu'un certain nombre de permis, au titre du *Food and Environmental Protection Act* ou FEPA de 1989 (dépôts sur le sol marin), de la section 36 du *Electricity Act* de 1989 (convertisseurs marins de plus d'1 MW), de la section 34 du *Coast Protection Act* ou CPA de 1949 (sécurité, navigation et environnement), des espèces européennes protégées, de la concession par le Crown Estate (valable pour l'exploration et l'exploitation du sol marin, hors charbon, pétrole et gaz), et des autorisations des autorités d'aménagement (connexion au réseau électrique).

Le processus est considéré comme compliqué. Les autorisations requises en Ecosse (cf. infra) sont assez semblables : *Marine Licence* et section 36 du *Electricity act* de 1989, marine licence au titre du *Marine Scotland Act* et *UK Marine and Coastal Access Act*, section 44 de la directive européenne sur les espèces protégées, du *town and country planning (Scotland) act* et des réglementations de décommissioning au titre du *Energy Act* de 2004 (DECC).

Mais l'Ecosse se distingue par un processus de concession simplifié, avec surtout un guichet unique (*Marine Scotland Interactive*), en place depuis 2 ans et une ambition de réponse en principe en neuf mois. Un manuel révisé sur les licences pour les énergies renouvelables a été publié en octobre 2012. Des guides aident les soumissionnaires sur les questions de surveillance, déploiement et suivi (par une approche basée sur les risques), d'interaction entre concession maritime et planification terrestre, d'impact visuel (revue des méthodologies et conseil aux développeurs). Un travail collaboratif est mené avec les développeurs sur la construction des études d'impact. Il y a donc non seulement guichet unique mais accompagnement.

### **Planification des espaces maritimes : Royaume-Uni**

En matière de planification des espaces maritimes (MSP), le Royaume-Uni dispose d'une stratégie nationale et d'un cadre intégré répondant aux exigences de la directive cadre stratégie pour le milieu marin (DCSMM). Il s'agit du *Marine and Coastal Access act* (MCA), édicté en 2009, qui établit un système de planification intégré pour la gestion des mers, côtes et estuaires ainsi que des réglementations simplifiées. Le MCA couvre toutes les eaux maritimes sans exclusive, et donc tant les eaux territoriales dans la limite des 12 milles nautiques que les eaux de la ZEE jusqu'à 200 milles nautiques de côtes.

Le système de planification proposé comporte trois composantes : la déclaration de politique maritime (*Marine Policy Statement*), les plans marins (*Marine Plans*) et les concessions marines (*Marine licensing*). Le *Marine Policy Statement* spécifie l'environnement général et les considérations environnementales, sociales et économiques à prendre en compte en matière de planification des espaces maritimes. Il s'applique à toutes les eaux britanniques. Les plans marins doivent être cohérents avec le *Marine Policy Statement* et indiquent à terme aux développeurs les endroits où ils peuvent conduire leurs activités, éventuellement avec restrictions, voire les endroits où leurs activités ne seront probablement pas considérées comme appropriées. Ces plans marins s'imposent à toute autorité publique, sauf si elle peut produire des justifications de dérogation. Le MCA établit aussi une *Marine Management Organisation* en charge de mettre en œuvre la planification des espaces maritimes, le régime de licences associé, la gestion de la capacité des flottes, la désignation des aires marines protégées.

On peut noter que les zonages sont en général dédiés à une seule EMR. Par exemple, pour l'éolien offshore, les seules activités supplémentaires envisagées à l'intérieur des fermes offshore, sont celles de la pêche (certaines activités de pêche, pas toutes), et de la navigation de plaisance. L'idée de zones hybrides paraît peu attirante à court terme : les sites optimaux pour l'éolien (plus au large) ne sont en général pas les mêmes que ceux qui sont optimaux pour les marémotrices ou les houlomotrices.

### **Planification des espaces maritimes : Ecosse**

On peut noter qu'il existe, ce qui est rare en Europe, un plan spatial maritime dédié au développement des EMR en Écosse, élaboré par Marine Scotland, dans le détroit de Pentland (Pentland Firth) et aux Orcades (Orkneys). Le cadre légal est le *Marine (Scotland) Act* de 2010. Le gouvernement écossais a ainsi le pouvoir de définir des plans régionaux, pouvoirs qu'il peut d'ailleurs déléguer à des partenariats de planification maritime.

Un cadre de planification spatiale maritime (MSPF, *Marine Spatial Plan Framework*) a été mis en place pour encadrer le développement de planifications futures et couvre les eaux territoriales jusqu'à la limite des 12 milles nautiques, en faisant la liste des différents usages dans cette zone et les impacts mutuels de ces usages. Le document cadre est complété par un guide régional (*Regional Locational Guidance*) qui fournit des conseils aux développeurs d'EMR et autres parties prenantes en matière de localisation de production d'énergie houlomotrice ou hydrolienne.

### **Aspects environnementaux**

Par le biais du *Offshore Energy Strategic Environmental Assessment* (OESEA2) et après 12

semaines de consultation publique closes le 12 mai 2011, le gouvernement britannique (DECC: ministère de l'énergie et du changement climatique) a conclu en octobre 2011 qu'il n'y a pas d'obstacle à ouvrir les eaux britanniques à l'exploitation des EMR et donc à accorder des concessions pour l'exploitation de l'énergie hydrolienne ou houlomotrice, pourvu que des mesures appropriées soient prises pour empêcher ou réduire les impacts de toute nature.

Le Pays de Galles dispose d'une loi sur l'accès maritime et côtier, l'Irlande du Nord doit présenter une loi maritime en 2012.

### Financement : ROC

Au Royaume Uni et en Écosse est mis en place le système des ROC (renewable obligations certificates). Voir infra.

### Principaux mécanismes de financement public

Le guichet initial est le Energy Generation and Supply Knowledge Transfer Network (<http://ktn.innovateuk.org/web/energyktn>). D'autres organismes de soutien à l'innovation sont:

Research Councils <a href="http://www.rcukenergy.org.uk/">http://www.rcukenergy.org.uk/</a>	UK energy programmes	Recherche de base et appliquée	Non spécifique, domaine étendu
TSB Technology strategy board <a href="http://www.innovateuk.org/">http://www.innovateuk.org/</a>		Projets de R&D de taille moyenne	Lié à des technologies spécifiques
ETI Energy Technology Institute <a href="http://www.lowcarboninnovation.co.uk/EnergyTechnologiesInstitute.aspx">http://www.lowcarboninnovation.co.uk/EnergyTechnologiesInstitute.aspx</a>		"PPP" investissant dans des solutions complètes. L'ETI est un PPP entre le gouvernement britannique et des entreprises: BP, EDF, E.ON, Shell, Rolls-Royce, Caterpillar...	
Carbon trusts <a href="http://www.carbontrust.co.uk/Pages/Default.aspx">http://www.carbontrust.co.uk/Pages/Default.aspx</a>		Soutien précommercial	Innovations à bas contenu carbone
DECC Department of Energy and Climate Change			
Écosse : Scottish/Enterprise, gouvernement écossais...	Programme WATERS, 13M£	Développement et déploiement de projets	Énergie des vagues et hydrolienne
Pays de Galles, convergence and competitiveness fund			

Ce foisonnement est perçu comme excessif, et pouvant conduire à des inefficacités en cas de recouvrement. Le modèle poursuivi est celui des États-Unis, où l'ensemble des financements gouvernementaux est administré par le seul Department of Energy (DoE).

## Recherche et Développement

### R&D financée par le(s) gouvernement(s)

Supergen marine consortium – phase 3 <a href="http://www.supergen-marine.org.uk/drupal/">http://www.supergen-marine.org.uk/drupal/</a>	Oct 2011-oct 2016	Recherche fondamentale et appliquée pour le déploiement rapide des EMR et la formation doctorale; au total 5,5M£ de l'EPSRC	Universités d'Edimbourg, Royale de Belfast, Strathclyde, Exeter;..
Technology Strategy Board (TSB)	10 M£	R&D pour des démonstrateurs houlomoteurs et hydroliens à échelle 1 et réduction des	Technology Strategy Board, Scottish enterprise, Natural Environment Research

		coûts	Council
Marine Energy – Supporting Array Technologies <a href="http://www.innovateuk.org/content/our-focus-areas/energy-generation-and-supply/marine-energy-supporting-array-technologies.ashx">http://www.innovateuk.org/content/our-focus-areas/energy-generation-and-supply/marine-energy-supporting-array-technologies.ashx</a>	Appel 5/2/2012-10/4/2012, expressions d'intérêt avant le 17/4/2012	R&D collaborative, recherche appliquée, expérimentale et démonstrations: câblage de fermes, hubs électriques sous-marins, vaisseaux d'installation et de maintenance, dispositifs anti collision, corrosion, plus projets blancs	
Energy Technology Institute LTd <a href="http://www.eti.co.uk/request_for_proposals/view/18">http://www.eti.co.uk/request_for_proposals/view/18</a>	Été 2012-été 2013 (1e phase)	Démonstrateur houlomoteur à bas coût de 10 MW	L'ETI Ltd est un PPP entre le gouvernement britannique et industriels (BP, Shell, EDF, E.ON...)
Site de test Nautilus au NAREC National renewable energy center	2012	Turbines de 3 MW , éoliennes ou hydroliennes tests en vue d'accréditation ISO 17025 par l'UKAS (anfnor britannique) quand les normes seront finalisées	
Programme Écosse	WATERS, 13 M£		

### R&D financée par l'industrie

Cf supra.

#### Participations à des projets internationaux

Ocean Energy Interest Groupe (États membres de l'UE)			Publication de "Towards European industrial leadership in Ocean Energy in 2020"	Coopération avec European Ocean Energy Association
ORECCA - Off-shore Renewable Energy Conversion platforms	Coordination	7 <sup>ème</sup> PCRD		
Sound of Islay, Écosse	Hydrolien , ferme de 10 MW (Andritz Hammerfest)	NER300	4 projets écossais soumis, 2 sélectionnés le 18/12/2012	20,65M€ max de 31/10/2016 à 30/10/2021
Kyle Rhea Tidal Turbine array	Hydrolien, ferme de 8 MW (Marine Current Turbine)	NER300	4 projets écossais soumis, 2 sélectionnés le 18/12/2012	18,39M€ max de 14/4/2015 à 13/4/2020
Renewable Energy Regions Network (RENREN)	EMR			14 partenaires

Il faut aussi mentionner l'active politique internationale de l'EMEC, qui, à fin 2012, avait déjà signé cinq accords-cadre avec, respectivement, l'Ocean University de Chine, l'Ocean Energy Association of Japan (pour aider à créer le Japanese Marine Energy Center), le Pacific Marine Energy Centre d'Oregon aux USA, le Fundy Ocean Research Centre for Energy (FORCE) au Canada, et dernièrement la cité d'Incheon en Corée du sud. La plupart de ces accords sont des aides à la mise en place de centres d'essai. L'accord avec le FORCE est différent, « d'égal à égal », avec partage d'informations sur les conditions physiques sévères rencontrées de part et d'autre.

## Démonstration de technologies

De 1979 à 2012 les financements britanniques en matière de démonstrateurs ont atteint 137M£:

ETI	10,8M\$
CT MEA	3,5M£
CT MEC	3M£
TSB	20M£
MRPF	22M£
RES Infrastructure	36M£
WATESS	13,5M£
WATES II	10 M£
WATERS2	7,9M£
TSB MESAT	10,5M£

Les entreprises de réseau impliquées dans des projets de R&D, démonstration ou développement de projet sont:

Scottish and Southern Energy	R&D, démonstration technologique et développement de projet
Scottish Power Renewables	R&D, démonstration technologique et développement de projet
EON R&D	démonstration technologique et développement de projet
ESBI R&D	démonstration technologique et développement de projet
Vattenfall	développement de projet
IT Power	développement de projet
RWE – nPower Renewables	démonstration technologique et développement de projet

## Projets opérationnels

EMEC	Pelamis Wave Power, P2	750 kW	E.ON Climate & Renewables	houlomoteur	Actif en 2011	Achat par E.On + Carbon Trust, TSB, WATERS
EMEC	Pelamis Wave Power, P2	750 kW, prélude à une ferme de 66 Pelamis, 50 MW à Marwick Head dans les Orcades	Scottish Power Renewables	houlomoteur	Installé en 2012	Financement Scottish Power Renewables, + Carbon Trust, PFB et WATERS.
EMEC	Aquamarine Power Ltd, Oyster 800	800 kW (1,6 MW à terme), prélude à exploitation de concession de 10 MW en démonstration et 30 MW commerciaux acquise en mai 2011 à north	Aquamarine Power	houlomoteur	Actif en 2011 Autorisation en février 2012 d'installer deux autres oyster 800	Aquamarine a 70 M£ en fonds (SSE Venture capitals, ABB Technology Ventures, Scottish Enterprise), subvention

		west Lewis					(5M£ carbon trust, 3,15 M£ WATERS) et dettes (3,4M£ à repayer à partir des revenus de l'Oyster à Barclays Corporate:
EMEC	Wello Oy, Penguin	500 ou 600 kW	Wello	houlomoteur	Installé en 2012		5,5M£ + investissements de VNT Management, Veraventure, Tekes
EMEC	Open hydro, turbine ouverte au centre	250 kW, prélude à la ferme EDF de Paimpol-Bréhat (0,5 MW voire 1,2MW dans le Raz Blanchard) puis une ferme de 200 MW à Pentland Firth et un projet de ferme en Irlande du Nord	Open Hydro	hydrolien	Installé en 2006		1,85M£ du mécanisme écossais WATERS, part de 1,87 M£ par Bord Gais Energy, et part de 8% soit 11,7M£ par DCNS en janvier 2011 (rachat total fin 2012 par DCNS)
EMEC	Open Hydro	600 kW		hydrolien	Actif en 2011, Non connectée au réseau		
EMEC	Tidal Generation Ltd, DeepGen III	500 kW, prélude à une turbine de 1MW en juin 2012 ou plus tard dans le cadre du projet ReAdapt de l'ETI puis à des petites fermes en 2013-2014, grandes en 2018 (projet de 398 MW du consortium Meygen Ltd)		hydrolien	Installé en septembre 2010		215 Mwh produits à date de mars 2012 Financement Rolls Royce + 6M£ par ETI
EMEC	Tidal Generation Ltd, DeepGen IV	1 MW	Collaboration avec Meygen Ltd	hydrolien	Juin 2012?		
EMEC	Atlantis Resources Corporation, AR1000	1 MW, prélude à une fourniture au consortium Meygen pour une ferme hydrolienne de 398 MW au site de détroit Pentland Firth	Meygen Ltd est un consortium entre Morgan Stanley (45%), International Power (45%) et Atlantis Resources Corporation	hydrolien	Installé en 2011		Récemment 1,85M£ du carbon trust, pour conception et fabrication de la nacelle 1 MW



		en 2020	(10%)			
EMEC	Scotrenewables Tidal Power, SR250	250 kW, modèle réduit prélude à un démonstrateur commercial de 10 MW	Scotrenewables Tidal Power	Hydrolien flottant	Actif en mars 2011 pour 2 ans, pas encore connecté au réseau	Financement Carbon Trust, mécanisme écossais WATERS, Fred Olsen Renewables, et TOTAL
EMEC	Andritz Hydro Hammerfest (ex Hammerfest Strom), HS1000	1 MW, prélude à une ferme de 10 MW à Islay pour ScottishPower Renewables en 2013-2015 (financement obtenu du NER300) et 95MW à Ducansby Head	Andritz Hydro Hammerfest	hydrolien	Installé en décembre 2011	Andritz a racheté une part de 55,4% + Carbon Trust, Scottish Enterprise, Innovation Norway
EMEC	Voith Hydro Ocean Current Technologies, Hy Tide 1000-13	1 MW, prélude pour 2015 à des fermes de 100 MW en Corée du Sud (Jindo) et en Europe	Voith Hydro	hydrolien	Installation tentée en 2012, test en principe pour 3 ans	11,8 M€ dont 1,7M€ par le Marine Renewables Proving Fund
Strangford Lough, Irlande du Nord	Marine current Turbines, projet Seagen	1,2 MW, prélude à 4 SeaGen de 2 MW à en 2014 et aux déploiements à Skerries et Kyle Rhea	Marine Current turbines	hydrolien	Opérationnelle depuis 2008; feu vert environnemental en janvier 2013 par l'université de Belfast	3 Gwh produits de 2008 à mars 2012. Rachat par Siemens
Islay, Écosse	Voith Hydro projet Wavegen, Limpet, colonne oscillante	500 kW	Voith Hydro Wavegen	houlomoteur	Installée en 2000	Limpet financé par l'UE; projet Sladar Wave Energy financé 6 M€ par le mécanisme écossais WATERS
Embouchure de la Humber	Pulse Tidal, Pulse Stream 100	100 kW, en vue de la conception d'une machine de 1,2MW qui sera déployée à Kyle Rhea en Écosse	Pulse Tidal	Hydrofoil oscillant, hydrolien	Installé depuis 2009	7 M€ du 7e PCRD pour le successeur à Kyle Rhea, dont le coût total de projet sera de 20 M€
EMEC	Seatricity			houlomoteur	Déployé au printemps 2012	
EMEC	Bluewater			hydrolien	2012	
EMEC	Kawasaki Heavy Industry	1 MW		hydrolien	2013	

## Nouveaux développements

### Sites d'essais

En 2011, l'EMEC a étendu ses infrastructures avec trois nouveaux emplacements connectés au réseau (deux en hydrolien, un en houlomoteur) et deux nouveaux sites hydrolien et houlomoteur avec deux emplacements chacun. En 201.3 3M£ ont été alloués pour l'agrandissement du site de tests.

Neptune Renewable Energy prépare le déploiement de l'hydrolienne Neptune Proteus dans l'embouchure de la Humber à partir de 2012.

Un nouveau site de test houlomoteur, le FabTest, a été créé à Falmouth (sud de la Cornouaille) en 2011 et permet des essais sur trois équipements. Il aidera au déploiement de fermes au site de test de Wave Hub au large de la Cornouaille.

### Marémoteur

Le gouvernement a en octobre 2010 conclu à la non-opportunité d'investissement public en faveur de la mise en place d'une centrale marémotrice sur la Severn, mais des consortiums privés poursuivent cette idée avec un conception novatrice : barrage bas, turbines contra-rotatives (voir aussi plus bas le projet de Hafren sur la Severn). D'autres études portent sur des lagons ou estuaires. Les prix semblent cependant trop élevés vu les mécanismes de soutien existants.

### Hydrolien

La Grande Bretagne aligne à court terme un nombre impressionnant (quatre) de fermes hydroliennes financées, de capacité 8-10 MW, et devant être opérationnelles en 2015 ou début 2016. Un projet de ferme hydrolienne de 10 MW à **Islay** en Écosse a été porté par Scottish Renewables et Hammerfest Strom qui fournit les dix turbines. L'autorisation a été accordée en neuf mois en 2011. Ce premier parc en conditions réelles est la dernière étape avant l'exploitation hydrolienne à grande échelle (projet de 95 machines dans le détroit de Pentland). Le programme européen NER300 a mis le 18 décembre 2012 ce projet parmi les lauréats de son premier appel, avec un financement maximal équivalent à 20,65 M€ d'octobre 2016 à octobre 2021.

De même, le projet de fermes hydroliennes à **Kyle Rhea** (8 MW, turbines MCT) a été sélectionné le 18/12/2012 par le programme NER300 pour un financement maximum équivalent à 18,4M€ d'avril 2015 à avril 2020.

Le projet de ferme hydrolienne **Meygen** de Meygen Ltd dans le Pentland Firth en Ecosse (8,4 MW soit environ 6 turbines de 1,4MW de Andritz Hydro Hammerfest) a été lauréat le 27/2/2013 d'un financement de 10M£ par le fond britannique MEAD et devrait être opérationnel avant 2016.

Le projet de ferme hydrolienne de **Seageneration** (Wales) Ltd à **Anglesey** dans le Pays de Galles (10 MW, turbines SeaGen-S 2MW de Marine Current Turbines) a aussi été lauréat le 27/2/2013 d'un financement de 10M£ par le fond britannique MEAD et devrait être opérationnel en 2015.

Le Pays de Galles a autorisé en 2011 son premier démonstrateur EMR, une hydrolienne Deltastream de 1,2MW installée par Tidal Energy Ltd dans le Ramsey Sound. L'installation est prévue pour 2012. Le projet doit coûter 11 M£ dont 6,4M£ par WEFO, 1M£ par l'Université de Cranfield et 400 k£ par le Carbon Trust. Il doit déboucher sur une ferme de démonstration commerciale pouvant aller à 10 MW.

Un prototype de « moving kite » (hydrolien) doit être testé par l'entreprise suédoise Minesto à Strangford Lough.

Enfin, le 30 janvier 2013, l'entreprise Hafren a défendu devant le comité de l'énergie et du changement climatique du Parlement britannique, un barrage de 18 km pour mise en place d'une station hydrolienne de 1096 turbines et de puissance 6,5 GW, pour un coût de 25 G£.

### Eolien flottant

En avril 2012, le Royaume-Uni et les États-Unis ont annoncé une collaboration et signé un accord-cadre sur le développement d'éoliennes flottantes. L'ETI britannique (Energy Technology Institute) finance à hauteur de 25 M£ (28 M€ ou 40 M\$) un démonstrateur d'éoliennes offshore flottantes, dont les candidats retenus (en principe début 2013) devront en 2016 présenter un système éolien flottant de classe 5-7MW et le faire fonctionner deux ans. Le projet pourrait être situé en Cornouailles, sur le site du WaveHub.

## Fiche pays : Suède

8,6 SK=1€ (30/12/2012)

Prix de l'électricité pour l'industrie :: 104,20\$/MWh, pour les ménages 248,18\$/Mwh (AIE2011)

### Introduction

En juin 2011, la Suède disposait de 164 MW d'éolien offshore installé. La croissance de cette capacité (notamment le fait de l'électricien Vattenfall, qui investit aussi en Allemagne et au Royaume-Uni) pose la question de son raccordement, qui n'est pas assuré contrairement au Danemark ou à la Norvège par exemple.

En 2011 la capacité houlomotrice installée était de 150 kW (plus 1 MW en cours d'installation) pour un potentiel extractible de 10 TWh/an.

Un projet de ferme de démonstration houlomotrice de 10 MW et le développement d'un prototype hydrolien développé par Minesto, financés par l'agence suédoise de l'énergie (SEA) ont débuté en 2011.

L'Ocean Energy Center (<http://www.oceanenergycentre.org/>) a été fondé en 2011 à l'initiative de développeurs liés à l'université de Chalmers, afin de servir de plate-forme publique-privée de soutien à la recherche appliquée.

Un processus de zonage des eaux territoriales suédoises a débuté en 2012, afin d'identifier, entrer autres, des sites houlomoteurs.

### Politique EMR

#### Stratégie et objectifs nationaux

Il existe un système général de certificats verts d'électricité renouvelable ET2011:52 ([www.energimyndigheten.se](http://www.energimyndigheten.se)) et un objectif de 25 TWh d'électricité renouvelable de plus en 2020 par rapport à 2002. Un accord entre la Suède et la Norvège a été signé en 2011 afin d'unifier les marchés de certificats des deux pays et d'augmenter de 26 TWh la production commune d'électricité renouvelable entre 2012 et 2020. Les seuls EMR bénéficiaires de tels certificats sont les énergies houlomotrices.

Cependant la Suède n'avait en 2011 pas de stratégie spécifique ou d'objectif national en matière d'EMR.

#### Soutiens, incitations et initiatives

#### Législation et réglementation

En matière de planification des espaces maritimes, la Suède a lancé une enquête gouvernementale en 2006 pour améliorer la gestion de ses espaces maritimes et une approche intégrée a été reconnue comme nécessaire par le ministère de l'environnement en 2008. Il n'existe cependant pas de cadre légal intégré, même si la législation pour l'aménagement des sols terrestres s'étend aux limites des eaux territoriales. Par contre les autorités locales ont en Suède comme dans les pays scandinaves des pouvoirs de planification jusqu'à trois milles nautiques du trait de côte.

Les demandes d'essai sur site ou d'implantation de fermes de démonstration ou commerciales doivent recevoir l'aval de l'administration locale (comté), après une lourde procédure judiciaire d'étude d'impact environnemental impliquant toutes les agences gouvernementales et régionales concernées.

#### Principaux mécanismes de financement public

Les principaux mécanismes de financement sont les agences du secteur public, notamment l'agence nationale de l'énergie (SEA) ou la « Swedish Governmental Agency for Innovation Systems » (VINNOVA), ou encore les agences régionales de soutien à la R&D.

## Recherche et Développement

### R&D financée par le gouvernement

En 2011 le budget public de R&D sur les EMR est d'environ 1,5M€.

Projet Lysekil <a href="http://www.el.angstrom.uu.se/Meny/Eng/index_E.html">http://www.el.angstrom.uu.se/Meny/Eng/index_E.html</a>	Université d'Uppsala	houlomoteur	2006-2011	
Projet Seabased <a href="http://www.seabased.se">www.seabased.se</a>	Entreprise Seabased, spin-off de l'université d'Uppsala	houlomoteur	Tst de performance achevé en 2011	
Strangford Lough, Irlande du Nord	Minesto (Suède)	Hydrolien (moving kite)	Débuté en 2011	Financement par la SEA

### R&D financée par l'industrie

En 2011 le budget privé de R&D sur les EMR est d'environ 2M€.

Divers projets en Écosse	Vattenfall AB (Suède)			
Côte occidentale de Suède	Fortum (Finlande)	Parc houlomoteur de démonstration de 10 MW		

### Participations à des projets internationaux

La Suède et le Portugal sont associés dans le projet européen InnoEnergy.

### Démonstration de technologies

En 2011 le budget public (resp. privé) de démonstration technologique sur les EMR est d'environ 15,5M€ (resp. 13,4M€).

Les entreprises de réseau impliquées dans des activités de R&D ou de démonstration sont:

Vattenfall AB	R&D
Fortum AB (Finlande)	démonstration technologique
Statkraft AS	R&D
Göteborg Energi AB	R&D
Falkenberg Energi AB	R&D

### Projets opérationnels

Projet Seabased <a href="http://www.seabased.se">www.seabased.se</a>	Entreprise Seabased, spin-off de l'université d'Uppsala; entreprise de réseau Fortum AB	Ferme houlomotrice de 10 MW, objectif 25 GWh/an	Aide d'Etat acquise en 2009, autorisée par la commission européenne en 2011
---	---	---	---

## Annexe - 8 Liste des personnes rencontrées

Date	Nom	Organisme	Thème
30/11/12	Jean-Louis BAL, président du SER Philippe GILSON, président de la commission énergies marines du SER Antoine DECOUT, SER	SER	EMR
03/12/12	Georgina GRENON Boris FEDOROVSKY Antoine RABAIN Roland MESTRE	DGEC GICAN Indicta DCNS	Etude Indicta pour le GICAN – positionnement des acteurs du naval et du maritime sur les EMR
03/12/12	Yann Hervé de ROECK	France Énergies Marines	FEM, état des lieux
04/12/12	Christophe SCHRAMM, Conseiller technique Soraya THABET, directrice de cabinet Julien THOMAS, adjoint chef de bureau Georgina GRENON, chargée de mission	Cabinet du MEDDE  DGEC  DGEC DGEC	Cadrage MEDDE
05/12/12	Georgina GRENON	DGEC	Vision DGEC
06/12/12	Philippe RUEF directeur des filiales énergétiques, BU international Outremer Eric BASSAC, chef du projet SWAC, pôle international	GDF Suez Energie Services	SWAC à la Réunion
7/12/2012	Stéven CURET, directeur energy policies France and business intelligence, Frederick HENDRICK, VP Wind Offshore Nicolas SERRIE, Wind offshore France and Belgium director Erick PELERIN, Frederic DA SILVA, Business development manager	Alstom	Activités d'Alstom en EMR
10/12/2012	Jean-Philippe BONNET, directeur du service accès au réseau et offre de services	RTE	Problématiques de raccordement au réseau
11/12/2012	Jérôme PECRESSE, vice-président du groupe en charge des énergies renouvelables	Alstom	Activités d'Alstom en EMR
12/12/2012	Delphine BATHO, ministre de l'écologie du développement durable et de l'énergie	MEDDE	Mission EMR

13/12/2012	Charles SMADJA	Nenuphar	Vertiwind
19/12/2012	Pierre-Marie ABADIE, directeur de l'énergie, Nicolas BARBER chef de bureau SD3/3B, Julien THOMAS adjoint au chef de bureau SD3/3B	DGEC/DE	EMR, AMI ADEME
19/12/2012	Ivan FAUCHEUX, directeur de programme « énergie, économie circulaire », Nadia BOUKHETAYA, conseiller énergie	CGI	AMI, de l'ADEME, FEM, ...
03/01/13	Laurent BEAUVAIS, Président du Conseil régional de basse Normandie et de la SPL, Jean-Michel HOULLEGATTE, maire de Cherbourg Laurent ROUXEL, Président de la CUC communauté Urbaine de Cherbourg, Philippe MENUT, Dr Gal CUC de Cherbourg, François PIQUET, DG de la SPL Ouest Normandie Energies Marines. Pierre-Alain MOLINA, Dr adjoint du Cabinet de M. Bernard Cazeneuve, Christophe SCHRAMM, Cabinet MEDDE		Enjeux région basse Normandie, hydrolien
07/01/13	Louis François DURRET, CEO Areva Renewables Raphael BERGER, Senior VP, Strategy Christopher LcLOUGHLIN, Vice president strategy, Remi COULON, chief commercial officer, Sébastien HITA PERONA, Director marketing and business development	Areva Renewables	éolien
07/01/13	Andreas LOEWENSTEIN, Directeur de la stratégie et du développement Rebecca PERES, directrices des affaires publiques Frédéric LE LIDEC, Directeur de l'incubateur	DCNS	EMR, Open Hydro
08/01/13	Antoine CAHUZAC, Directeur général, Yvon ANDRÉ, Directeur général délégué, Pierre-Guy THÉRON, Directeur des technologies, Marie-Odile HARWEG, Chargée de mission, Jean-Luc ARCHAMBAULT, Pdt de Lysios Public Affairs,	EDF EN	EMR



09/01/13	Pierre PARVEX, directeur Isabelle ARDOUIN, directrice développement de Futures Energies Soizic HEMION, responsable des relations institutionnelles	GDF Suez Production d'électricité, pôle énergies Renouvelables	Hydrolien EMR
10/01/13	Jean BALLANDRAS	AkuoEnergie	ETM
11/01/13	Hélène MONTELLY, DEM/LM2 Jean-Baptiste BUTLEN, DEM/AT5 Alain VANDERVORST et Florent DEHU, bureaux DHUP/QV4 et QV5 Julien THOMAS, bureau DGEC/DE/3B	DGEC, DEM, DHUP	occupation du domaine public maritime, loi sur l'eau, code de l'urbanisme, obligation d'achat / autorisation d'exploiter
11/01/13	Francis VALLAT, Président du Cluster Maritime français	Cluster Maritime Français	
14/01/13	Jean HOURÇOURIGARAY, réfèrent budgétaire	Ministère de l'Équipement et des Transports terrestres de la Polynésie Française	ETM
14/01/13	Rémi CHABRILLAT, Directeur Productions et Energies Durables ADEME	ADEME	AMI
14/01/13	Max-André DELANNOY, Business Development Manager High Voltage and Underwater Câble Business Group – NEXANS Pierre KAYOUN, vice president sales and marketing HV & underwater cables business group Arnaud ALLAIS, Directeur R&D, chef de projet Orca.	Nexans	raccordement
14/01/13	Esther PIVET	CRE	Tarifs d'achat
22/01/13	Philippe COTTENCEAU Responsable de la mission Energies marines Renouvelables, Chef du SECCADD, DREAL BN Jean-François LEGRAND, président du CG François PIQUET, Société de Participation Locale ONEM Émilie JAMBU, chargée d'affaire climat air , DREAL BN, Nick HORLER, CEO, Alderney Renewable Energy Ltd Declan GAUDION, Director, Alderney Renewable Energy Ltd Géraldine MARTIN, SPL- ONEM, directrice adjointe		EMR et Basse Normandie

	<p>Jean-Michel SEVIN, DG Ports Normands Associés  Bernard SAMSON, maîtrise d'ouvrage réseaux HTA Normandie, ERDF, François-Xavier de BOUTRAY, ERDF  Sylvain GAINARD, EDF EN  Gérard FACQ, EDF délégation régionale basse Normandie  Erick PELLERIN, Alstom  Philippe EUZENNAT vice président tidal energy business, Yvan COUTZAC responsable business development hydrolien, Thierry SAINT-ORENS industrialization director, DCNS  Arnaud BLOSSEVILLE, DG, Rémy DAVAL JEANTET, directeur technique, David LELOUVIER, directeur commercial, Tidalys  Isabelle ARDOUIN, directrice du développement, Yannick RAYMOND, chef de projet, Eole Generation</p>		
24/1/2013	Jean-Michel SUCHE		Eléments juridiques mer
24/1/2013	Stéphane JEDREC	Nass&Wind	Winflo
25/1/2013	François Lambert	Cabinet Ministère délégué aux transports	Problématiques mer
28/01/13	Bruno LEBoulLENGER, chef de bureau technologies de l'énergie Johann FAURE, chargé de mission	DGCIS, sous direction des filières des matériels de transport, de l'énergie et des éco industries	Innovation, compétitivité, industrie
04/02/13	<p>Colin IMRIE, deputy director, head of energy and international low carbon, energy and climate change directorate, scottish government  Janine KELLET, Head of offshore renewable policy team, Energy and Climate Change directorate, Energy division, scottish government  Paul O'BRIEN, international senior business executive renewable energy and low carbon technologies, Scottish Development International  Phil GILMOUR, Head of Marine/Offshore Renewable Energy Branch, Marine Scotland, Scottish government</p>	Gouvernement écossais	Activités écossaises en EMR

	David PRATT Marine Scotland, scottish government		
04/02/13	Pierre PUYRIGAUD, contract manager, Offshore Wind	The Crown Estate	Concessions EMR
04/02/13	Richard YEMM, Commercial Director	Pelamis	houlomoteur
04/02/13	Andrew BELLAMY senior industrial and supply chain project manager Stephen WARD Project Manager UK, Areva UK Pierre CHARPENTIER responsable du développement industriel, France, Areva Wind	Areva	
04/02/13	Mike GRIFFITH, head of business development, Alstom power Ken STREET, ocean energy business development manager, Alstom Power Hydro	Alstom	EMR Alstom
04/02/13	Lynne VALANCE, innovation development officer Alan Mortimer, Innovation manager	Scottishpower Renewables	EMR
05/02/13	Neil KERMODE, Managing director Matthew FINN, research and development coordinator	EMEC	Site d'essais
05/02/13	Graeme HARRISON, head of operations	Highlands and Islands Enterprise	Investissement et développement EMR
05/02/13	John McGLYNN, business development manager	Scotrenewables Tidal Power	Hydrolien
05/02/13	Gareth Davies, Managin director	Aquaterra	Services environnementaux
05/02/2013	Shona CROY James STOCKAN	Gouvernement Orcades	EMR, EMEC, Orcades
06/02/13	Mike ROBERTSON, Aberdeen general manager – development and operations, GDF Suez Barry PAGE, human ressources manager, GDF Suez	GDF Suez E&P UK Ltd	
06/02/13	Geoff FISHER, vice president Brian Ross, business development manager UK&Ireland Jennifer Falconer, project engineer Laura Watson, senior project engineer Dave TILLEY, Engineering and technical support	Technip offshore wind Ltd	Câblage, ingénierie

	manager, cable division M. FIRTH, senior technical engineer		
06/02/13	Philippe GUYS, managing director, Total E&P UK David HAINSWORTH, safety health environment and integrity manager, Total E&P UK Guillaume PIQUET, gaz et énergies nouvelles, chargé d'affaires stratégie solaire, Total	Total UK et TotalTechnip	EMR
11/02/13	Delphine BATHO, Ministre du MEDDE Christophe Schramm, conseiller technique	MEDDE	
14/02/13	Pascal LATORRE – Chargé de mission Energies - Région Olivier GIREL – Industrie – Région Marlène KIERSNOWSKI - Projet Européen – Région Laurent THIERRY – Bordeaux Gironde Innovation (BGI) Christophe RAOULT – Aquitaine Développement Innovation (ADI) Franck JOUANNY – Hydro tube Energie, hydrolien flottant Serge GRACIA – Valorem Olivier BOURBON et Nicolas HOPPENKAMPS – PERHB – Houlomoteur Kevin MAGIMEL – Crea Concept, hydrolien flottant Marc LAFOSSE – Cabinet Energie de la Lune Etienne NAUDÉ – Port de Bordeaux		EMR en Aquitaine
15/02/13	Bertrand MAZUR, conseiller technique Thierry DAHAN, conseiller	Ministère des outre-mers	Problématiques ultramarines
18/02/13	Stéphane PENNANGUER, chef du pôle littoral et gestion intégrée de la zone côtière, CR Bretagne, direction de la mer et du développement maritime et littoral Yvan GUITTON, chargé de mission mer du préfet de région Bretagne	CR Bretagne et préfecture de Bretagne	Problématiques bretonnes
19/02/13	M. ROUXEL, pdt de la Communauté urbaine de Cherbourg Philippe COTTENCEAU, DREAL Basse Normandie Emilie JEANBU, DREAL	Acteurs divers de Basse Normandie	Basse Normandie et EMR

	<p>Basse Normandie  François PIQUET, SPL  JM HOULEGATTE, maire  de Cherbourg  Philippe MENU  Régis BUQUET, CUC  Hannes HORNUNG,  business development  manager, Voith  Jean-Marie MOUCHEL,  Corrodys  M LALANDE, Préfet de  Basse Normandie  COLRAT, Préfet de la  Manche  HUSSON sous préfet de  Cherbourg  M SEVIN, DG de PNA  Mme ROYER  N MARCHAND-LACOUR  M AMOUSSOU-ADEBLE  M NESTAR sous préfet  coordonnateur du grand  chantier de l'EPR de  Flamanville  Mme CLOITRE  vice amiral d'escadre  Bruno NIELLY, préfet  maritime.  Administrateur en chef  Jean-Michel CHEVALIER  commissaire en chef de  2e classe de la marine,  Jérôme THEILLIER, chef  de division « action de  l'Etat en mer »  Morgan BOURHIS, chargé  de mission chef de bureau  pôle domanialité –  énergies marines</p>		
20/02/13	<p>Colin IMRIE, ,deputy  director, head of energy  and international low  carbon, energy and  climate change  directorate, scottish  government</p>	Gouvernement écossais	coopération
20/02/13	<p>Laurent CASTAING,  directeur général, STX  France SA  Benoît TAVERNIER,  responsable marketing,  département business  development, STX France  SA</p>	STX	
21/02/13	<p>Pierre FONTAINE, Sous  directeur systèmes  électriques, DGEC  Julien THOMAS, chef  adjoint de bureau  Mario PAIN directeur  adjoint de l'énergie, DGEC  Georgina GRENON,  chargée de mission,  DGEC  Christophe SCHRAMM,  conseiller technique,</p>	DGEC et MEDDE	

	MEDDE		
22/02/13	Daniel LEFEVRE (Vice-Président du CNPMEM en charge des autres usages maritimes, Président du CRPMEM de Basse-Normandie), Olivier LE NEZET (Président du CRPMEM de Bretagne), Christian MOLINERO (Président de la Commission Environnement et Usages maritimes du CNPMEM, Président du CRPMEM PACA), Clara HENISSART-SOUFFIR et Aurélie ARADAN (CRPMEM PACA), Lucile TOULHOAT (CNPMEM)	Conseil national des pêches maritimes et des élevages marins (CNPMEM) et conseils régionaux (CRPMEM)	Problématiques des pêcheurs
22/02/13	Sylvain de MULLENHEIM, directeur du développement, DCNS Philippe STOHR, directeur général de Fortum France SNC	DCNS, Fortum	Houlomoteur
25/02/13	Régine BREHIER, directrice des affaires maritimes Mark PITARD, chef du bureau GM3	DGITM/DAM	mer
27/02/13	Roland CARRIOU, responsable du pôle programmes régionaux entreprises et filières, CCI région Bretagne  Alain QUAIS, élu consulaire, vice président et délégué développements réseaux CCI de Rennes et de région et membre du directoire de DVI  Jacques DUBOST président de Bretagne pôle naval (naval, EMR et oil and gas)  Stéphane Alain RIOU, directeur adjoint du pôle mer Bretagne  Anne Marie CUESTA, déléguée générale du pôle de compétitivité pôle mer Bretagne  Stéphane PENNANGUER, chef du pôle littoral et gestion intégrée de la zone côtière, CR Bretagne,	Région, CCI, Préfecture Bretagne	Bretagne et EMR



	<p>direction de la mer et du développement maritime et littoral</p> <p>Dominique RAMARD, conseiller régional délégué à l'énergie et au climat, président de la commission environnement, maire de Saint-Juvat</p> <p>Paul André PINCEMIN, Directeur filières défense et sécurité, naval et nautisme, EMR Bretagne Développement Innovation</p> <p>Camille LE BRAS, cabinet du président de la région</p> <p>Pierre KARLESKIND, VP région délégué à l'Europe, à la mer et au littoral</p> <p>Yvan GUITTON, chargé de mission mer du préfet de région Bretagne</p> <p>Guy JOURDEN, représenta du CESER Bretagne</p>		
27/02/13	<p>Jean François DAVIAU , Président</p> <p>Jean-Christophe ALLO , Chef de projet</p>	Sabella	Hydrolienne Sabella
28/02/13	<p>François Bergère, Directeur Mission d'appui aux Partenariats Public Privé,</p> <p>Laurence Van Prooijen, Directeur de Projets</p>	Mission d'appui aux partenariats publics privés,	Mécanismes d'appel
28/02/13	<p>Yvon André, Directeur général délégué,</p> <p>Philippe Veyan,</p> <p>Sylvain Gaignard ?</p>	EDF EN	Position EDF sur appels
04/03/13	<p>Christophe SCHRAMM, conseiller technique, cabinet MEDDE</p> <p>Samia BUISINE, cabinet MRP</p> <p>François LAMBERT, cabinet Ministère des transports de la mer et de la pêche</p> <p>Bruno LE BOULLENGER, DGCIS</p>	Cabinets MEDDE MRP MTMP et DGCIS	Point d'étape
06/03/13	<p>Pierre-Marie ABADIE, Directeur de l'énergie</p> <p>Julien THOMAS, chef adjoint de bureau</p>	DGEC	Point sur le rapport
07/03/13	<p>Michel AYMERIC, secrétaire général de la</p>	SG Mer	SG Mer, problématiques mer et mission

	<p>mer</p> <p>Contre amiral Patrick CHEVALLEREAU, secrétaire général adjoint de la mer</p> <p>Philippe DEZEREAU, chargé de mission action de l'Etat en mer</p> <p>ICA Bernard VIGNAND, chargé de mission, politique de la mer</p>		
11/03/13	Paul GUINARD	Guinard énergies	Hydrolien Megawatforce
11/03/13	Antidia CITORES, Coordinatrice lobbying et droit environnement	Surfrider Fondation Europe	Protection patrimoine et environnement

## Annexe - 9 Liste des références bibliographiques consultées (non exhaustive<sup>28</sup>)

### Principes, recherche, projets

Présentation des différentes énergies de la mer sur le site EMEC : <http://www.emec.org.uk/marine-energy/>

Energies renouvelables marines, Présentation au conseil économique et social de la région Bretagne, 10 janvier 2008, Jacques Ruer

Sea Tech Week, Brest, 2004, communication Hydrohelix Sofresid Saipem  
[http://www.ifremer.fr/dtmsi/colloques/seatech04/mp/proceedings\\_pdf/article\\_abstract/4.%20courants%20marins/4.4.SAIPEM%20HXE.pdf](http://www.ifremer.fr/dtmsi/colloques/seatech04/mp/proceedings_pdf/article_abstract/4.%20courants%20marins/4.4.SAIPEM%20HXE.pdf)

Théorie des hydroliennes en différenciant des éoliennes; dimensionnement pour un courant maximal de 3m/s d'un rotor symétrique, plus simple qu'un monodirectionnel et un peu moins efficace

Hydrolien et houlomoteur (septembre 2010):  
[http://www.coriolis.polytechnique.fr/Confs/Benoit\\_conf.pdf](http://www.coriolis.polytechnique.fr/Confs/Benoit_conf.pdf)

Éolien flottant: toutes plateformes (sept. 2011): <http://energiesdelamer.blogspot.fr/2011/07/eolien-flottant-toutes-les-plates.html>

Flux sédimentaires en Manche, modélisation et observations satellites, Nicolas Guillou, Ifremer, Cetmef, JST 2012

Hydro 21, programme 20-21/11/2012  
[http://www.hydro21.org/colloque2012/programme\\_colloque-Hydro-Jacques-Cartier2012.pdf](http://www.hydro21.org/colloque2012/programme_colloque-Hydro-Jacques-Cartier2012.pdf)

Guide câble du CETMEF <http://www.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/canalisation-et-cables-sous-a317.html>

« L'IMPLANTATION DES INSTALLATIONS ÉNERGÉTIQUES À L'ÉPREUVE DU DROIT - L'exemple des énergies marines renouvelables en mer », Thèse de Droit public, soutenue par Anne BONIS le 15 février 2013 à l'Université de Versailles-Saint Quentin

Communications personnelles de François Lempérière

Communications de Paul Guinard, de Guinard Energies

### Etudes d'impact

Task 3.2 du WP3 du projet MERiFIC : "Synthèse documentaire des impacts environnementaux des énergies marines renouvelables" , Septembre 2012

CEFAS contract report: ME5403 "Guidelines for data acquisition to support marine environmental assessments of offshore renewable energy projects" , 02/05/2012,  
<http://www.marinemanagement.org.uk/licensing/groups/documents/orelg/e5403.pdf>

CEFAS report ME117 "Strategic Review of Offshore Wind Farm Monitoring Data Associated with FEPA Licence Conditions" 19/08/2010 , <http://www.cefas.defra.gov.uk/media/393553/annex-4->

---

28 En particulier les nombreuses présentations faites et documents remis lors des auditions ne sont pas en général cités dans cette bibliographie

[underwater-noise.pdf](#)

Scottish Natural Heritage Guidance : "ASSESSING THE CUMULATIVE IMPACT OF ONSHORE WIND ENERGY DEVELOPMENTS" , Mars 2012, <http://www.snh.gov.uk/docs/A675503.pdf>

COWRIE report : "Effects of offshore wind farm noise on marine mammals and fish" , 06/07/2006  
[http://www.iwcoffice.org/cache/downloads/7rt8qdt9k3wocsgokcwwcgw48/Thomsen\\_et\\_al\\_2006%20Effects%20OWF%20noise%20on%20marine%20mammals%20and%20fish.pdf](http://www.iwcoffice.org/cache/downloads/7rt8qdt9k3wocsgokcwwcgw48/Thomsen_et_al_2006%20Effects%20OWF%20noise%20on%20marine%20mammals%20and%20fish.pdf) et  
[http://seagrant.gso.uri.edu/oceansamp/pdf/presentation/present\\_gill\\_europe.pdf](http://seagrant.gso.uri.edu/oceansamp/pdf/presentation/present_gill_europe.pdf)

Synthèse bibliographique des impacts générés par les exploitations offshore sur les mammifères marins, Groupe d'études des cétacés du Cotentin, MEDDE, DREAL Basse Normandie, janvier 2011

PERTURBATIONS DU FONCTIONNEMENT DES RADARS FIXES MARITIMES, FLUVIAUX ET PORTUAIRES PAR LES EOLIENNES, rapport CCE5 n°3, Commission consultative de la compatibilité électromagnétique, Agence Nationale des Fréquences, 26/2/2008

Voir aussi infra « EMR – étude méthodologique des impacts environnementaux et socio économiques », DGEC, 2012

### **Enjeux**

### **économiques:**

SEANERGY 2020 : Final project report "Delivering offshore electricity to the EU: spatial planning of offshore renewable energies and electricity grid infrastructures in an integrated EU maritime policy" , Mai 2012, [http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/reports/Seanergy\\_2020.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/reports/Seanergy_2020.pdf)

« Rapport de la concertation avec les acteurs concernés par la filière photovoltaïque » alias rapport Charpin Trink, 17 février 2011, [http://www.energie2007.fr/images/upload/rapport\\_charpin\\_trink\\_definitif\\_de\\_la\\_concertation\\_avec\\_les\\_acteurs\\_concernes\\_par\\_le\\_developpement\\_de\\_la\\_filiere\\_photovoltaique.pdf](http://www.energie2007.fr/images/upload/rapport_charpin_trink_definitif_de_la_concertation_avec_les_acteurs_concernes_par_le_developpement_de_la_filiere_photovoltaique.pdf)

Etude des retombées économiques potentielles de la production hydrolienne bas-normande, 20 février 2013, e-cube (pour la DREAL Basse Normandie)

### **Veille internationale**

Blog "énergies de la mer" <http://energiesdelamer.blogspot.fr/>

Rapport annuel 2011 de l'IEA/OES ocean energy systems: [http://www.ocean-energy-systems.org/library/annual\\_reports/2011\\_annual\\_report/](http://www.ocean-energy-systems.org/library/annual_reports/2011_annual_report/)

Rapports pays; France p 89-94; p122 tableau synoptique

IEA/OES: "an international vision for ocean energy", octobre 2012: [http://www.ocean-energy-systems.org/about\\_oes/oes\\_vision\\_brochure](http://www.ocean-energy-systems.org/about_oes/oes_vision_brochure)

Rapport annuel 2011 de l'IEA/WE wind energy: [http://www.ieawind.org/annual\\_reports\\_PDF/2011/2011%20IEA%20Wind%20AR\\_1\\_small.pdf](http://www.ieawind.org/annual_reports_PDF/2011/2011%20IEA%20Wind%20AR_1_small.pdf)

Rapports pays page 61 à 172

Renewables 2012 Global Status report [http://www.map.ren21.net/GSR/GSR2012\\_low.pdf](http://www.map.ren21.net/GSR/GSR2012_low.pdf)  
p 45-46 présentation des industries EMR et réalisations au niveau international

RenewableUK <http://www.renewableuk.com/en/publications/index.cfm>

Documents divers de type "state of the industry", guides pratiques, ...:

renewable UK 2011 <http://www.renewableuk.com/en/publications/index.cfm/AR2011>

wind state of the industry 2012  
<http://www.renewableuk.com/en/publications/index.cfm/SOI2012>

wind and marine energy business 2012  
<http://www.renewableuk.com/en/publications/index.cfm/business-barometer-2012>

offshore wind cost reduction task force report (juin 2012)  
<http://www.renewableuk.com/en/publications/index.cfm/Offshore-Wind-Cost-Reduction-Task-Force-Report>

marine energies in the UK – state of the industry report 2012  
<http://www.renewableuk.com/en/publications/index.cfm/Marine-SOI-2012>

Ce document "Marine energy in the UK state of the industry report 2012 (mars 2012) pointe vers un rapport du parlement britannique sur le futur des EMR au Royaume-Uni <http://www.parliament.uk/business/committees/committees-a-z/commons-select/energy-and-climate-change-committee/inquiries/the-future-of-marine-renewables-in-the-uk/> de février 2012 qui comporte des recommandations, avec la réponse du gouvernement en mai 2012

Oceans of Energy – European oceans energy roadmap 2010-2050  
[http://www.eurosfair.prdd.fr/7pc/doc/1282140181\\_oceans\\_energy\\_10\\_05\\_2010.pdf](http://www.eurosfair.prdd.fr/7pc/doc/1282140181_oceans_energy_10_05_2010.pdf)

Étude "Energies Marines" de Ernst et Young, 2012  
Remis par DGEC

NREL Cost Report, février 2012  
Nombreux éléments de coût d'investissement et opérationnels

Le marché hydrolien (2010-2020). Perspectives et opportunités. Edition septembre 2012. auteurs Cyrille Jacquemet et Vincent d'Hauteville. Business crescendo.

Offshore Wind Report, Bremerhaven, septembre 2012

Energie et environnement, juillet-août 2012 et novembre-décembre 2012, service science et technologie de l'Ambassade de France au Royaume-Uni

## **National**

### **CAS:**

Des technologies compétitives au service du développement durable Rapport – Août 2012  
<http://bit.ly/PNCguQ> :

Énergie 2050 Rapport – Février 2012 <http://bit.ly/zwezdS>:

Trajectoires 2020-2050 vers une économie sobre en carbone Rapport – Novembre 2011  
<http://bit.ly/w0xSwV>

### **CESE**

Les énergies renouvelables Outre-mer : laboratoire pour notre avenir, M. Patrick Galenon, rapporteur, Juillet 2011

### **ADEME:**

Préparation Audition Délégation sénatoriale à l'outre-mer, 9/11/2012

Note stratégique sur les énergies marines renouvelables, 15/11/2012, v1.2

L'ADEME et les énergies marines renouvelables, Toulon, 19 juin 2012, Vincent Guénard

## **IFREMER**

[http://wwz.ifremer.fr/institut/content/download/39242/536346/file/Ifremer\\_synthese-etude-prospective-EnRM.pdf](http://wwz.ifremer.fr/institut/content/download/39242/536346/file/Ifremer_synthese-etude-prospective-EnRM.pdf)

Synthèse de l'étude prospective publiée en juillet 2008 (scénario normatif) avec 4 scénarios  
Feuille de route 2010 sur les énergies marines <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?sort=-1&cid=96&m=3&id=74563&ref=14152&nocache=yes&p1=111> et

<http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=C9BAAB20A0B66B0EFBB84E2FB5917D981295948055647.pdf>

État des lieux France 2010, juin 2010 (projet datant de juin 2009...)

## **MEDDE:**

Programme mer (recherche et innovation): [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Ref\\_-\\_Prgm\\_Mer.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Ref_-_Prgm_Mer.pdf)

cf p90 et suivantes les actions technologiques recommandées

## **MEDDE/DGEC:**

Le livre bleu des engagements du Grenelle de la mer :

[http://www.legrenelle-environnement.fr/IMG/pdf/LIVRE\\_BLEU\\_Grenelle\\_Mer.pdf](http://www.legrenelle-environnement.fr/IMG/pdf/LIVRE_BLEU_Grenelle_Mer.pdf)

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Eolien-en-mer-.html>

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Energies-marines,4757-.html>

[http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/08\\_Energies\\_marines\\_renouvelables.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/08_Energies_marines_renouvelables.pdf)

Rapport sur l'industrie des énergies décarbonées en 2010 édition 2011 [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/rapport\\_energies\\_decarbonnees\\_2011\\_complet02.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_energies_decarbonnees_2011_complet02.pdf)

Fiches thématiques

Rapport sur l'industrie des énergies décarbonées en 2011 [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/rapport\\_industrie\\_energies\\_decarbonnees\\_2011.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_industrie_energies_decarbonnees_2011.pdf)

Contexte général et fiches thématiques

EMR – étude méthodologique des impacts environnementaux et socio économiques  
[http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/120615\\_etude\\_version\\_finale.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/120615_etude_version_finale.pdf)

**France énergies marines:** <http://www.france-energies-marines.org> et  
[http://wwz.ifremer.fr/institut/content/download/57099/795639/file/12\\_03\\_15\\_DP\\_FranceEnergiesMarines.pdf](http://wwz.ifremer.fr/institut/content/download/57099/795639/file/12_03_15_DP_FranceEnergiesMarines.pdf) dossier de presse du 15 mars 2012 (FEM lauréat de l'AO IEED)

Présentation stratégique de France énergies Marines, version juillet 2011  
Programme R&D de France Energies Marines, décembre 2012

<http://www.france-energies-marines.org/Actualites> Divers docs d'actualité, communiqués de presse récents, etc.

Fiches descriptives des sites d'essais sur <http://www.france-energies-marines.org/>

Point d'avancement de la structure, France Energies Marines, 13/12/2012

**Syndicat des Energies Renouvelables:** <http://www.enr.fr/>

La filière française des énergies marines  
[http://www.enr.fr/docs/2012154652\\_SERPlaquetteEnMarinesFRA4MD.pdf](http://www.enr.fr/docs/2012154652_SERPlaquetteEnMarinesFRA4MD.pdf)

Les énergies marines renouvelables : la planète bleue  
[http://www.enr.fr/docs/2012140716\\_SEREnergiesMarines20121206b.pdf](http://www.enr.fr/docs/2012140716_SEREnergiesMarines20121206b.pdf)

Le livre blanc des énergies renouvelables, février 2012  
[http://www.enr.fr/docs/2012115824\\_LivreBlancCompleet.pdf](http://www.enr.fr/docs/2012115824_LivreBlancCompleet.pdf)

### **Cluster maritime Français**

Rapport 2012-2013 : <http://www.cluster-maritime.fr/pdf/BROCHURE%20CMF%202012%20FR.pdf>

### **RTE**

Rapport à Madame la Ministre chargée de l'Energie relatif à l'accueil de la production hydrolienne en France. Etude prospective de RTE. Janvier 2013

### **Régional**

CESER Bretagne:

[http://www.bretagne.fr/internet/jcms/preprod\\_35266/des-energies-marines-en-bretagne-a-nous-de-jouer-2009](http://www.bretagne.fr/internet/jcms/preprod_35266/des-energies-marines-en-bretagne-a-nous-de-jouer-2009)

[http://www.bretagne.fr/internet/upload/docs/application/pdf/2012-10/rapport\\_energies\\_marines\\_2\\_web.pdf](http://www.bretagne.fr/internet/upload/docs/application/pdf/2012-10/rapport_energies_marines_2_web.pdf)

### **Autres présentations et rapports EMR**

Rapport EMR compétences emplois formations Gisèle Gautier [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Gisele\\_GAUTIER\\_Metiers\\_des\\_energies\\_marines\\_renouvelables\\_2\\_deceembre\\_2010.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Gisele_GAUTIER_Metiers_des_energies_marines_renouvelables_2_deceembre_2010.pdf)

Présentation ISF 19/10/2012, EMR et éolien offshore  
[http://www.cnisf.org/upload/pdf/12\\_10\\_19\\_eolien-offshore.pdf](http://www.cnisf.org/upload/pdf/12_10_19_eolien-offshore.pdf)

présentation collège mer du CGEDD 11/4/2012

[http://intra.colleges.cgedd.i2/IMG/pdf/PresentationEnergiesMarines\\_20120411\\_2\\_cle5337a9.pdf](http://intra.colleges.cgedd.i2/IMG/pdf/PresentationEnergiesMarines_20120411_2_cle5337a9.pdf)



## Annexe - 10 Glossaire

AAMP	Agence des Aires Marines Protégées
ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
AMI	Appel à manifestation d'intérêt
AO	Appel d'offres
AOT	Autorisation d'occupation temporaire
BEI	Banque européenne d'investissement
CELRL	Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres
CESER	Conseil économique, social et environnemental régional
CETE	Centre d'études techniques de l'équipement
CETMEF	Centre d'études techniques maritimes et fluviales
CGEDD	Conseil général de l'environnement et du développement durable
CGEJET	Conseil général de l'économie de l'industrie de l'énergie et des technologies
CGI	Commissariat général à l'investissement
CNPMEM	Comité National des Pêches Marines et de l'Élevage Marin
CRE	Commission de régulation de l'énergie
CRPMEM	Comité régional des pêches marines et de l'élevage marin
DAM	Direction des affaires maritimes
DCNS	"DCN" ne signifie plus "direction des constructions navales", "S" fait références aux services et à la dernière lettre d'industriels de Défense
DCSMM	Directive cadre stratégie pour le milieu marin
DD	Développement durable
DDTM	Direction départementale des territoires et de la mer
DGALN	Direction générale de l'aménagement du logement et de la nature
DGCIS	Direction Générale de la Compétitivité, de l'Industrie et des Services
DGEC	Direction générale de l'énergie et du climat
DGITM	Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer

DOM	Département d'outre-mer
DPM	Domaine Public Maritime
DRAM	Direction régionale des affaires maritimes
DREAL	Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement
ECN	École Centrale de Nantes
EMEC	European Marine Energy Center (Royaume-Uni)
EMR	Énergies marines renouvelables
ENR	Énergies (nouvelles) renouvelables
EOEA	European ocean energy association
ERDF	Electricité réseau distribution France
ETM	Énergie thermique des mers
EU-OEA	European ocean energy association
EWEA	European wind energy association
FEM	France Énergies Marines
FORCE	Fundy Ocean Research Center for Energy (Canada)
Gcal	Milliard de calories
GES	Gaz à effet de serre
GICAN	Groupement des Industries de Construction et Activités Navales
GIZC	Gestion intégrée des zones côtières
GWh	Gigawattheure: un million de kWh
IA	Investissements d'avenir
ICPE	Installation classée pour l'environnement
IEA	International Energy Agency
IEC	International Electrotechnical Commission
IOTA	Installation, ouvrage, travaux, aménagements
MAPPP	Mission d'appui à la réalisation des contrats de partenariat public-privé
MBtu	Million de « british thermal units »
MEDDE	Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie
MOA	Maîtrise d'ouvrage
MOE	Maîtrise d'oeuvre
MOU	Memorandum of Understanding

MRP	Ministère du redressement productif
MSP	Marine Spatial Planning
Mtep	Million de tonnes équivalent pétrole
NREL	National Renewable Energy Laboratory (USA)
OMI	Organisation maritime internationale
PLU	Plan local d'urbanisme
PME	Petites et moyennes entreprises
POS	Plan d'occupation des sols
PPI	Programmation pluriannuel des investissements (de production d'électricité ou de chaleur)
PPP	Partenariat public privé
PREMAR	Préfet maritime
RTE	Réseau de transport d'électricité
ROC	Renewable Obligation Certificate (Royaume-Uni)
SER	Syndicat des énergies renouvelables
SIG	Système d'information géographique
STEP	Station de transfert d'énergie par pompage
SWAC	Sea water air conditioning/climatisation par eau de mer
TJ	Térajoule, mille milliards de joules
TWh	Térawattheure : un milliard de kWh
ZEE	Zone économique exclusive
ZNIEFF	Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique