

2 DÉCEMBRE 2010

**RAPPORT ÉNERGIES MARINES RENOUVELABLES
EMPLOIS, COMPÉTENCES, FORMATION**

QUELLES PERSPECTIVES D'AVENIR ?

PRÉSENTÉ PAR MADAME LE SÉNATEUR GISÈLE GAUTIER

RAPPORTEUR M. HENRI BOYÉ

(CONSEIL GÉNÉRAL DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE)



REMIS À M. FRANÇOIS FILLON PREMIER MINISTRE

SOMMAIRE

| | | |
|---|--|-----------|
| ❖ | 1 INTRODUCTION : PRÉSENTATION DE LA MISSION MINISTÉRIELLE..... | 4 |
| ❖ | 2 LE CONTEXTE DES ENERGIES MARINES : ATTEINDRE DES OBJECTIFS AMBITIEUX..... | 4 |
| | ▪ 2.1 RAPPEL DES TRAVAUX ET DES ENGAGEMENTS FRANÇAIS SUR LES EMR..... | 5 |
| | ▪ 2.2 QUELLE CONTRIBUTION DES ÉNERGIES MARINES À CET EFFORT DE LA FRANCE DANS LE DÉVELOPPEMENT DURABLE ?..... | 8 |
| ❖ | 3 LA FRANCE CONFRONTÉE A UNE CONCURRENCE INTERNATIONALE VIVE..... | 9 |
| | ▪ 3.1 UNE OPPORTUNITÉ & UN IMPÉRATIF INDUSTRIEL..... | 10 |
| | ▪ 3.2 LA CONCURRENCE INTERNATIONALE EST ACTIVE..... | 10 |
| | ▪ 3.3 LA FRANCE A LES MOYENS DE SE Doter D'UN SECTEUR NATIONAL..... | 11 |
| ❖ | 4 LES ENERGIES MARINES : DES POSSIBILITÉS MULTIPLES, INÉGALEMENT EXPLOITABLES..... | 12 |
| | ▪ 4.1 LE PROBLÈME DE L'ESTIMATION DES RESSOURCES & DES POTENTIELS EXPLOITABLES..... | 12 |
| | ▪ 4.2 ÉTAT ACTUEL DES FILIÈRES TECHNOLOGIQUES..... | 13 |
| ❖ | 5 LES PRINCIPALES FILIÈRES DES EMR..... | 15 |
| | ▪ 5.1 LES ÉOLIENNES OFFSHORE POSÉES..... | 15 |
| | ▪ 5.2 LES ÉOLIENNES FLOTTANTES..... | 19 |
| | ▪ 5.3 LA FORCE DES MARÉES, LES ÉNERGIES MARÉMOTRICES | 22 |
| | ▪ 5.4 L'ÉNERGIE HYDROLIENNE, LA FORCE DES COURANTS..... | 22 |
| | ▪ 5.5 L'ÉNERGIE DES VAGUES & DE LA HOULE..... | 23 |
| | ▪ 5.6 L'ÉNERGIE THERMIQUE DES MERS (ETM)..... | 24 |
| | ▪ 5.7 L'ÉNERGIE OSMOTIQUE..... | 27 |
| | ▪ 5.8 LES ÉNERGIES ISSUES DE LA BIOMASSE MARINE..... | 28 |
| ❖ | 6 LES ACTEURS FRANÇAIS DES ENERGIES MARINES RENOUVELABLES..... | 29 |
| | ▪ 6.1 LES EXEMPLES D'INITIATIVE..... | 30 |

| | | |
|---|--|----|
| ▪ | 6.2 LES PROJETS INDUSTRIELS, PILOTES & PROTOTYPES EN EMR..... | 30 |
| ❖ | 7 COMMENT STOCKER LES ENERGIES MARINES ?..... | 31 |
| ❖ | 8 LES DIFFICULTES, LES VERROUS & BLOCAGES..... | 31 |
| ❖ | 9 LES ATOUTS & LES POINTS FORTS..... | 32 |
| ❖ | 10 LES METIERS & COMPETENCES, LES EMPLOIS..... | 33 |
| ▪ | 10.1 QUELS SONT LES MÉTIERS LIÉS AUX EMR AUJOURD’HUI ?..... | 33 |
| ▪ | 10.2 QUELS SONT LES MÉTIERS & LES EMPLOIS DES EMR, DEMAIN ?..... | 34 |
| ▪ | 10.3 UNE CHAÎNE DE VALEUR METTANT EN ARTICULATION BEAUCOUP D’ENSEMBLES..... | 36 |
| ❖ | 11 LES FORMATIONS..... | 43 |
| ▪ | 11.1 PROBLÉMATIQUE & ENJEUX..... | 43 |
| ▪ | 11.2 EXAMENS DES PRINCIPAUX MÉTIERS SPÉCIFIQUES..... | 43 |
| ▪ | 11.3 LA PHASE D’EXPLOITATION..... | 46 |
| ▪ | 11.4 LES COMPÉTENCES..... | 52 |
| ▪ | 11.5 DES DISPOSITIFS APPLIQUÉS À LA FORMATION..... | 56 |
| ▪ | 11.6 UN RECENSEMENT DES FORMATIONS EXISTANTES..... | 59 |
| ▪ | 11.7 UN RECENSEMENT DES BESOINS DE FORMATIONS..... | 60 |
| ▪ | 11.8 QUELLE INGÉNIERIE DE LA FORMATION & DES COMPÉTENCES POUR LES EMR ?..... | 61 |
| ▪ | 11.9 ANTICIPATION & PROSPECTIVE DE L’EMPLOI..... | 63 |
| ❖ | 12 LES ENJEUX DES DIVERSIFICATIONS & RECONVERSIONS INDUSTRIELLES..... | 64 |
| ❖ | 13 LES PROJETS DES ZONES PORTUAIRES EN FRANCE & LES PERSPECTIVES INDUSTRIELLES..... | 64 |
| ▪ | 13.1 LES PROJETS DES PORTS FRANÇAIS..... | 64 |
| ❖ | 14 PROPOSITIONS..... | 70 |
| ❖ | 15 LISTE DES DOCUMENTS, REFERENCES, SITES INTERNET, REMERCIEMENT PERSONNES RENCONTREES & AUDITIONNEES.. | 78 |

❖ 1. INTRODUCTION

Par décret en date du 2 juin 2010, Monsieur le Premier Ministre François FILLON a chargé Mme Gisèle GAUTIER, Sénateur de Loire-Atlantique, d'une mission ministérielle temporaire sur le développement des métiers et des compétences dans le secteur des Énergies Marines Renouvelables aux horizons 2020.

Cette mission a pour objectif de proposer des conclusions qui devront participer à la mise en œuvre du plan de mobilisation de filières et des territoires pour le développement des métiers liés à la croissance verte.

Par ailleurs, il lui a été précisé d'établir un diagnostic du potentiel de développement de ces métiers et des possibilités de transition professionnelle qu'ils offriraient pour des secteurs devant envisager des reconversions d'activités.

L'offre de formation existante et les évolutions qu'il serait nécessaire d'y apporter devront être prises en compte.

Enfin, il est demandé de définir dans les meilleurs délais une stratégie de structuration de filières professionnelles dans ce secteur des Energies Marines Renouvelables (EMR).

Mme le Sénateur Gisèle GAUTIER a été assistée dans ses travaux par M. Henri BOYÉ, nommé rapporteur, membre permanent du Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable (CGEDD), avec le concours de M. Yves TUGAYÉ, également membre permanent du CGEDD.

❖ 2. LE CONTEXTE DES ENERGIES MARINES : ATTEINDRE DES OBJECTIFS AMBITIEUX

L'exigence de diversifier notre approvisionnement énergétique n'est pas nouvelle. Elle vise fondamentalement à diminuer notre dépendance aux énergies fossiles, pétrole, gaz et charbon.

La question des énergies marines a trouvé sa source dans les engagements européens et nationaux dits « des trois 20 », imposant un recours accru aux énergies renouvelables, dans la lutte contre le changement climatique.

Le contexte « énergétique » des énergies marines

Au niveau national, depuis le début des années 2000, de nombreux textes ont traduit des objectifs ambitieux : Plan Climat 2004 – 2012, actualisé en 2006, loi de programme fixant les orientations de la politique énergétique, réglementation thermique 2005, etc.

Les objectifs européens contraignants de consommation finale d'énergies renouvelables en 2020

En décembre 2008 a été adopté au niveau européen un ensemble d'objectifs dit « paquet énergie climat » visant à ce que l'Union européenne atteigne d'ici 2020 l'objectif emblématique des « trois fois vingt » : une réduction de 20 % des émissions de gaz à effet de serre, une amélioration de 20 % de l'efficacité énergétique et une part de 20 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie de l'Union, tous usages confondus, électricité, chaleur et carburants.

▪ **2.1 RAPPEL DES TRAVAUX ET ENGAGEMENTS FRANÇAIS SUR LES EMR**

« Le potentiel prodigieux des énergies marines »

Sur ce sujet des énergies marines renouvelables, beaucoup de travaux et d'études existent déjà. Certains ont été menés depuis des années, d'autres sont récents, ou en cours.

La mission s'est appuyée sur ces travaux, et a rencontré nombre de leurs auteurs. Une liste assez complète de ces travaux (français et internationaux) est jointe en annexe au présent rapport, ainsi que les sites internet permettant le téléchargement des documents.

Citons, en particulier, l'étude prospective IFREMER, le rapport d'étape IPANEMA, (Initiative partenariale nationale pour l'émergence des énergies marines) de novembre 2009, le Grenelle de la Mer, la « feuille de route » de l'ADEME, le rapport et les travaux ANCRE (Alliance nationale de Coordination de la Recherche pour l'Énergie, l'étude du Conseil régional et Comité économique et social de la région Bretagne, printemps 2009, (www.cesr-bretagne.fr) le rapport parlementaire sur l'éolien, les Assises de la Mer (2009 à Brest et 2010 à Toulon), l'étude ADEME / Saipem pour des éoliennes ancrées au fonds et perspectives pour les éoliennes flottantes, et de très nombreuses études et documents, l'étude Comité économique et social de la Région Basse Normandie...

Un engagement fort pour les énergies marines

Pour développer les énergies marines renouvelables, champ d'avenir, un engagement politique fort a été manifesté par le gouvernement.

Je citerai en particulier deux discours : celui du Président Nicolas SARKOZY au Havre le 16 juillet 2009, et celui du premier ministre François FILLON, aux Assises de la Mer, à Brest le 2 décembre 2009.

Extrait du Discours du Président Nicolas Sarkozy le 16 juillet 2009

« La mer peut également être une source d'énergies nouvelles entièrement renouvelables. Je crois, pour ma part, énormément au potentiel prodigieux des énergies marines. Depuis l'usine marémotrice de la Rance, la France possède une longue expérience, sans équivalent au monde, de ce qu'il faut faire, et aussi de ce qu'il ne faut pas faire sur le plan écologique. M'exprimant sur le défi des énergies renouvelables, le 9 juin dernier, j'ai pris l'engagement d'une parité des efforts de recherche entre le nucléaire et les énergies renouvelables. Cela revient à renforcer de près de 200 millions d'euros par an les moyens de la R & D sur les énergies renouvelables, au premier rang desquelles figurent les énergies marines.

Nous devons en particulier tout miser sur les technologies émergentes, les technologies de rupture, où la France pourra faire la différence. Je pense aux éoliennes off shore et notamment aux éoliennes flottantes qui permettront d'aller chercher le vent loin des côtes, là où il est le plus fort, sans perturber les activités côtières. Je pense à l'énergie de la houle et des courants. Je pense à l'énergie thermique des mers, si bien adaptée à nos vastes eaux tropicales et équatoriales d'Outre-mer. Je pense aussi à la biomasse marine. (.../...)

La deuxième orientation stratégique à laquelle je tiens, c'est le développement d'une politique industrielle intégrée des métiers de la mer. Les activités maritimes, de la construction navale à la navigation elle-même, en passant par l'exploitation portuaire ou la déconstruction des navires en fin de vie, constituent des gisements d'emplois qu'il nous faut non seulement préserver mais mettre à profit. »

Le Premier ministre François Fillon a annoncé le 2 décembre 2009 aux Assises de la Mer que la grande plate-forme technologique sur les énergies marines verrait le jour à Brest, au sein de l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer).

« La plupart des technologies purement marines - éolienne offshore flottante, hydrolienne, énergie thermique des mers - sont encore balbutiantes et peu d'entre elles ont donné lieu à des démonstrateurs. Leur développement ne peut se faire sans intervention publique », a-t-il poursuivi. « Et donc en attendant qu'elles prennent le relais d'un certain nombre de nos dispositifs, il faut que nous développions activement l'éolien offshore posé qui est lui, une technologie déjà mature. D'ici 2020, nous nous sommes fixé l'objectif d'installer 6000 mégawatts en mer. »

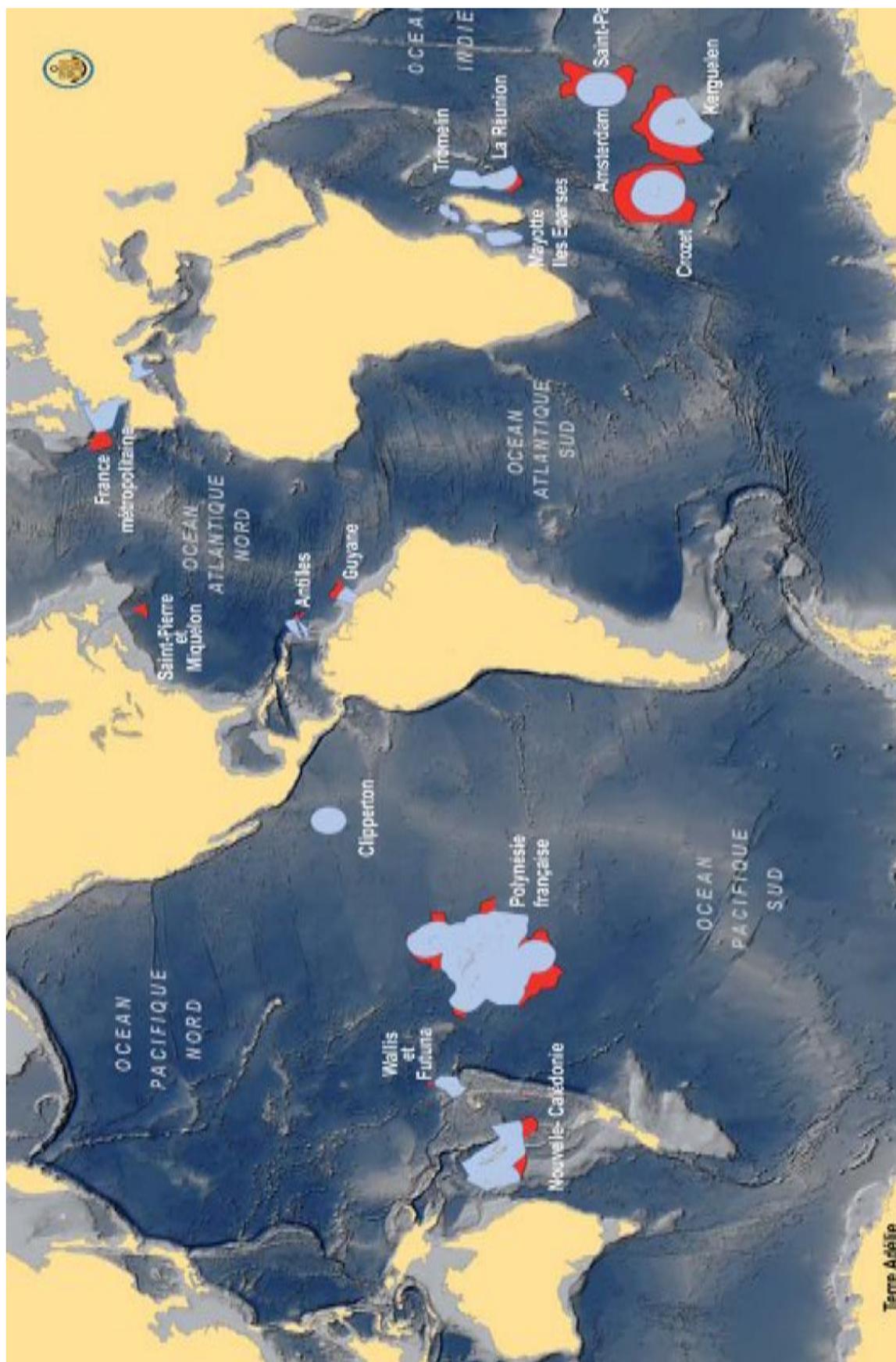
Le 23 juillet 2010, en Visite à St-Nazaire aux chantiers navals STX, le Président Sarkozy a évoqué la diversification dans les énergies marines.

«Il faut maintenant qu'on prépare l'avenir et qu'on aille plus loin (...) jouer à fond la diversification de STX». N. Sarkozy insiste sur le terme. «C'est notamment tout ce qui concerne les énergies renouvelables maritimes (...) Et nous allons vous aider à investir pour que vous puissiez vous diversifier.» M. Sarkozy évoque ensuite les parcs éoliens maritimes. Ensuite, il rappelle que le grand emprunt a prévu de faire construire «des démonstrateurs des navires du futur».

La France a pris un nombre important d'engagements en matière de développement durable

La loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, dite loi Grenelle I, a permis de confirmer voire de renforcer ces divers objectifs. En particulier, la loi Grenelle I confirme l'engagement pris par la France de diviser par quatre ses émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050 en réduisant de 3 % par an, en moyenne, les rejets de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, afin de ramener à cette échéance ses émissions annuelles de gaz à effet de serre à un niveau inférieur à 140 millions de tonnes équivalent de dioxyde de carbone. La France se fixe ainsi comme objectif de devenir l'économie « la plus efficiente en équivalent carbone » de la Communauté européenne d'ici à 2020 et s'engage par ailleurs à porter la part des énergies renouvelables à au moins 23 % de sa consommation d'énergie finale d'ici à 2020.

Les perspectives, Grenelle de l'Environnement, Grenelle de la Mer, espérances en matière d'emplois verts et filières vertes. (carte du domaine maritime de la France ci-dessous)



▪ **2.2 QUELLE CONTRIBUTION DES ENERGIES MARINES A CET EFFORT DE LA FRANCE DANS LE DEVELOPPEMENT DURABLE ?**

En tant que nation maritime, la France dispose d'importantes ressources d'énergie marine. En effet, la surface des zones sous juridiction française dépasse largement les dix millions de km² avec un potentiel énergétique exploitable parmi les plus importants au niveau mondial. Le secrétariat général de la mer estime ces zones sous juridiction française à plus de 11 millions de km² répartis sur les 4 océans, dont une grande partie dans l'hémisphère sud.

En annexe figure un extrait du « Livre bleu –Grenelle de la Mer qui présente les objectifs français de développement des Energies renouvelables (EMR).

Perspectives de développement de l'énergie éolienne

Selon les conclusions du Grenelle de l'environnement, l'énergie éolienne devrait être l'un des principaux contributeurs à l'atteinte des objectifs 2020 avec un potentiel de 25 000 MW à cette échéance, produisant 5 Mtep par an. Etant donné l'augmentation de la puissance des éoliennes, cette capacité devrait pouvoir être obtenue avec un parc de 8 000 éoliennes, soit 6 000 de plus qu'aujourd'hui.

Malgré le nombre élevé d'éoliennes à installer, le Grenelle de l'environnement a souligné l'importance d'un développement à haute qualité environnementale des énergies renouvelables. L'essor de l'énergie éolienne devra donc être réalisé de manière à éviter le mitage du territoire, à prévenir les atteintes aux paysages, au patrimoine et à la qualité de vie des riverains.

Ainsi, pour la filière éolienne, le plan de développement des énergies renouvelables à haute qualité environnementale confirme jusqu'en 2012 les tarifs d'achat de l'électricité et annonce une meilleure planification territoriale du développement de l'énergie éolienne par les schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie qui permettront de faire émerger le potentiel éolien de chaque région, de déterminer les zones dans lesquelles seront préférentiellement implantés les parcs de taille importante et ainsi créer une dynamique de développement. Par ailleurs, l'encadrement réglementaire et la concertation locale seront améliorés par un régime ad hoc. Pour l'éolien en mer, la procédure sera simplifiée avec la suppression des zones de développement de l'éolien, la facilitation d'implantation dans la zone économique exclusive et la création d'une instance de concertation et de planification sous l'égide du préfet maritime.

La PPI retient pour l'éolien les objectifs proposés par le COMOP 10, à savoir un parc éolien installé de 25000 MW (19 000 terrestre et 6 000 maritime) en 2020.

Les technologies marines

Les technologies marines (houlomotrices, hydroliennes, énergie thermique des mers) semblent prometteuses mais ne sont pas encore arrivées à maturité. Une étude réalisée en 2007-2008 sous le pilotage de l'IFREMER propose un scénario, dit normatif, qui explore la part que pourraient prendre les énergies marines renouvelables dans l'objectif d'augmenter de 20 Mtep la production d'énergie renouvelable à l'horizon 2020. Outre l'éolien marin décrit dans un chapitre précédent, les principaux éléments sont les suivants :

- énergie thermique des mers : le potentiel de développement est surtout situé dans les DOM et pourrait s'élever, pour la production électrique, à 200 MW pour 7 000 h de fonctionnement annuel ;
- hydrolien : la technologie a d'importants atouts en France en raison de la puissance des courants de marée sur la côte nord-ouest, néanmoins les sites éligibles seront peu nombreux. Le potentiel pourrait s'élever à 400 MW pour 3 500 h de fonctionnement annuel ;
- marémoteur : son développement nécessiterait la construction d'un lagon artificiel avec une usine de 500 MW fonctionnant 2 500 h / an ;
- vagues : le potentiel est élevé et diffus mais les technologies ne sont pas encore matures. On pourrait envisager un potentiel de 200 MW pour 4 000 h de fonctionnement annuel ;
- pression osmotique : les contraintes technologiques et environnementales ne permettront pas l'émergence de prototype à l'échelle industrielle.

A l'horizon 2020, il est néanmoins difficile d'estimer quelle pourrait être l'énergie produite par ces filières. Dans l'analyse de l'équilibre offre-demande à l'horizon 2020, la PPI ne prend donc pas en compte ce type de technologie. La PPI souligne toutefois la nécessité d'encourager la recherche et le développement de ces technologies et de financer de nouveaux démonstrateurs pour attester de la faisabilité technique de ce type de moyen de production.

La PPI souligne le potentiel de développement des énergies marines et la nécessité d'encourager la recherche et le développement.

L'arrêté du 15 décembre 2009 relatif à la programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité est fourni en annexe : il indique le chiffre de 6000 MW comme puissance installée en éoliennes offshore à l'année 2020.

❖ 3. LA FRANCE CONFRONTÉE À UNE CONCURRENCE INTERNATIONALE VIVE

La France est souvent importatrice en éléments industriels liés à la production d'énergies renouvelables (cas du Photovoltaïque et de l'éolien terrestre).

A la différence de ces énergies précédentes, les énergies marines sont une opportunité pour la France pour développer une industrie exportatrice et créatrice d'emplois.

C'est en conjuguant à la fois un marché national et un marché international à l'export qu'une filière industrielle française trouvera sa taille critique permettant le succès.

▪ **3.1 UNE OPPORTUNITE ET UN IMPERATIF INDUSTRIEL**

Hormis l'éolien en mer, faute de technologie éprouvée, les énergies marines nouvelles, qui représentent un gisement significatif, ne sont pas encore exploitées de manière industrielle. Le développement des premiers prototypes de taille significative conduit aujourd'hui à penser qu'un tel développement industriel pourrait commencer à se concrétiser avant 2015, tant au plan international que français, par la commercialisation d'équipements rentables dans un contexte de demande croissante et de raréfaction des combustibles fossiles.

Un effort de long terme pourrait porter les technologies des énergies marines sur des trajectoires de décroissance des coûts de même nature que celles observées pour l'éolien et le photovoltaïque durant les deux dernières décennies.

▪ **3.2 LA CONCURRENCE INTERNATIONALE EST ACTIVE**

Dans ce contexte, au niveau international, plusieurs pays européens se positionnent déjà dans la course technologique aux énergies marines, comme le Royaume Uni, le Danemark, l'Irlande, la Suède, le Portugal, l'Espagne mais aussi au niveau international le Japon, le Canada, les Etats-Unis, la Nouvelle-Zélande. Il n'est pas possible de citer de façon exhaustive toutes les actions. En éoliennes offshores, l'Allemagne et le Danemark sont des leaders mondiaux. La Norvège a réalisé un premier pilote d'éolienne flottante.

Nous allons ci-après donner un éclairage sur deux exemples, le Royaume Uni et le Danemark.

a) L'exemple du Royaume-Uni

Le Royaume-Uni semble aujourd'hui le pays possédant la stratégie sectorielle la mieux structurée, notamment à travers le soutien financier (plus de 200 M€ engagés entre 1999 et 2008¹) d'une chaîne d'activités depuis la recherche fondamentale (programme académique SuperGen Marine) jusqu'au déploiement pré-commercial (Fonds de déploiement des énergies marines) en passant par des programmes d'« accélération » de mise au point de composants de systèmes (programme « Accélérateur d'énergies marines » du Carbon Trust) qui visent à soutenir les initiatives scientifiques, innovantes et industrielles en amont de la commercialisation à grande échelle.

Le Royaume-Uni a également créé fin 2007 l'Institut des Technologies de l'Energie, qui fonctionne sur le principe d'un partenariat public – privé et finance notamment un programme de recherche précompétitive sur les énergies marines, qui s'appuie entre autres sur les moyens de test développés depuis plusieurs années, en particulier le Centre Européen des Energies Marines (l'European Marine Energy Centre - EMEC) qui a établi des contrats avec plusieurs développeurs de technologies houlomotrices et hydroliennes pour des essais en mer.

1 Renewable Advisory Board, janvier 2008, "Marine renewables : current status and implications for R&D funding and the Marine Renewables Development Fund"

b) L'exemple du Danemark

Premier parc en éoliennes offshore posées depuis une vingtaine d'années, le Danemark a su développer une grande industrie de l'éolien, avec des constructeurs devenus les leaders mondiaux.

Parmi les constructeurs initiaux, Vestas et l'allemand Siemens sont les deux grands leaders du marché dont ils se partagent 80% des commandes offshore. Vestas a une légitimité historique avec 35 000 éoliennes posées dans le monde. Bien qu'il ait connu des débuts difficiles (soudes techniques sur les 80 turbines d'Horns Rev1, qu'il a su démonter et remonter une à une). Aujourd'hui, la technologie semble au point puisqu'il a installé 100 machines offshore en 100 jours en Angleterre.

Il convient d'ajouter que beaucoup de verrous ont été levés : acceptabilité du public, source d'emplois, participation étroite entre recherche et industrie...

Les exemples des premiers grands parcs éoliens offshores de Horns Rev et Nysted sont cités dans les annexes.

▪ 3.3 LA FRANCE A LES MOYENS DE SE DOTER D'UN SECTEUR NATIONAL

La France a les moyens de se doter d'un secteur national...

La France bénéficie d'un retour d'expérience industriel de premier plan avec la mise en service en 1966 du barrage marémoteur de la Rance, qui reste à ce jour la plus grande usine marémotrice du monde. Un retour d'expérience sur l'éolien en mer sera apporté par les éoliennes du nouvel appel d'offres en cours de lancement fin 2010. Il en sera de même pour l'hydrolien avec le test d'un prototype dans l'estuaire de l'Odette (près de Quimper), le projet de Paimpol Bréhat, ainsi que pour les houlomotrices à l'île de la Réunion.

La France peut s'appuyer sur les compétences reconnues de ses industriels et fabricants de matériel de production d'électricité et de construction d'installations industrielles en mer ainsi que sur ses bureaux d'études spécialisés en ingénierie marine. De plus, ses laboratoires et organismes de recherche possèdent les compétences et l'expertise pour contribuer au développement d'une filière des énergies marines.

...à condition de s'organiser

Pour atteindre cet objectif, une implication forte des acteurs-clés en recherche, développement et démonstration technologique est nécessaire appuyant une forte volonté politique et à condition d'une acceptation par les autres usagers de l'espace littoral et marin. L'échec relatif de l'appel d'offres de 2004 portant sur des centrales éoliennes en mer montre toute l'importance de cette implication et de l'amélioration de l'acceptabilité sociale et environnementale de tels projets. C'est à cette condition que la France pourra assumer son leadership et préparer l'atteinte de ses objectifs énergétique de long terme.

A ce titre, on doit souligner la démarche IPANEMA qui a permis à de nombreux acteurs concernés par ces développements d'échanger leurs points de vue et de définir ensemble ce que pourrait être le futur cadre de déploiement des énergies marines en France métropolitaine ainsi que dans les RUP, (régions ultra périphériques) en prenant notamment en compte la problématique de la concertation des différents usagers

de la mer. Cette démarche devrait être impérativement poursuivie par les acteurs concernés, ce qui suppose un engagement fort des pouvoirs publics.

❖ 4. LES ENERGIES MARINES : DES POSSIBILITES MULTIPLES, INEGALEMENT EXPLOITABLES

La mer est un milieu riche en flux énergétiques pouvant être exploités sous les diverses formes suivantes:

- *énergie des vents,*
- *éolien offshore et énergie éolienne en mer,*
- *énergie des marées,*
- *énergie des courants marins,*
- *énergie des vagues,*
- *énergie thermique des mers,*
- *énergie osmotique,*
- *biomasse marine et algocarburants.*

Les énergies marines renouvelables sont donc, selon cette énumération, décomposées en huit filières.

▪ 4.1 LE PROBLEME DE L'ESTIMATION DES RESSOURCES ET DES POTENTIELS EXPLOITABLES

Les chiffres rassemblés ci-après pour estimer l'énergie disponible par filière correspondent à un potentiel techniquement exploitable. Sous ce terme, on entend une énergie électrique réellement extractible avec la technologie actuelle dans des conditions de coût raisonnable (par exemple comparable au coût de revient du Kwh éolien actuel). On suppose aussi que tous les sites identifiés comme intéressants, techniquement et économiquement, puissent être équipés sans se soucier de l'acceptabilité sociale des installations.

Un des facteurs limitatifs prépondérant pour toutes les filières est le coût du câble électrique sous-marin permettant le raccordement au réseau (environ 0.5 M€/km pour les puissances considérées). Si un saut technologique permettait de réduire fortement ce coût, ou si le problème de stockage de l'électricité faisait un bond en avant (hydrogène, batteries, air comprimé...) le nombre de sites techniquement exploitables ne se restreindrait pas à la proximité des côtes (environ 20 km) comme c'est le cas aujourd'hui.

Par exemple les grandes houles seraient accessibles, l'éolien en mer pourrait se développer largement grâce aux installations flottantes, les grands courants marins océaniques seraient accessibles aux hydroliennes ... Précisons que dans cette hypothèse les systèmes seraient sans doute mieux acceptés (moins visibles moins gênants) mais ils devraient être aussi très robustes pour pratiquement supprimer les opérations de maintenance sur site. D'une façon générale, le potentiel techniquement exploitable pourrait changer d'ordre de grandeur pour toutes les filières.

La question du transport et du stockage de l'énergie produite est une question majeure, s'agissant de sources dont le potentiel est important, mais qui sont situées loin des lieux de consommation. La **production d'hydrogène pour le stockage et le transport d'énergie** renouvelable semble à ce jour la seule filière adaptée aux enjeux spécifiques des énergies marines, et elle devrait faire l'objet d'un effort particulier ; ce domaine fait déjà l'objet de projets de recherche communautaires.

▪ 4.2 *ÉTAT ACTUEL DES FILIÈRES TECHNOLOGIQUES*

Selon l'énergie considérée, il existe différentes filières (familles de technologies). Je rappelle les huit énergies : éoliennes en mer posées et éoliennes flottantes, (énergies hydroliennes, marémotrices, houlomotrices, énergie thermique des mers (E.T.M. - OTEC), énergie osmotique des gradients de salinité, enfin l'énergie biomasse marine et les biocarburants algaux). Elles sont décrites et illustrées au Chapitre 5.

Non seulement chacune de ces énergies marines nécessite la mise en place de filières spécifiques, mais on peut concevoir que pour une forme d'énergie donnée, il puisse y avoir plusieurs filières différentes correspondant à différents concepts. Cette situation est d'ailleurs normale dans le cas de technologies naissantes pour lesquelles différentes idées sont en compétition avant que le marché ait eu le temps de faire son tri. A l'intérieur d'une filière technologique donnée, il peut y avoir plusieurs variantes pour toutes les sous parties de la technologie ou pour la façon de les assembler. Un exemple de cette arborescence des options possibles est celui de l'éolien : doit-il être flottant ou posé, doit-il être à fondation essentiellement en béton ou en métal (jacket), la turbine éolienne doit-elle être à axe horizontal ou vertical ?

Il peut y avoir un véritable foisonnement de différentes filières envisageables, et entre ces technologies, il est très difficile de choisir. Il s'agit d'un phénomène d'apprentissage bien connu dans les processus de l'innovation. Il faut donc avoir une certaine prudence avant de s'engager trop vite sur une voie particulière. Et en sens inverse, une fois que le marché a fait son tri, il faut vite s'y engouffrer pour être présent avant ou en même temps que les autres. Tel est bien semble-t-il le cas de l'éolien posé aujourd'hui. Le marché décolle en ce sens que les premiers parcs éoliens offshore sont attribués en Europe, s'implantent notamment en Europe du nord et même pour certains sont mis en service.

Méthodologie retenue

Pour circonscrire le champ de la mission et respecter le cadre imparti - horizon 2020 - il est proposé ici d'adopter une démarche à la fois technique et économique. Autrement dit, évaluer pour chaque technologie la faisabilité scientifique et technique d'une part, et la faisabilité économique d'autre part. Cela ne veut pas dire que l'on ne retienne que les technologies respectant à la fois les deux critères de faisabilité, technique et économique. Dans le champ d'investigation possible, il est proposé de ne prendre en considération que les filières pour lesquelles il existe actuellement des technologies ayant été prouvées. Cela peut être soit des technologies innovantes, mais ayant fait l'objet d'expérimentation en mer concluantes laissant espérer un avenir proche, soit des technologies existant déjà « sur étagère » dans des conditions terrestres et qui pourraient alors être transposées en mer par des adaptations au milieu marin plus ou moins requalifiantes².

² La qualification en mer d'une technologie prouvée sur terre ne va pas de soi : elle nécessite dans la plupart des cas des requalifications pour démontrer l'aptitude de la technologie à fonctionner en milieu marin, ce qui peut avoir plus ou moins d'implications (résistance à la corrosion, résistance aux grandes vagues, aux courants marins).

Exemple : la technologie des éoliennes terrestres peut être transposée au milieu marin de deux manières :

- soit en restant dans l'air (ce sont les éoliennes off-shore qui en tant que machines ressemblent beaucoup aux éoliennes, sauf qu'elles nécessitent de grandes précautions dans leur étude - choix des matériaux, de génie civil - et dans leur mise en œuvre pour les adapter au milieu marin) ;
- soit en étant immergées dans l'eau de mer (et ce sont alors les hydroliennes qui sont sur le même principe de dynamique des fluides que les éoliennes, mais nécessitent toutefois un nouveau dessin de la machine et un complet redimensionnement pour s'adapter aux écoulements liquides)

Quand bien même une technologie serait qualifiée pour être utilisable en mer, il faut s'assurer de certains aspects, comme la facilité de la maintenance, etc.

Les énergies marines pour lesquelles il n'y a pas encore de technologies sur étagères prouvées même dans des domaines proches seront bien sûr citées pour leur potentiel à horizon plus lointain, mais plus en termes d'abord de recherche que de développement pour la mise en œuvre d'une filière industrielle (ce sont les énergies liées à la houle, au gradient thermique, les gradients de salinité, la biomasse). Il s'agira plus alors d'identifier les verrous technologiques, les thèmes de recherche porteurs d'avenir et de dresser quelques pistes de filières universitaires

En effet, lorsqu'il est envisagé de développer des filières industrielles, il est essentiel de s'assurer de la crédibilité des engagements des différents acteurs, par rapport aux conditions du marché et à la concurrence. La réalité et le pragmatisme m'ont amenée à constater que, dans la situation financière générale d'aujourd'hui, aucun industriel n'acceptera d'engager les investissements considérables nécessaires pour constituer une filière, en face de laquelle il n'y aurait pas de marché à très court terme.

Un tel marché existe clairement dans le cas de la filière des éoliennes offshore, mais reste à bâtir pour toutes les autres filières marines.

Il est donc proposé de hiérarchiser ces filières en fonction des **différents critères** entrant en jeu :

- *caractère prouvé de la technologie,*
- *possibilité de l'utiliser en mer,*
- *compétitivité, aux conditions économiques du marché,*
- *degré de maturité technique de la technologie,*
- *prééminence de la concurrence étrangère,*
- *crédibilité et capacité d'un nouvel arrivant sur le marché.*

❖ 5. LES PRINCIPALES FILIERES DES EMR

Revue des définitions, technologies, techniques et enjeux

Ce chapitre décrit les diverses techniques existantes ou envisagées dans les énergies marines déjà énoncées au chapitre 4 (courte présentation pédagogique de chaque filière et des schémas explicatifs).

▪ 5.1 LES ÉOLIENNES OFFSHORE POSEES

Elles constituent la seule technologie d'énergie marine déjà parvenue en phase industrielle (par opposition aux éoliennes flottantes de la génération à venir). Le principe de cette énergie, exploitant la force du vent pour la transformer en électricité, est bien connu, et son déploiement, en France et dans le monde, est impressionnant³. Mais ce mouvement n'est pas sans rencontrer des résistances. En France on constate la raréfaction des sites encore disponibles dans certaines portions du territoire. Des opposants se font entendre (beaucoup fondent leurs critiques sur les atteintes au paysage ou à leur environnement immédiat). Sans entrer dans le débat de fond, cet infléchissement a été observé dans la plupart des pays européens en avance sur nous dans l'exploitation du vent (Danemark⁴, Allemagne).

L'éolien offshore est alors une alternative et un relais de croissance pour l'éolien terrestre. Une éolienne a moins d'impact visuel sur le paysage quand elle est éloignée du littoral de plusieurs dizaines de km en mer. Un autre avantage de l'éolien offshore est que le vent est souvent plus important et aussi plus régulier en mer que sur terre. Mais le principal frein à l'éolien offshore est économique, en raison des surcoûts d'investissement. Mais ceci est en train de changer car le marché décolle. Et, par un processus d'abaissement des coûts grâce à l'augmentation des volumes produits, le coût de l'éolien pourrait s'abaisser au cours des prochaines années, ce qui est aussi une exigence de compétitivité.

En 2008, 25 parcs offshore étaient en service dans cinq pays (Danemark, Royaume-Uni, Suède, Hollande et Irlande), cumulant une puissance installée d'environ 1 100 MW. Les plus importants sont les parcs d'Horns Rev et de Nysted, au Danemark, avec 80 et 72 éoliennes, totalisant respectivement 160 et 165,5 MW. Selon l'Association Européenne de l'Énergie Éolienne (EWEA), la puissance installée en 2020 en Europe pourrait atteindre 40 000 MW, soit l'équivalent de l'ensemble de la consommation domestique française.

Les prévisions de la puissance installée en France pour l'éolien offshore établies par le Ministère de l'écologie pour 2020 sont de :

- . 19 GW pour l'éolien terrestres (contre 8,5 GW aujourd'hui)
- . 6 GW pour l'éolien offshore

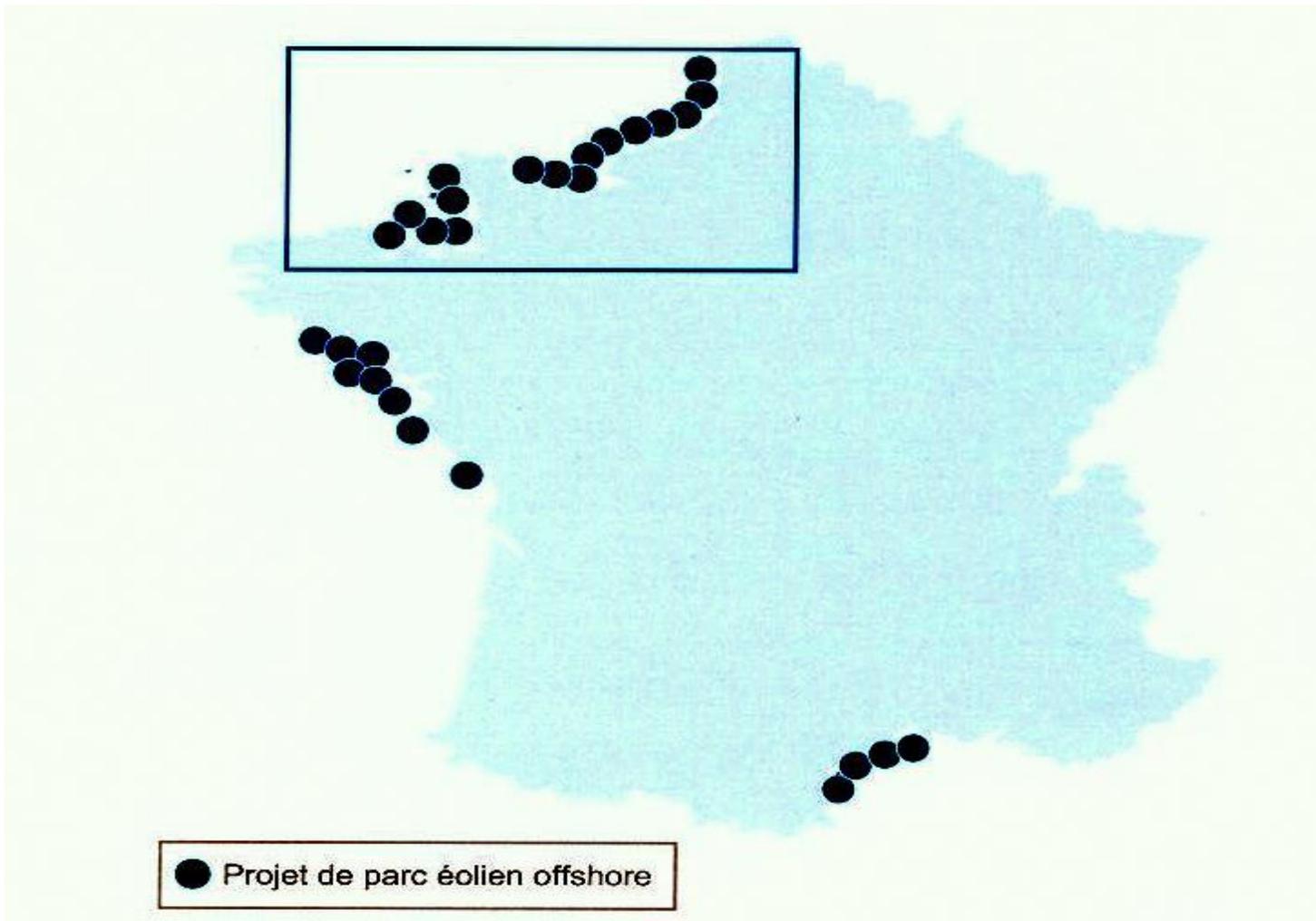
Cependant, en ce qui concerne l'éolien offshore, il n'y a encore aucune réalisation à ce jour en France. Le premier appel d'offres d'éoliennes offshore, lancé en 2004, a débouché sur un seul projet, près de Veulettes, lequel est actuellement bloqué par des recours administratifs et juridictionnels.

C'est d'ailleurs pour faire démarrer le marché de l'éolien offshore en France qu'un appel d'offres doit être lancé très prochainement, à une puissance de 3000 MW. Le respect de ce volume et du calendrier sont réclamés très fortement par les acteurs, qui considèrent ces chiffres comme impératifs pour créer une filière française.

³ Le taux de croissance de la puissance installée dans le monde qui s'établit selon le SER à 30% par an au cours des dix dernières années.

⁴ Ainsi, le numéro un mondial de l'éolien, le danois Vestas, a annoncé le 26 octobre 2010 3.000 suppressions de postes, principalement au Danemark, en raison d'un ralentissement du marché européen prévu l'an prochain et de résultats en baisse

Ceci impose que les meilleurs sites soient retenus pour l'appel d'offres. A cet égard, je tiens à souligner, à titre d'exemple, le cas du site des deux îles en Vendée momentanément écarté : celui-ci mérite, à mon avis, un nouvel examen du fait de son intérêt (économie, pêche, tourisme, défense de l'environnement et acceptabilité sociétale).



Carte des zones envisagées par les porteurs de projet fournie par le cabinet PriceWaterhouseCoopers a caractère indicatif. L'appel d'offres prochainement lancé, en tout état de cause, n'en reprendra qu'une partie.

a) Les raisons du surcoût de l'éolien offshore posé :

La raison principale pour laquelle l'éolien offshore ne s'est pas développé dans le monde comme l'éolien terrestre est, on le sait, son coût d'investissement plus élevé que pour l'éolien terrestre. Le principal facteur explicatif de ce surcoût tient aux coûts d'infrastructure (fondations + raccordement au réseau), qui sont plus élevés que pour l'éolien terrestre. En fait le coût de l'infrastructure a été estimé par le principal constructeur d'éoliennes offshore Vestas⁵ à 50% du coût total d'une installation offshore, alors qu'il ne s'élève qu'à environ 20% pour une éolienne terrestre.

b) La fondation d'une éolienne en mer peut être de plusieurs types :

Différents types de fondations pour une éolienne offshore :

La fondation mono pieu, qui consiste à fonder l'éolienne par un pieu d'abord battu, enfoncé dans un sol généralement sableux. L'éolienne dans sa partie superstructure doit être amenée par un navire spécialisé et cela durant la belle saison (ce type a été utilisé dans certaines parties de la Mer du nord).

La fondation gravitaire, béton ou acier : l'éolienne repose sur une embase gravitaire posée sur un sol généralement rocheux avec une surcouche de sable d'épaisseur variable, voire nulle, (ce pourrait être le cas par exemple des côtes au large du Cotentin).

La fondation jacket, structure métallique constituée de tubes soudés assurant une large emprise sur le fond (ce type de fondation est adapté au cas de profondeur assez importantes mais inférieure à la centaine de mètres. Ce type de structure est bien connu dans l'industrie pétrolière. Il pourrait être utilisé dans certaines cotes de la Méditerranée (par exemple le Languedoc-Roussillon).

Schémas 1, 2, 3 ci après.

⁵ Chiffres annoncés par des industriels lors d'une présentation à la CCI de Nantes St Nazaire (13/10/2010).

La solution béton crée de nombreux emplois à terre durant toute la durée de construction du projet.



1 *Fondation monopieu*



2 *Fondation massif béton*



3 *Fondation métallique jacket*

c) Points forts et avantages relatifs des différents types d'Eoliennes offshore posées

La plupart des projets éoliens offshore en Europe du Nord sont situés en Mer Baltique et en Mer du Nord, deux zones maritimes correspondant à une immense plaine qui n'a été envahie par les eaux que depuis la fin de la dernière période glaciaire, il y a moins de 8000 ans. Les profondeurs d'eau sont assez limitées et la géologie est caractérisée par de larges étendues de fonds sableux. Par opposition, les côtes françaises de la Manche, de l'Atlantique et de la Méditerranée présentent de nombreux faciès, avec des profondeurs souvent plus importantes et des conditions de sol très variées. Par conséquent, il est inévitable que l'implantation d'éoliennes offshore nécessite des solutions particulières. Il est même probable que, compte tenu de l'étendue des grandes fermes, certains projets utiliseront plusieurs solutions de fondations d'une extrémité à une autre.

Les fondations gravitaires ont été particulièrement étudiées par certaines firmes françaises, car elles sont intéressantes sur les fonds rocheux fréquents sur nos côtes. Avec les grandes éoliennes modernes, les fondations ont une taille telle que la solution gravitaire est encore économiquement attractive dans des profondeurs d'eau avoisinant 40m. D'ailleurs, lorsque la profondeur est importante, les efforts de la houle sur l'embase diminuent ce qui compense en partie l'effet de la profondeur sur la taille de l'embase. Une embase gravitaire est nettement plus lourde qu'une structure à support métallique et nécessite un moyen naval puissant pour son installation. Une démarche innovante consiste à monter l'éolienne complète sur son

embase au port, puis à transporter et poser l'ensemble sur le site final. Le coût de la mise en place de l'embase lourde est largement compensé par le fait qu'il n'est plus nécessaire d'assembler l'éolienne en mer et que les tests de celle-ci sont effectués au port. Une firme a d'ores et déjà réalisé les études nécessaires, y compris les essais en bassin, et pourrait rapidement décider de construire la barge correspondante si le marché le justifie.

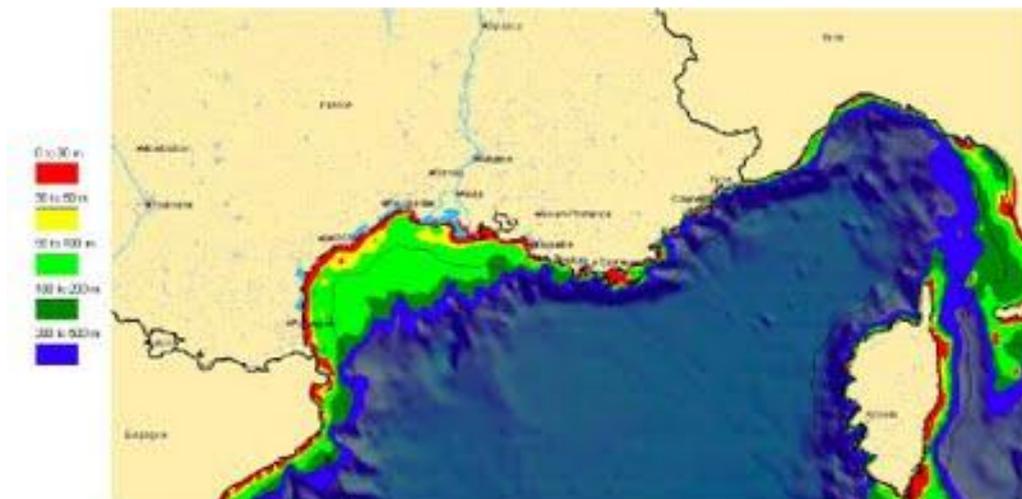
▪ 5.2 LES EOLIENNES FLOTTANTES

Les éoliennes flottantes, une voie d'avenir **en eau profonde**

En raison du coût croissant de la fondation de l'éolien fixe avec la profondeur des fonds marins, il devient nécessaire au-delà d'une certaine profondeur de passer à une autre technologie : l'éolien flottant. Cela est particulièrement vrai pour le littoral en France, car de nombreuses côtes⁶ présentent la particularité que la profondeur des eaux marines s'accroît très vite avec la distance à la terre. Cette situation est très distincte de celle de la mer du nord où sont situés la plupart des parcs éoliens créés à ce jour en Europe, pratiquement tous sous la forme d'éoliennes fixes. Ce fait objectif rend l'éolien flottant une opportunité très intéressante dans le cas français.

Les Éoliennes flottantes sont un marché nouveau et ouvert au plan international, où la France a toutes ses chances de compétitivité. Les autres pays d'Europe du nord n'en ont pas besoin pour l'instant, car ils bénéficient de zones importantes de « hauts fonds », à coût accessible,

Carte des zones françaises, avec les profondeurs, exemple de la Méditerranée les fonds marins français en Méditerranée



Quelques exemples d'éoliennes flottantes.

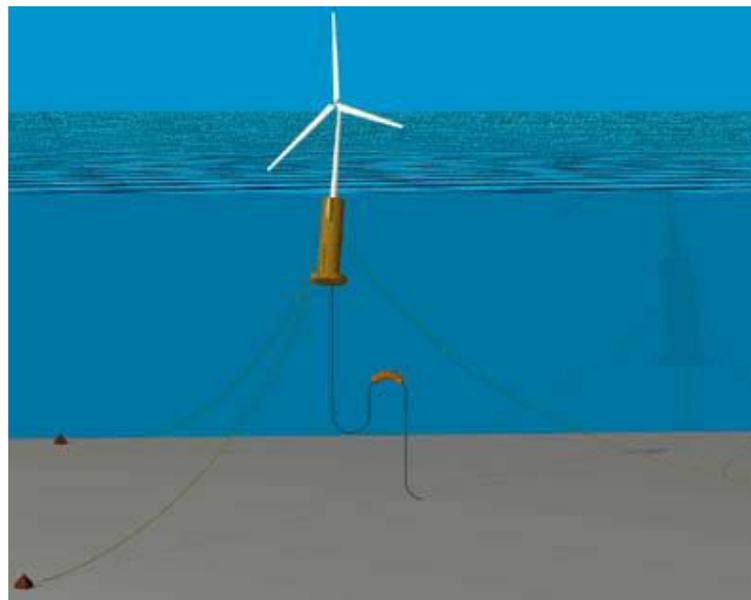
Il existe des prototypes de démonstration (comme celui de la compagnie pétrolière Statoil en Norvège auquel ont participé des sociétés françaises). Des exemples de projets, Winsea de la société norvégienne Statkraft, la start-up française Nenuphar-Wind, le projet WinFlo, projet Diwet (prototype testé en Italie).

⁶ Notamment les côtes de la façade atlantique (Pays de Loire, Bretagne) et de la Méditerranée (Languedoc, PACA) ainsi que de nombreux territoires d'origine volcanique dans les POM-TOM.

Ces éoliennes flottantes ne seront pas de simples éoliennes classiques installées sur des bateaux ou barges flottantes, dans des zones où la profondeur empêche l'implantation d'éoliennes off-shore posées. Comme pour les éoliennes fixes, il peut y avoir plusieurs types de supports, assurant la flottaison et ces éoliennes tout en flottant peuvent être empêchées de dériver. En fait, ces éoliennes seront de véritables innovations technologiques dont la conception d'ensemble permettra d'optimiser le comportement global face à la houle et au vent. Cette conception totalement nouvelle par rapport à l'éolien terrestre suscitera des innovations liées à cette optimisation globale au niveau de chaque sous-partie éolienne, support flottant et câble. Ceux qui sauront faire ces innovations se créeront un savoir-faire unique (propriété industrielle) qui leur permettra ultérieurement d'être bien placés par leur offre compétitive et s'adapter à la nécessaire baisse des coûts. Il y a là un cercle vertueux innovation compétitive – augmentation des volumes- baisse des coûts, dont ont su tirer parti les pays d'Europe du nord dans l'éolien terrestre depuis plusieurs décennies. La France, pays d'excellence ingénieriale dispose aujourd'hui encore de toutes ses chances puisque ce cercle n'a pas été initié dans l'éolien flottant.

Différents types d'éoliennes flottantes ont été proposés: certaines sont à lignes non tendues : l'idée est de faire tenir debout malgré le vent une éolienne montée sur un flotteur lesté dans sa partie basse, le lest s'opposant à l'inclinaison de l'éolienne sous l'action du vent. D'autres prévoient de tendre les lignes d'ancrage de l'éolienne de façon à tenir l'éolienne debout grâce à la tension des câbles constituant les lignes. Cela permet de gagner du poids sur l'ensemble de la structure, surtout si l'entre-axe des câbles est important.

L'École centrale de Nantes et les structures flottantes. Il convient aussi de signaler que l'École Centrale de Nantes a acquis une expertise pour l'optimisation des structures flottantes sous l'effet combiné du vent et de la houle, de façon à s'assurer de la stabilité de ladite structure dans des conditions qui, loin d'être exceptionnelles, sont en fait souvent rencontrées en mer (une forte houle coïncide généralement avec une forte tempête). Elle est en train de renforcer son bassin d'essai de structures pour le doter de souffleries centrifuges qui selon le responsable technique de ce centre d'essais⁷ sont particulièrement adaptées pour simuler les conditions réelles de la mer sous l'effet combiné de la houle et du vent.



Eolienne flottante à lignes non tendues

(Autres schémas d'éolienne flottante dans les annexes)

⁷ Information de Jean-Marc ROUSSET, École Centrale de Nantes

Deux projets français d'éolienne flottante, DIWET et WINFLO, sont labellisés par le Pôle Mer de Bretagne.

DIWET, (pour Deep Water Initiative Wind Energy Technology, ou technologie innovante d'énergie éolienne en eau profonde). Le groupe hollandais Blue H a mis à l'eau en 2007 un premier démonstrateur, le projet porte sur une machine de 3,3 MW.

WINFLO - Eolienne offshore flottante sur plateforme semi-immersée à ancrages caténaux. Le projet prévoit la mise au point d'une nacelle spécifique offshore. La machine sera installée sur une plateforme semi-submersible, supportant une éolienne de plus de 5 MW ancrée par des lignes caténaux permettant de déconnecter et remorquer facilement la machine pour sa maintenance. Le porteur du projet est NASS&WIND avec pour partenaires industriels : DCNS, SAIPEM, INVIVO. Partenaires recherche: IFREMER, ENSIETA

VERTIWIND - Eolienne offshore flottante à axe vertical. Le projet VERTIWIND a pour objectifs le développement et la mise en œuvre d'un concept innovant d'éoliennes flottantes à axe vertical, ainsi que la fabrication et les tests en mer d'une éolienne prototype, représentative de celle qui serait industrialisée (taille, dimension, forme, puissance). Les différentes étapes du projet vont permettre de valider les estimations de la puissance pouvant être produite, les lois de régulation de l'aérogénérateur, les solutions d'amarrage et d'ancrage du flotteur, et de tester les phénomènes de couplage aéro/hydrodynamique de l'éolienne et de son flotteur.

Pour réaliser des éoliennes à axe vertical «en H» de grande dimension, Nénuphar a développé une technologie de pales en composite réalisées en un seul bloc, sans aucune pièce collée, inspirée de celles utilisées pour la construction des pales d'hélicoptères. Elle fait appel à un moule chauffant à très faible consommation d'énergie (la consommation d'énergie pour la réalisation d'une pale est estimée 8 fois inférieure à celle utilisée pour la cuisson des pales en matériaux composites).

Cette technologie d'éoliennes flottantes à axe vertical présenterait de nombreux autres avantages compétitifs :- le centre de gravité des éoliennes est plus bas et permet de réduire le coût de la structure flottante, ainsi que l'impact paysager.

- les éoliennes à axe vertical, de conception plus simple que les éoliennes conventionnelles, présentent une amélioration significative de la fiabilité et de la disponibilité. Elles sont robustes et simples, sans boîte de vitesses et sans système d'orientation de la nacelle ou des pales. Elles sont plus fiables et nécessitent moins de maintenance ce qui les rend plus adaptées à l'environnement marin.

- la taille des éoliennes a été définie de façon à réaliser l'ensemble des opérations de montage à terre (dans un port à proximité des sites qui accueilleront les éoliennes). L'installation en mer ne nécessite ainsi que des remorqueurs conventionnels, et n'implique pas de moyens de pose onéreux comme des grues offshore de grande capacité. La durée des interventions humaines en mer est ainsi minimisée (les éoliennes étant assemblées à leurs flotteurs dans un port avant d'être remorquées jusqu'au site d'installation).

Ce projet est piloté par [Technip France](#) avec pour partenaires industriels : EDF EN, NENUPHAR, partenaires Nénuphar Wind, EDF, [Seal Engineering](#), [Université du Sud Toulon Var](#) (USTV), Bureau Veritas, [Arts et Métiers Paritech](#).

A citer également **le projet FWWF** (French Wind Wave Float) associant sur la même plateforme flottante une éolienne et un système houlomoteur, labellisé par le **Pôle mer PACA**.

Les éoliennes flottantes permettent de s'affranchir de la limite actuelle des 35 mètres de profondeur des éoliennes en mer sur des fondations.

La localisation de ces éoliennes ne serait plus contrainte par les fonds marins mais par un équilibre entre les usages, la sensibilité environnementale et l'objectif de compétitivité du coût de l'énergie. Le but poursuivi est l'extension du marché de l'éolien en mer, aujourd'hui limité aux pays disposant de vastes plateaux continentaux et présentant des profondeurs inférieures à 35 mètres (Danemark, Pays-Bas, Belgique, Allemagne et Grande-Bretagne).

▪ **5.3 LA FORCE DES MAREES, LES ENERGIES MAREMOTRICES**

Les usines marémotrices, qui utilisent les différences de niveaux de la mer dues aux marées pour produire de l'électricité un peu comme dans un barrage, sont bien connues en France où elles ont été démontrées par l'exemple célèbre de l'usine de la Rance réalisée au cours des années 1961 à 1966 qui produit 500 millions de kWh par an. Malgré son grand intérêt technique et son caractère parfaitement prévisible pour alimenter le réseau électrique, il n'y a pas eu depuis de nouvelle réalisation en France en raison des problèmes d'acceptation environnementale, et de coût.

Ainsi le projet des Iles Chausey anglo-normandes a été abandonné. D'importants potentiels ont été recensés au Canada (baie de Fundy, estuaire du St Laurent, île de Vancouver) ainsi qu'en Corée du Sud, avec la mise en service prochaine de la centrale de Siwha d'Ansan à la fin de l'année, centrale la plus puissante du monde qui aura une capacité de 254 MW.

Néanmoins les problèmes environnementaux sont un obstacle dans tous les pays développés et cette difficulté ne va pas s'amoinrir. On peut s'interroger sur l'avenir de cette énergie à grande échelle, et le potentiel en France est donc considéré comme pratiquement nul.

▪ **5.4 L'ENERGIE HYDROLIENNE, LA FORCE DES COURANTS**

Par contre les Hydroliennes, sont une autre forme de cette énergie des marées, mais sans les mêmes impacts environnementaux car elles sont complètement immergées. Elles peuvent donc avoir un avenir important. Les hydroliennes sont des machines qui ressemblent un peu aux éoliennes, mais au lieu d'être émergées pour capter l'énergie du vent instable, elles sont sous-marines et ne se voient pas. Elles exploitent les courants de marée qui sont parfaitement prévisibles et beaucoup moins instables que le vent, ce qui renforce leur utilité pour le réseau électrique. D'après une étude EDF, la France posséderait le deuxième gisement européen avec plusieurs sites répartis entre la Bretagne et le Cotentin. Les sites les plus favorables sont ceux où ces courants de marée sont les plus forts. Il s'agit souvent de zones de pincement des courants marins (entre des îles ou au droit d'un cap) qui se trouvent ainsi concentrés. Le Raz Blanchard, le Raz de Sein, ou Ouessant en constituent des exemples pour la France.

Le potentiel électrique exploitable produit par les hydroliennes est estimé par EDF entre 2,5 et 3,5 GW en France. Le centre européen de recherche sur l'énergie marine, EMEC, a recensé de nombreux projets dans le monde. En Europe, des potentiels importants existent : l'Angleterre détient avec la France l'essentiel du potentiel de l'hydrolien en Europe. Celui ci est estimé à 5 à 6 GW au Royaume-Uni et 3 GW pour la France, environ 1 GW pour le reste de l'Europe. Ailleurs dans le monde, il y a notamment le Canada (par exemple en baie de Fundy où Open Hydro a un projet avec la société Nova Scotia).

Le potentiel français global en hydrolien pourrait représenter 6000MW. En se restreignant aux sites où le courant de marée maximal dépasse 3m/s, il est possible d'installer environ 1000 MW dans des conditions économiques avantageuses. Il convient de souligner que ces zones sont toutes localisées en mer ouverte, et sont soumises aux houles de tempête d'ouest. Les hydroliennes existant au Royaume-Uni sont toutes installées pour l'instant dans des zones relativement abritées et ne sont pas directement utilisables en France. Une firme française a développé des hydroliennes spécialement conçues pour résister aux conditions marines qui prévalent sur nos côtes, en profitant des connaissances et de l'expérience du parapétrolier offshore, aussi bien pour minimiser les efforts hydrodynamiques que pour assurer la maintenance en toute sécurité.

EDF est en train de réaliser un site expérimental au large de Paimpol-Brehat (Côtes d'Armor) en utilisant la technologie de l'industriel irlandais Open Hydro qui est partenaire. Sabella (Projet SABELLA D10) et Alstom (ORCA) ont également des projets très intéressants de prototypes hydroliens.

. LE PROJET ORCA

Le projet ORCA vise à fédérer des acteurs-clés de la filière hydrolienne française pour créer une offre nationale et internationale. ORCA va s'appuyer sur **la création d'une hydrolienne de grande taille**, et l'analyse de ses performances, pour réaliser les économies d'échelle nécessaires à une diminution du coût de l'électricité produite. Ce projet bénéficie aussi d'un réseau de compétences, rassemblant des industriels et des organismes publics de recherche. La conception et les études techniques, sociétales et environnementales seront réalisées jusqu'en 2012. Les phases de fabrication de l'hydrolienne et les tests interviendront en 2011 et 2012. L'installation est prévue à la fin de l'année 2012. Après l'exploitation, le démontage, l'inspection et le rapport final sont prévus pour la fin 2013. Ce projet est piloté par [ALSTOM](#) avec pour partenaires EDF, SECTOR, STX France, [École Centrale de Nantes](#), [IFREMER](#), [CETIM](#), [NEXANS](#), [IUEM de Brest](#) et trois laboratoires : [ARTS/ENSAM Chambéry](#), [INP Toulouse](#), [Laboratoire Laplace](#) (laboratoire plasma et conversion d'énergie) et le consultant [STAT-Marine](#).

. LE PROJET SABELLA D 10

Ce projet propose une hydrolienne à l'échelle 1 de 10 m de diamètre, pour une puissance de 350 à 500 kW, préfigurant, selon les termes de l'ADEME, les machines industrielles de demain. Objectif de mise à l'eau : troisième trimestre 2011, pour une campagne d'essai d'un an dans le passage du Fromveur entre les îles d'Ouessant et de Molène. Ce projet est piloté par [Sabella SAS](#) avec pour partenaires Ifremer, [Veolia Environnement](#) et Bureau Veritas

(Plusieurs schémas d'hydrolienne figurent en Annexes)

▪ **5.5 L'ENERGIE DES VAGUES ET DE LA HOULE : UN POTENTIEL CONSIDERABLE**

Les centrales houlomotrices représentent un potentiel considérable (théoriquement 400 TWh en France, à comparer à la consommation électrique française actuelle de 500 Twh), mais moins évidentes à exploiter technologiquement moins mature que pour les énergies éoliennes et hydroliennes. EDF estime que le potentiel qui serait exploitable en l'état actuel de la technique pour la France est en fait de l'ordre de 40TWh. Il est principalement situé sur la façade Atlantique en raison de vagues, en moyenne, plus importantes⁸. Beaucoup de projets ont été recensés, exploitant différents principes :

.déferlement : la vague déferle sur un plan incliné, est recueillie sur un bassin en hauteur, l'eau est obligée d'actionner une turbine pour retourner à la mer

.colonne oscillante : la surface de l'eau de mer agit comme un piston pour pousser l'air dans un tuyau (« trou du souffleur ») ; cet air actionne à son tour une turbine (qui peut travailler dans les deux sens)

8. La puissance moyenne des vagues est de 45 kW/m sur la façade atlantique métropolitaine.

.flotteurs en surface : ceux-ci peuvent soit être articulés et perpendiculaire aux vagues, soit monter et descendre en fonction du passage des vagues.

.systèmes immergés : ils peuvent être soit oscillants (sorte de volet oscillant dans les deux sens avec le passage des vagues) soit actionner une sorte de pompe à piston à vérin hydraulique.

On dénombre aujourd'hui près de 50 projets dans le monde pour utiliser l'énergie des vagues et de la houle, dont 18 présentés dans le document de la Région Bretagne. Parmi les projets, certains font l'objet d'un partenariat avec des industriels français, comme le système immergé CETO. D'autres font l'objet d'une étude d'évaluation technique comme le projet de flotteur en surface SEA-REV de l'École Centrale de Nantes, ou sont en cours d'essais en laboratoire, comme la dernière version en développement du PELAMIS, avec un pilote prévu en 2011 à l'Île de la Réunion.

Compte tenu du caractère encore non stabilisé des technologies relatives à la houle (ou aux autres énergies marines non matures), deux approches astucieuses se présentent afin de faciliter leur émergence et de créer en même temps une compétence française pour encourager les infrastructures et les centres d'essais.

Ceux ci peuvent être soit à terre à l'intérieur de centres déjà existants (technopoles dédiées à la mer comme à Brest avec le Pôle Mer Bretagne ou à Nantes avec l'École Centrale de Nantes, ou encore à la Réunion avec le projet GERRI). Mais il peut s'agir aussi d'une plate-forme d'essais installée en mer, car il y a certains problèmes qui ne peuvent être vus qu'en mer. Le fait de financer par les fonds publics une partie des coûts liés à ces « infrastructures » présente plusieurs avantages :

Ces dispositions faciliteraient, par définition, le développement de ces technologies marines et permettraient de lever les verrous technologiques, en préparant leur décollage industriel rapide à l'ouverture du marché.

De plus, elles permettraient de vérifier la validité des solutions techniques dans des environnements côtiers français, qui ne sont pas forcément identiques à d'autres, comme ceux de la mer du Nord. Cela peut même déboucher sur des technologies spécifiques (on peut rappeler ici l'exemple du constructeur français d'éoliennes Vergnet qui a développé une technologie adaptée aux climats cycloniques où l'éolienne peut être rapidement rabattue à terre en sécurité en cas de cyclone annoncé.).

Des emplois, liés aux travaux de R&D, seront ainsi générés en France, menés dans ces centres d'essais et entraîneront aussi une émulation entre les équipes de chercheurs et une fertilisation croisée entre les laboratoires, les systèmes académiques et les sociétés industrielles et PME, à condition de bien s'organiser en réseau (comme le sont par exemple les réseaux d'excellence).

▪ **5.6 L'ÉNERGIE THERMIQUE DES MERS (ETM)**

Utiliser les eaux chaudes et froides des océans : un atout pour les mers chaudes

L'énergie thermique des mers est produite en exploitant la différence de température entre les eaux

superficielles et les eaux profondes des océans. (Un acronyme souvent rencontré est en anglais OTEC, pour Ocean Thermal Energy Conversion). L'ETM pourrait fonctionner à grande échelle dans les zones intertropicales favorables, en base toute l'année, et on a même pu dire que l'ETM serait « le nucléaire des énergies marines ».

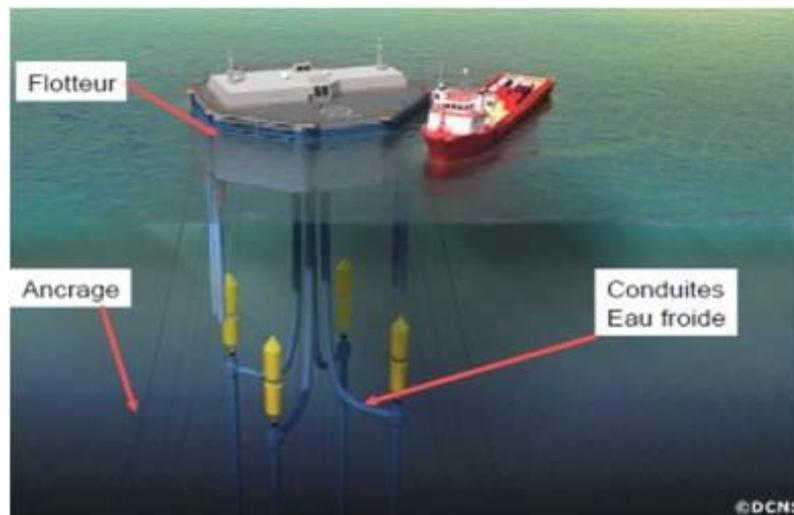
- a) **Principe :** Les mers et les océans se comportent comme un gigantesque capteur pour le rayonnement solaire (direct : flux solaire absorbé par l'océan ou indirect : rayonnement de la Terre réfléchi par l'atmosphère terrestre). A la surface, grâce à l'énergie solaire, la température de l'eau est élevée (elle peut atteindre les 28 C en zone intertropicale) et en profondeur l'eau est froide (aux alentours de 2 à 4 C, avec des "bouffées" d'eaux froides polaires qui "plongent", au nord et au sud de l'[océan Atlantique](#)). De plus les couches froides ne se mélangent pas aux couches chaudes. Cette différence de température peut être exploitée par une [machine thermique](#) utilisant pour produire de l'énergie, respectivement l'eau venant des profondeurs et l'eau de surface comme source froide et source chaude.



L'ETM est au départ une histoire française (plus d'information est disponible en annexe 12). Des scientifiques et ingénieurs français ont été des pionniers de l'énergie thermique des mers, avec la théorie, en 1881, Jacques Arsène d'Arsonval, et la pratique, l'ingénieur français Georges Claude, 1928-1930, à Cuba et au large du Brésil. Par la suite, l'Ifremer a mené beaucoup d'études, abandonnées dans les années 1980 et reprises aujourd'hui. **Aujourd'hui dans le monde, les pays qui réalisent le plus de recherches dans ce domaine de l'ETM sont les [États-Unis](#) (à Hawaï notamment, avec l'industriel Lockheed Martin), le [Japon](#), et la France (Ile de la Réunion avec Prototype à Terre construit en 2011, et Projet de démonstrateur, possible aux Antilles, à la réunion ou en Polynésie).**

- b) **Géographiquement**, l'énergie thermique des mers n'est aujourd'hui d'un rendement suffisant, et donc d'une puissance suffisante exploitable que dans les zones intertropicales ; car ailleurs, la différence de température entre la surface et le fond est insuffisante pour obtenir l'eau froide à grande profondeur et alimenter une machine thermique (on rappelle que le rendement d'une telle machine dépend de la différence de température entre la source chaude et la source froide, principe de Carnot).

- c) **Implantation**, L'E.T.M. doit pouvoir puiser de l'eau froide des océans, les canalisations allant jusqu'à 1000 mètres de profondeur environ. Il faut un emplacement avec présence de côte abrupte au plus près des côtes pour faciliter la construction et minimiser les coûts. Les endroits favorables sont ceux où l'eau de surface reste chaude durant toute l'année, avec une moyenne d'environ 24 °C, c'est-à-dire entre 30 et -30 degrés de latitude dans une zone allant du [tropique du Cancer](#) au [tropique du Capricorne](#).
- d) **Les techniques de l'E.T.M**, L'E.T.M. produit de l'énergie grâce à un fluide de travail qui passe de l'état liquide à l'état vapeur dans l'évaporateur, au contact de l'eau chaude puisée en surface. La pression produite par la vapeur passe dans un turbogénérateur pour faire tourner une turbine et produire de l'électricité. Après que le gaz a perdu de la pression, il passe dans un condenseur pour retourner à l'état liquide, au contact de l'eau froide puisée en profondeur.
- e) **Le tuyau d'eau froide qui constitue la principale difficulté**. Actuellement, il est possible d'utiliser des tuyaux en PEHD (Polyéthylène Haute Densité) de 1,5 mètre de diamètre, mais dans le futur s'il se construit des centrales de grosses puissances, il faudra des canalisations jusqu'à 15 mètres de diamètre.



Des projets français :

le projet ESPADON a pour objectif à l'horizon 2015 d'affirmer la faisabilité technique, industrielle et économique, ainsi que la fiabilité et d'étudier l'impact environnemental d'un tuyau de grandes dimensions permettant de pomper en immersion profonde l'eau froide nécessaire à l'exploitation d'une centrale d'énergie thermique des mers.

La réalisation et la mise à l'eau du démonstrateur de conduite d'eau de mer permettront de lever un des principaux verrous technologiques subsistant dans le domaine et ouvriront la voie à l'exploitation de centrale de production d'énergie dans les zones tropicales.

Ce projet est développé à l'île de la Réunion : (Projet d'ETM, d'abord en prototype à terre, à la Réunion, avec la DCNS et Ifremer). Première phase, décidée : PROTOTYPE A TERRE Energie Thermique des Mers, implanté à l'IUT DE SAINT PIERRE PAT ETM (DOT-P1) : le but est de démontrer les performances d'un module unitaire énergie thermique des mers via une plateforme autonome à terre. Deuxième phase : Démonstrateur ETM en vraie grandeur, en projet. Il s'agit de démontrer la technologie DCNS de production électrique ETM sur plateforme Offshore, pour une Puissance à définir de l'ordre de 10MW.

Une centrale pilote étudiée à la Martinique : DCNS et la Région Martinique ont signé le 25

novembre 2010 une convention portant sur la définition des possibilités et conditions de mise en place en Martinique d'une centrale pilote d'énergie thermique des mers (ETM).

Ce programme de recherche et développement pour le pré-dimensionnement d'une centrale pilote, capable de fournir 10 MW d'énergie stable en 2015 peut, en effet, répondre aux besoins énergétiques croissants de la Martinique et contribuer à la future autonomie énergétique de l'île. Suite aux réflexions stratégiques sur les filières technologiques d'énergie renouvelables et, notamment, sur les énergies marines menées par la Région Martinique, il apparaît que la filière ETM pourrait être pertinente. En effet, la localisation de l'île sur la ceinture tropicale permettrait de produire de l'énergie 24H/24H en exploitant la différence de température qui existe naturellement entre la surface de l'eau et les profondeurs de l'océan.

Il ne faut pas oublier d'autres possibilités liées à l'eau froide profonde des océans : En plus de l'énergie, les systèmes envisagés permettraient l'utilisation (cultures marines) des nutriments piégés en grande quantité dans les couches froides de l'océan, où la **photosynthèse** est impossible.

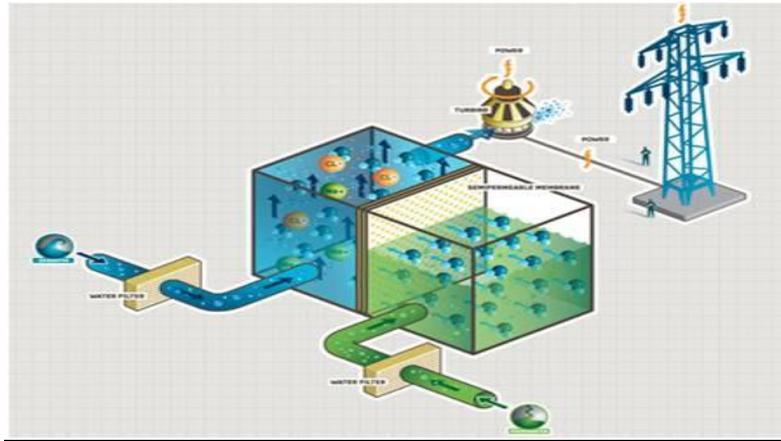
La mer, source froide, L'eau profonde froide peut être utilisée directement comme réfrigérant pour des machines thermiques, ou pour du conditionnement d'air, en utilisant l'eau froide des profondeurs pour de la climatisation (technique dite **SWAC, pour Sea Water Air Cooling**). Il y a plusieurs projets, dont un pour la ville de St-Denis de la Réunion.

▪ **5.7 L'ENERGIE OSMOTIQUE : L'EXPLOITATION DES GRADIENTS DE SALINITE**

Énergie osmotique (pression osmotique entre eau douce et eau salée)
Une possibilité à l'île de la Réunion, dans un site très intéressant.

Lorsque deux masses d'eau de concentrations en sel différentes sont en contact, les molécules d'eau douce ont naturellement tendance à passer du compartiment le moins condensé vers le plus condensé, pour rétablir l'équilibre de concentration. C'est le phénomène de la pression osmotique. Si un compartiment d'eau de mer, concentrée en sel, et un compartiment d'eau douce sont mis en contact au travers d'une membrane semi perméable, l'eau va naturellement franchir cette membrane en créant une surpression équivalente à une colonne d'eau de 240 m, qui peut être utilisée pour alimenter une turbine hydroélectrique. Le principe est simple, et connu, et requiert des membranes élaborées (utilisées pour le dessalement de l'eau en osmose inverse) qui ont fait beaucoup de progrès.

De telles centrales doivent être installées à proximité immédiate des estuaires, où eau douce et eau salée sont disponibles en grande quantité, et en faisant en sorte de réduire les coûts d'investissement et de génie civil. La société norvégienne STATKRAFT mène des recherches avancées sur l'énergie osmotique. Le potentiel théorique mondial, estimé à 1600 TWh, est intéressant.



Principe de fonctionnement d'une centrale Osmotique

L'île de la Réunion propose un site potentiel intéressant à la marina de Sainte Rose. Le projet est de faire un projet pilote de production électrique par osmose à Sainte Rose : site de rejet d'eau douce (10 m³/s) de la centrale hydroélectrique de Rivière de l'Est dans le Port de Ste Rose, Marina de Ste Rose, une conduite d'eau douce de qualité arrive directement jusqu'à l'océan, ce qui est favorable pour l'économie du projet pilote de production électrique par osmose.

▪ **5.8 LES ENERGIES DE LA BIOMASSE MARINE**

Utiliser la force vitale des mers, pour des «algocarburants» et des biocarburants de troisième génération

Outre la production d'électricité, la mer ouvre d'autres perspectives par l'utilisation de sa biomasse, et notamment des microalgues, qui contiennent un taux de lipides très important, et peuvent être une ressource appréciable pour la production de biocarburants d'origine marine.

La production intensive de micro algues à vocation énergétique (lipides et corps gras, également de plus en plus utilisés pour l'alimentaire et les produits esthétiques) (Cf. Jean-Paul CADORET, Ifremer Nantes) L'exploitation des lipides des microalgues pour la production de biodiesel ; un biocarburant « de troisième génération » est possible. Et aussi l'exploitation des sucres des algues pour la production de bioéthanol par fermentation.

Deux modes de culture sont possibles :

- . la culture en bassins ouverts, qui suppose des espaces disponibles conséquents. Les études d'Ifremer Nantes montrent que la production de microalgues peut atteindre environ 50 tonnes de matière sèche par hectare, dont peuvent être extraits de 7 à 15 tonne d'huile.
- . la culture en photo bioréacteurs, dans des récipients fermés, où tous les paramètres de température, nutriments et luminosité peuvent être contrôlés; c'est la méthode la plus productive et la plus économe en sols, déjà (cosmétique, médecine) employée pour la fourniture de molécules à haute valeur ajoutée, mais elle reste coûteuse.

La France est assez bien placée dans la recherche internationale.

Plusieurs projets français d'« algocarburants » sont à citer :

- **Le projet Bioalgotral**, à La Réunion, que la mission d'études a rencontré sur le terrain. **A.L.B.I.U.S.**: un démonstrateur industriel de production de biocarburant sur 5 ha au cœur d'une plateforme partagée dédiée au développement durable. Site web www.bioalgotral.com
- **Le Pôle Mer PACA**, avec le Pôle de compétitivité Capénergies, a labellisé les projets Shamash, Algomics et Symbiose, financés par l'Agence Nationale de la Recherche, ainsi qu'une plate forme innovante de recherche baptisée Héliobiotech .
- **Le projet Shamash** (qui associe neuf partenaires scientifiques et industriels dont l'INRIA à Sophia-Antipolis, le Cea, Ifremer...) travaille sur l'identification des meilleures souches de microalgues pour l'élevage en bioréacteur et la production de carburant.
- **Le Projet Alpha Biotec**, vise une expérimentation dans une lagune d'Assérac, près de Guérande (Loire Atlantique).
- **Safe Oil**, projet expérimental labellisé par le Pôle Mer Bretagne, avec Sarp Industrie (Veolia Propreté) envisage de cultiver des microalgues sélectionnées pour leur forte teneur en huile dans des bassins à l'air libre dans les carrières de kaolin de Ploemeur, près de Lorient (Morbihan).
- **Le Projet Algomix**, avec le CEA Cadarache, études sur les microalgues et leur métabolisme.
- **Le projet Salinalgue**, prévoit une ferme pilote en démonstrateur de 10 ha dans les anciennes salines du midi.

La problématique de cette énergie marine des « algocarburants » est très différente des autres EMR, et surtout très net en termes de compétences, de formation et de métiers.

[On commence à utiliser le nom d'un métier nouveau, à construire, les « algueurs ».](#)

(voir plus d'informations dans les Annexes sur la Biomasse marin)

❖ 6. LES ACTEURS FRANCAIS DES ENERGIES MARINES RENOUVELABLES

Il existe en France un nombre très important d'acteurs dans ce domaine en évolution (EMR). J'ai eu l'occasion d'en rencontrer une grande partie (plus de 150 personnalités compétentes : entre autres, l'IFREMER, la DCNS, les chantiers navals, STX, les Ports Maritimes, les industriels des énergies renouvelables..., ALSTOM, l'IFP (désormais IFP Energies Nouvelles), Technip, le CEA (désormais Commissariat à l'énergie Atomique et aux énergies alternatives), le CNRS, Saipem, Nass & Wind, l'Ecole Centrale de Nantes, le SER, Syndicat des énergies renouvelables, EDF et sa filiale EDF Energies Nouvelles, divers clusters et réseaux d'industriels, (comme le Cluster Maritime Français, Neopolia, le Pôle naval Bretagne, les pôles mer Bretagne et PACA, les Présidents de plusieurs CCI), les services de l'Etat : l'ADEME, la DGEC, le CETMEF, la Direction des Affaires Maritimes, Pôle Emploi du Mans, l'AFPA, la

DGEFP, les services régionaux et départementaux, directions départementales interministérielle, et DREAL...

Déplacement à l'île de la Réunion a fait l'objet d'une visite de terrain, participation aux Assises de la Mer à Toulon... liste complète en annexe.

▪ **6.1 LES EXEMPLES D'INITIATIVES**

Les projets en matière d'énergies marines sont nombreux, et intéressants, dans toutes les filières (liste non exhaustive).

- **En éolienne offshore** : Enertrag, Repower, la Compagnie du Vent, Nass & Wind, Areva Multigrad...

- **En hydrolien** : le Projet EDF du Bréhat Paimpol, en travaux en 2011 Sabella Hydrohelix, Alstom, le projet hydrolien ORCA, Les Energies de la Lune à Bordeaux...

- **En Houlomotrice et énergies des vagues** : le projet SeM-Rev de l'école centrale de Nantes, le projet de plate-forme du Croisic, Pelamis et Seawatt, CETO Carnegie technologie, le projet innovant S3 de SBM Offshore France (Simple Buoy Moorings) avec l'École Centrale de Nantes...

- **En éolien flottant** : le projet WinFlow avec Nass & Wind, DCNS, Saipem, le projet Vertiwind avec la start-up Nénuphar-Wind, le projet DIWET...

▪ **6.2 PROJETS INDUSTRIELS, PILOTES ET PROTOTYPES EN EMR**

Le cas de l'Outre-mer, la Région Ile de la Réunion (visitée en nov. 2010), les Antilles françaises, la Martinique et la Guadeloupe, et Tahiti,

- Les plateformes d'essai et développement, le projet d'IEED, Institut d'Excellence en Energies décarbonées, (le projet France Energie Marines présenté par l'Ifremer),

- Les pôles de compétitivité dédiés aux énergies renouvelables : CAP Energie en région PACA, DERBI en Languedoc Roussillon... (*Voir la carte des Clusters et pôles de compétitivités*),

- Les partenariats existants en EMR, au plan français, européen, international, liens avec les centres d'essai en EMR existants dans le monde.

❖ 7. COMMENT STOCKER LES ENERGIES MARINES ?

La question du stockage de l'électricité produite par les énergies renouvelables et par les EMR, est très importante, s'agissant d'énergies intermittentes (sauf l'ETM qui est disponible en base)

- a) **Stations de Transport d'Énergie par Pompage.** Dans les grands systèmes électriques, un des stockages les plus compétitifs prend la forme des **STEP**. L'eau y est pompée aux heures creuses, dans un réservoir supérieur, et retournée aux heures de pointe.
- b) **Stockage thermodynamique de l'énergie.** Le stockage de l'énergie sous forme de chaleur est une autre forme intéressante, étudiée pour les énergies marines, notamment par SAIPEM. Il est aussi étudié pour d'autres énergies renouvelables (Solaire à concentration) pour permettre de disposer d'énergie électrique valorisée, aux heures de pointe où la demande est élevée.
- c) **Production d'hydrogène.** Pour le stockage de l'énergie, le vecteur hydrogène est souvent évoqué. La Production d'hydrogène pourrait constituer un vecteur idéal pour le stockage et transport. Ce peut être une technologie clé pour les énergies marines, l'éolien offshore, l'éolien flottant, l'ETM, en permettant un stockage de l'énergie, en alternative au transport par un câble d'électricité.

Il reste des incertitudes, des ruptures technologiques possibles. Des questions récurrentes sont posées :

- . Quel est le meilleur mode de production (électrolyse in situ) ?
- . Quel stockage (faisabilité/risques) et quel transport ?
- . Quelle utilisation ?
- . Piles à combustible, carburants pour véhicules, autres usages ?

❖ 8. LES DIFFICULTES, LES VEROUS ET LES BLOCAGES

Les EMR en France sont confrontées à des **difficultés et points faibles relatifs. Mais pour lesquels la France a aussi des atouts.**

Quels sont les difficultés, les verrous, les blocages ?

Il faut constater le retard pris par la France par rapport à l'Europe du nord, dans l'éolien terrestre et offshore, et la concurrence croissante des produits des pays émergents,

. **Des questions importantes de gouvernance, de choix de priorité, les concurrences entre les ports et les régions françaises, le problème des rivalités interrégionales, face à une concurrence européenne et mondiale déjà forte, sont des difficultés qui sont à traiter. Il s'agit d'une priorité si nous voulons voir l'essor de filières industrielles nationales des énergies marines, en faveur du développement économique et l'emploi.**

. La présence de la France dans les instances européennes de coordination et de normalisation doit être renforcée.

. **Les acteurs rencontrés ont maintes fois dénoncé le manque de coordination entre des actions souvent décidées de façon sectorielle ou sans vision globale.** Les divers services et démembrements de l'Etat sont souvent insuffisamment coordonnés et trop souvent ressentis comme contradictoires par les porteurs de projets. **La lourdeur et la longueur des procédures administratives et juridiques** d'autorisation des projets, **est également un frein souvent dénoncé**, encore plus contraignant en mer que sur terre.

❖ 9. LES ATOUTS ET LES POINTS FORTS

Parmi les atouts français :

- En 1^{er} lieu notre **potentiel de ressources naturelles en énergies marines**, au long du littoral maritime, y compris les DOM-COM aux mers chaudes,

- Egalement notre formidable **potentiel scientifique et technique conjugué à notre tissu industriel**, à utiliser et à renforcer.

Dans certaines filières des énergies marines, la France n'est pas en retard, et se doit donc d'être compétitive, voire de devenir exportatrice, en transformant ses atouts en avantage concurrentiel.

-Je me dois d'évoquer la question importante des **financements existants** pour développer les projets EMR :

Les financements français : l'AMI (Appel à Manifestation d'intérêt) de l'ADEME, le "Grand Emprunt" devenu "investissements d'avenir", l'ANR, OSEO, et les financements européens (dont l'Appel à projets NR300 prévu pour la fin de l'année 2011)...

Les acteurs rencontrés ont exprimé leur besoin de visibilité et leur souhait d'un cadre qui soit pérenne en stabilisant les financements sources notamment vis à vis de la R&D en amont de l'exploitation industrielle.

Il faut trouver un équilibre entre une recherche en amont, scientifique et technique, et la recherche industrielle privée. Trouver également un fléchage de la recherche publique vers les besoins du marché connus par la recherche privée, au moyen de PPP (partenariats public privé), notamment.

Pour les nouvelles filières des énergies marines, il ressort comme particulièrement important de **faire plus de financement en amont, au profit du savoir-faire français, et moins de financement aveugle en aval**, comme dans le cas de l'éolien terrestre avec des tarifs de rachat non discriminés qui subventionnent aussi bien les importations venant de pays émergents (matériel chinois...).

Il y a accord sur l'importance des infrastructures (au sens américain des « facilities ») pour faciliter l'effort de recherche France, en développant rapidement les indispensables plates-formes d'essais, avec des raccordements électriques et de moyens de mesure et de validation.

❖ 10. LES METIERS ET COMPETENCES, LES EMPLOIS

▪ 10.1 QUELS SONT LES METIERS LIES AUX EMR AUJOURD'HUI ?

Cette question, au cœur de ma mission, a été étudiée de façon qualitative, bien plus que quantitative et géographique.

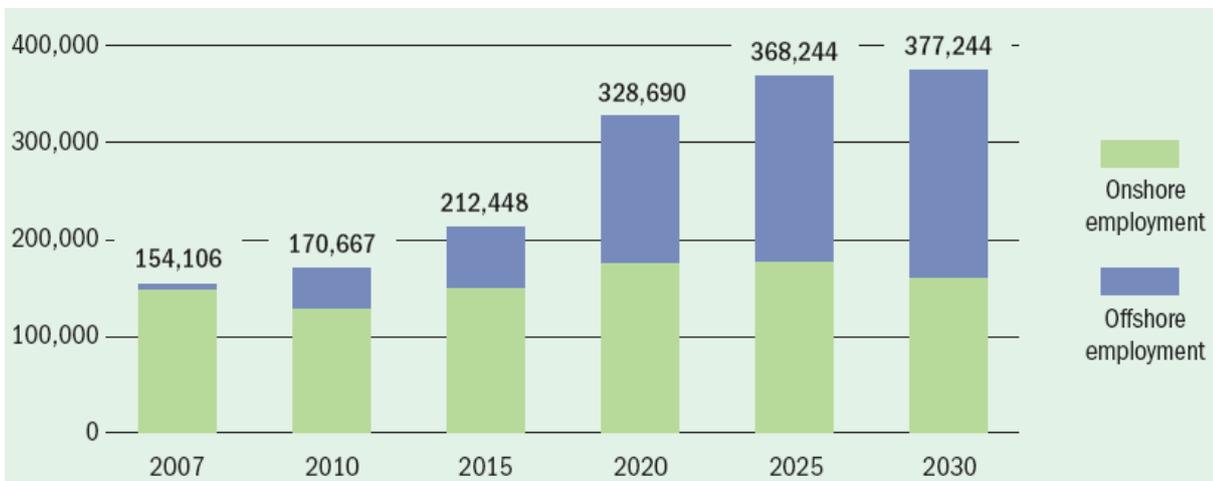
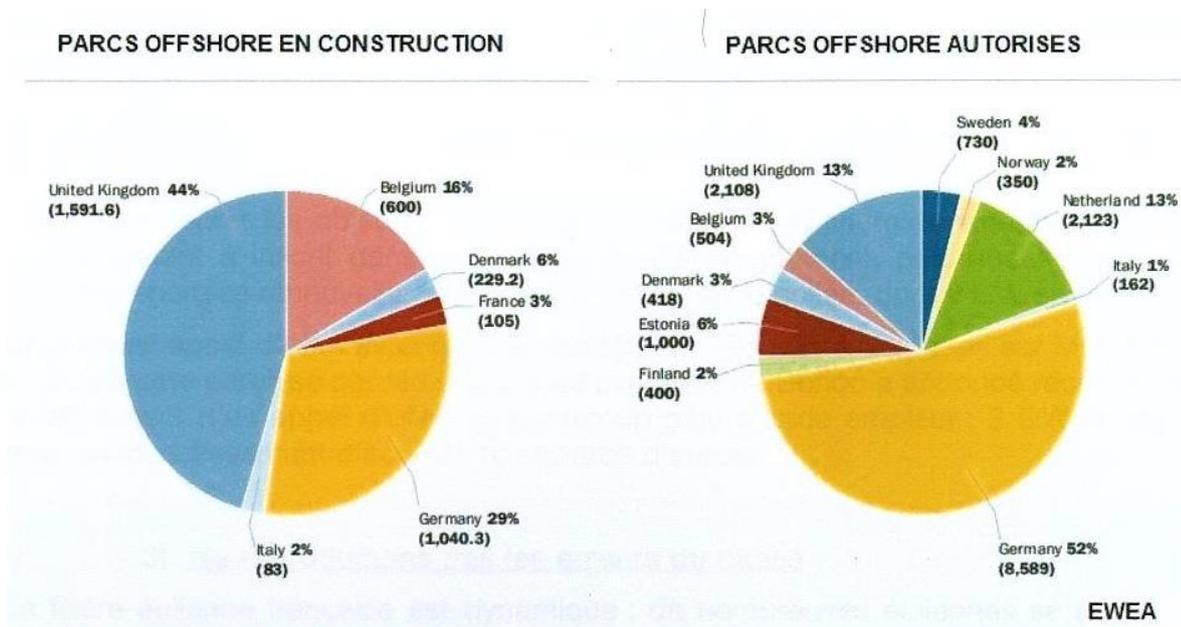
Des chiffres importants ont été avancés, de façon volontariste, par les tenants des EMR, mais en l'état actuel du développement des énergies marines en France, il n'est pas possible de dénombrer les emplois liés à ce secteur. Seules des estimations a priori peuvent être données et sont à mettre en lien avec le nombre d'emplois créés par l'exploitation des autres énergies renouvelables, l'éolien terrestre en particulier. On peut imaginer de se rapprocher des réalisations concrètes dans le domaine des EMR de l'exemple de l'Allemagne et de la Grande-Bretagne qui ont su, non seulement anticiper, mais s'adapter et s'organiser afin de répondre aux besoins du marché de l'emploi des différents secteurs d'activités en amont et en aval.

Des emplois promis dans l'éolien offshore

L'activité liée à l'installation d'un parc est plus importante avec l'éolien offshore qu'avec l'éolien terrestre, puisque l'on y installe de nombreuses unités. Cet effet de masse justifie, à lui seul, la création d'un certain nombre d'emplois.

Sur les 154 000 emplois recensés par l'EWEA en 2007, 2 800 relèvent du secteur offshore, soit à peine 2%. Cette proportion devrait augmenter très sensiblement dans les années à venir, en lien avec la progression attendue du marché de l'offshore. **L'EWEA estime qu'à partir de 2025, le nombre d'emplois générés par le secteur éolien offshore devrait dépasser celui du secteur éolien terrestre, pour atteindre 215 000 emplois sur les 375 000 emplois estimés en 2030.**

Répartition par pays des parcs offshore, existants et autorisés, et emplois. Source EWEA



Nombre d'emplois générés par le secteur éolien terrestre (en vert) et offshore (en bleu). Source EWEA 2009

▪ **10.2 QUELS SONT LES METIERS ET LES EMPLOIS DANS LES EMR DEMAIN ?**

Il est bien sûr très difficile de prévoir les emplois futurs, au plan quantitatif, de façon précise. Ces chiffres doivent être pris avec prudence, certains les considérant comme optimistes, et tous ces emplois ne sont pas de longue durée, sauf la maintenance.

En fait il y a essentiellement deux phases bien différentes.

- ✓ L'une est la phase de constitution des projets et de construction des parcs d'EMR. Les emplois créés sont assez nombreux, évalués selon différentes sources (EWEA, OEA) à **11 emplois par MW installés**, mais leur durée est assez courte, de l'ordre de 2 ans pour la constitution du projet et de deux à trois ans pour la construction du parc.
- ✓ L'autre est la phase d'exploitation maintenance. Les emplois sont créés immédiatement après la fin de la phase de construction du parc ; moins nombreux (de l'ordre de 1 emploi pour 4MW installés) mais leur durée est beaucoup plus longue (plusieurs décennies).

Je citerai, parmi d'autres, la source de l'EWEA, (European Wind Energy Association).

. Dans le rapport de l'EWEA (janvier 2009) il est estimé que le secteur éolien emploie 108 600 personnes en Europe, et 154 000 si l'on inclut les emplois indirects. Les constructeurs d'éoliennes représentant 37% des emplois directs, suivis des fabricants de composants (22%), des développeurs de projets (16%) et des opérations d'installation et de maintenance (11%). Trois emplois sur quatre sont créés dans les pays pionniers de l'éolien terrestre : l'Allemagne (38000 emplois directs), le Danemark (23500 emplois directs), et l'Espagne (20500 emplois directs). 375000 emplois sont envisagés en 2030 par l'EWEA. Des emplois sont promis dans l'éolien offshore.

Les emplois créés par les énergies renouvelables sont de deux natures et temporalités différentes ; que ce soit en période de recherche et développement (cas des énergies les moins matures) ou bien en période de présentation au marché lorsque celui-ci décolle (cas de l'éolien offshore posé par exemple).

Pour la recherche développement, les emplois sont créés dans les centres académiques et laboratoires d'essais et correspondent pour la plupart à des emplois de scientifiques, ingénieurs et techniciens d'essais. Ces emplois se gèrent dans la durée et ne posent pas en général de problème de formation dans l'urgence.

Il en va tout autrement des énergies pour lesquelles le marché décolle. Il s'agit d'une opportunité à saisir pour les industriels et il est tout à fait stratégique pour eux de répondre en temps utile aux appels d'offres qui sont proposés par les autorités. Celles-ci agissent dans le cadre européen d'appel à la concurrence. **C'est donc sur ces énergies qui décollent, qu'il faut mettre la priorité de l'effort de constitution de l'offre industrielle française : c'est là que vont se jouer aujourd'hui les emplois de demain. Il s'agit principalement de l'éolien offshore, qu'il soit posé ou flottant.**

Est-il utile de souligner qu'en termes d'enjeux industriels de création de filières, la première phase, projet et construction des parcs, est tout à fait stratégique et la deuxième phase d'exploitation maintenance n'existera par définition qu'à condition que la première ait réussi ?

C'est cette première phase qui permet la création d'un savoir-faire technique et industriel unique. Celui-ci pourra ensuite être valorisé par les industriels qui sauront le proposer à l'exportation et dans une logique d'augmentation des volumes et d'abaissement des coûts. Un enjeu supplémentaire de l'offshore éolien sera de diminuer les taux de défauts de non-conformité car ces non-conformités sont évidemment très coûteuses à constater et à réparer une fois le parc éolien installé en mer.

Le nombre d'emplois créés à un niveau local dépendra de nombreux paramètres : des conditions géographiques de chaque projet, des techniques retenues, du type de fondations... Pour autant il est possible de donner un contenu concret à ces emplois en allant regarder quelles sont les offres d'emplois proposées par certains sites chasseurs de tête agissant pour le compte d'industriels anglais de l'éolien (voir encadré dans l'annexe 15). Il s'agit principalement de postes dans l'ingénierie environnementale, la planification des parcs, le développement de projets, la direction de projet, l'ingénierie de projet, la direction pour l'avancement de projets, la sécurité du travail, l'infrastructure électrique, des spécialistes, ornithologistes et biodiversité, les acheteurs pour les soumissions et contrats d'appels d'offres, des chefs du produit turbine (marketing technique).

Insistons sur le fait qu'il ne s'agit là que de la partie émergée de l'iceberg, d'emplois qui vont être créés en premier pour définir les projets et les faire aboutir, mais qu'il y a aussi une partie immergée qui consistera dans les emplois créés ultérieurement dans l'industrialisation en amont du projet éolien, au niveau du processus industriel pour permettre l'augmentation des volumes et l'abaissement des coûts. Ces emplois ne sont pas encore définis, car d'une part, ils sont conditionnés par les succès aux appels d'offre, d'autre part ils sont intimement liés aux processus de fabrication robotisée, d'assemblage et de montage en série des différentes parties industrielles qui constituent une éolienne ou un parc. Il s'agit non seulement d'abaisser les coûts mais aussi de fiabiliser la production et diminuer les taux de non-conformité, ces non-conformités étant à proscrire dans l'offshore. Cela concernera principalement des emplois d'ingénieurs méthodes, d'ingénieurs en procédés de fabrication, d'assembleurs et de soudeurs très qualifiés pour conduire des robots, de grutiers qualifiés pour le levage de pièces lourdes, de câbleurs électriques qualifiés (capables de respecter avec un très faible taux de défauts de conformité les plans de câblage en phase de construction, soit pour intervenir dans l'environnement marin en phase d'exploitation maintenance), de directeurs « contrôle qualité » et de contrôleurs qualité, de responsables sécurité chantier., de responsables qualité béton pour la fabrication des fondations dans l'option fondation gravitaire.

L'enjeu de la pérennité des emplois est donc très important.

▪ **10.3 UNE CHAÎNE DE VALEUR METTANT EN ARTICULATION BEAUCOUP D'ENSEMBLES**

La décomposition de la valeur d'une installation d'éolien offshore est assez différente d'une éolienne terrestre. La part de l'infrastructure y est plus importante que celle qui serait nécessaire pour une éolienne terrestre. Par infrastructure, il faut entendre tout ce qui se trouve entre la machine éolienne proprement dite et le poste de raccordement au réseau électrique situé sur terre. Cela comprend les fondations, les structures de support des éoliennes, le câblage entre les éoliennes et la plate-forme technico-électrique du parc située en mer, le câble électrique sous-marin et son logement jusqu'au poste de raccordement au réseau électrique situé sur terre.

L'exemple danois

Une étude faite par le centre de recherche danois RISO, spécialisé dans l'énergie éolienne, donne la décomposition suivante des coûts obtenue pour une ferme éolienne en mer en retour d'expérience de parcs danois (Horns Rev et Nysted):

Investment Costs per MW Related to Offshore Wind Farms in Horns Rev and Nysted

| | Investissements 1000 €/MW | Part du cout total en % |
|---|------------------------------|----------------------------|
| Turbines ex works, including transport and erection | 815 | 49 |
| Transformer station and main cable to coast | 270 | 16 |
| Internal grid between turbines | 85 | 5 |
| Foundations | 350 | 21 |
| Design and project management | 100 | 6 |
| Environmental analysis | 50 | 3 |
| Miscellaneous | 10 | < 1 |
| Total | 1680 | 100 |

Les principales différences par rapport à l'éolien terrestre résident dans deux postes :

- **les fondations** qui coûtent 21% au lieu de 5 à 9% pour l'éolien terrestre ;

- **l'infrastructure électrique**, qui comporte le réseau propre à la ferme éolienne, le poste de transformation et le câble sous marin vers le poste de raccordement au réseau continental, revient sensiblement plus cher que dans le cas de l'éolien terrestre (16% pour la plate forme et câble sous marin et 5% pour le réseau interne à la ferme)

Il s'agit là des seuls emplois créés par la filière offshore, à l'exclusion de ceux générés par les autres filières qui devraient prendre progressivement le relais après 2015.

Le rythme de croisière de 300 éoliennes offshore est un compromis. En dessous, il y aurait un risque que la localisation des emplois ne se fasse à l'étranger en raison d'une cadence insuffisante pour "justifier" une localisation en France aux yeux des industriels de l'éolien. Au dessus, il y aurait le risque que l'industrie française ne soit pas prête et que les personnels ne soient pas formés.

A priori, toutes les compétences sont disponibles en France, mais elles devront être adaptées aux nouveaux contenus des postes et à l'environnement marin. Cette adaptation sera spécifique à l'éolien offshore et à la formation du personnel aux exigences du travail en mer.

Deux types de profils seront particulièrement adaptés :

- **les ouvriers et techniciens** des chantiers navals et leurs sous-traitants,

- **les ouvriers et techniciens** de l'industrie automobile et leurs sous-traitants.

Une analyse des métiers et compétences liés à la fabrication et à l'installation de parcs d'énergies marines (en commençant par les parcs éoliens offshore) a été menée par Pôle emploi Pays de la Loire (détail de cette analyse en annexe)

D'après le tableau ci-après, la **phase de fabrication et d'assemblage**, qui est celle sur laquelle on peut espérer une localisation des emplois en France nécessite pour une éolienne (puissance de 2,5 à 3 MW) 75 personnes à temps plein durant 25 jours, soit 13125 h. Si l'on applique ce ratio au cas de 2000 éoliennes offshore (correspondant à l'objectif de la France pour la décennie), les besoins sont les suivants :

$(2000 \text{ éoliennes} \times 13125 \text{ heures}) = 26,5 \text{ millions d'heures}$, $26,5 \text{ millions d'heures} / 1600 \text{ heures (1 emploi à temps plein annuel)} = 16406 \text{ ETP}$ (effectif théoriquement nécessaire pour une production s'étalant sur 1 an).

En fait, il serait irréaliste et non souhaitable de ne pas étaler la production sur plusieurs années. On peut estimer qu'il y aura une montée en puissance de la production d'éoliennes offshore progressive au cours des trois premières années pour aboutir ensuite à un rythme de croisière. Les éoliennes offshore pourraient être réalisées au rythme de 75 la première année, 150 la seconde, 250 la troisième et 300 les années suivantes. Les emplois créés s'établiraient alors comme le montre le tableau suivant :

**Estimation des emplois créés par les éoliennes offshore en phase de fabrication
et assemblage avec une montée progressive sur 3 ans**

| Année | Nombre d'éoliennes | Nombre d'emplois |
|--------------|---------------------------|-------------------------|
| Année 1 | 75 | 615 |
| Année 2 | 150 | 1330 |
| Année 3 | 250 | 2050 |
| Année 4 | 300 | 2460 |
| Année 5 | 300 | 2460 |
| Année 6 | 300 | 2460 |
| Année 7 | 300 | 2460 |
| Année 8 | 300 | 2460 |

- ✓ **Les opérations de formage et d'assemblage de plaques de métal de grande dimension** sont déjà maîtrisées par le personnel qualifié des chantiers navals (chaudronniers, plieurs, charpentiers métaux).
- ✓ **Les opérations de soudage** dans l'industrie éolienne utilisent la technique de soudure semi-automatique (MIG MAG). Là encore, cette technique est maîtrisée par les chantiers navals. De plus, le métier de soudeur est loin d'être un métier en tension : le recrutement en nombre est possible sur tout le territoire. Il faut prévoir cependant des formations d'adaptation à l'interne des entreprises concernées (qui pourraient être financés au titre de la formation continue).
- ✓ **Les opérations de fabrication des éléments de la nacelle** (rotor, multiplicateur, turbine, boîte de vitesse, etc.) correspondent aux savoir faire des personnes travaillant dans les industries automobile, aéronautique et électromécanique.
- ✓ **Les opérations de montage et d'assemblage** des éléments de la nacelle correspondent également à ces savoir-faire.

Dans les deux cas, il faut prévoir cependant des formations d'adaptation qui pourraient être internes aux entreprises concernées (fonds de la formation continue).

Cependant, il n'est malheureusement pas garanti que ces emplois soient localisés en France car les usines fabriquant ces éléments sont généralement situés en Allemagne ou au Danemark. Il y a peu de chance que ces emplois soient délocalisés en France dans un contexte où les industriels concernés sont confrontés à des réductions d'effectifs.

En revanche, il est fort probable que les industriels français qui fabriquent déjà des composants d'éoliennes pour l'éolien terrestre, et qui ont été recensés par le SER profitent du volume additionnel d'activité généré pour leurs composants par l'éolien offshore. Néanmoins, comme ces activités seront dans le même temps confrontées aussi à un déclin dans les activités liées au terrestre, il s'agira plus d'un maintien des effectifs que de création d'emplois nouveaux.

- ✓ **Les opérations de fabrication des pales** sont plus délicates et nécessitent une formation spécifique.

L'écart de compétences est cependant réduit si les formations sont mises en place dans le cadre de reconversions et/ou d'adaptations d'ouvriers et de techniciens expérimentés dans le domaine des composites.

Les industries aéronautique et nautique (plaisance) peuvent être la source principale des candidats à ces formations.

Quelques zones en France disposent de ces savoir-faire, notamment :

- la région de BORDEAUX (site de fabrication de pales déjà existant : EADS Astrium, fabricant les pales des éoliennes VERGNET/ avantage = zone portuaire de Bordeaux)
- la région de TOULOUSE (aéronautique : AIRBUS) / problème : éloignement des zones portuaires)
- la VENDEE (nautisme de plaisance / avantage = proximité du port de Nantes – St Nazaire et utilisation possible du port des Sables d'Olonne)
- la région de LORIENT (nautisme de plaisance / fabrications de grande dimension = coques de bateaux multicoques / avantage = zone portuaire).

Un seul organisme de formation propose une formation à la fabrication des pales : le COMPOSITES TECHNO TRAINING (C2T), situé sur le site d'EADS Astrium à BORDEAUX(www.c2t-composite.fr)

- ✓ **Les travaux dits de préparation avant l'installation** en mer concernent :
 - les fondations de l'éolienne offshore (partie immergée reposant au fond de la mer) ;
 - les travaux de réseau électrique (installation de la station de transformation, pose du câble de liaison à la terre au fond de la mer, préparatifs de connexion au réseau, ...).

Selon le tableau d'OFF-TEC, cette phase nécessite pour 1 éolienne offshore un effectif de 50 personnes (ouvriers, employés, techniciens et ingénieurs) sur 20 jours.

Ainsi, pour 1 éolienne offshore, le nombre d'heures de travail à prévoir est :

50 personnes X 20 jours X 7 heures par jour = 7000 heures, soit 4,4 ETP (emploi équivalent à plein temps).

Au rythme envisagé plus haut, cela correspond à :

| |
|---|
| Estimation des emplois créés par les éoliennes offshore en phase de préparation avant l'installation avec une montée progressive sur 3 ans |
|---|

| Année | Nombre d'éoliennes | Nombre d'emplois |
|--------------|---------------------------|-------------------------|
| Année 1 | 75 | 330 |
| Année 2 | 150 | 660 |
| Année 3 | 250 | 1100 |
| Année 4 | 300 | 1100 |
| Année 5 | 300 | 1100 |
| Année 6 | 300 | 1100 |
| Année 7 | 300 | 1100 |
| Année 8 | 300 | 1100 |

La phase d'installation, transport logistique nécessite pour 1 éolienne offshore un effectif de 150 personnes (ouvriers, employés, techniciens et ingénieurs) sur 55 jours.

Ainsi, pour 1 éolienne offshore, le nombre d'heures de travail à prévoir est :

150 personnes X 55 jours X 7 heures par jour = 57750 heures, soit 36 ETP (emploi équivalent à plein temps).

Au rythme envisagé plus haut, cela donne :

Estimation des emplois créés par les éoliennes offshore en phase d'installation, transport, logistique avec une montée progressive sur 3 ans

| Année | Nombre d'éoliennes | Nombre d'emplois |
|--------------|---------------------------|-------------------------|
| Année 1 | 75 | 2700 |
| Année 2 | 150 | 5400 |
| Année 3 | 250 | 9000 |
| Année 4 | 300 | 9000 |
| Année 5 | 300 | 9000 |
| Année 6 | 300 | 9000 |
| Année 7 | 300 | 9000 |
| Année 8 | 300 | 9000 |

Outre les encadrants (chefs de chantiers et ingénieurs), les types d'emplois qualifiés nécessaires à ces opérations sont entre autres :

- les grutiers,
- les marins,
- les plongeurs sous-marins,
- les électriciens habilités « haute tension ». (correspondant en fait à ce que les électriciens comme EDF appellent la moyenne tension, à partir de 20 KV).
- les agents de sécurité.

Une nécessité toutefois, que les personnels concernés acceptent d'être relativement disponibles (par rapport aux habitudes de la population active) pour travailler durant la saison d'été qui est la plus propice (météorologiquement) pour l'installation des éoliennes en mer (selon ce qu'ont pu dire plusieurs constructeurs d'éoliennes, comme Vestas, lors de la rencontre « éolien offshore en Pays de Loire » organisée par la CCI le 13 octobre 2010 à Nantes).

Le cas de l'éolien flottant

Pour l'éolien flottant les emplois concernés sont en fait très proches de ceux qui ont été identifiés pour l'éolien offshore pose. Une étude des besoins a été faite par VALOREM et aboutit au tableau ci-dessous :

Les emplois créés aux différentes phases de l'éolien flottant :

| Thèmes | Nombre d'emplois | Niveau de formation |
|--|--|--|
| Ingénierie, expertise | 10 personnes avant-projet puis 2 pendant l'exploitation x site d'implantation | Ingénieur |
| Construction de 80 plateformes flottantes type WindFloat | 1000 à 1200 par an x 2 sites de construction | Ouvrier, technicien, ingénieur |
| Réseau | | Technicien, ingénieur |
| Système | | Ingénieur |
| Assemblage Aérogénérateur ou turbine | 40 personnes = 20 en construction et 20 pour le contrôle, transport et manutention | Ouvrier, technicien, ingénieur |
| Opération et maintenance | Maintenance en onshore : <ul style="list-style-type: none"> • 2 pour 20MW pour 400MW □ 40 personnes • 2 personnes de plus toutes les 3 turbines (400MW/5MW=80 turbines) □ 26 personnes • 66 personnes au total En offshore le double pour avoir une réactivité rapide : 132 personnes | Technicien, ingénieur, métiers maritimes |
| Gestion des risques et HSCT | 2 personnes par an x nombre de sites | Ingénieur |
| Environnement naturel | 8 personnes avant-projet, 2 pendant l'exploitation x nombre de sites | Technicien, ingénieur |

❖ 11. LES FORMATIONS

▪ 11.1 PROBLEMATIQUES ET ENJEUX

Passer des métiers et emplois aux besoins de formation n'est pas aussi facile que certains pourraient le penser.

D'une part, les technologies ne sont pas matures et certaines gagneront, d'autres pas représentant une première cause d'incertitude.

D'autre part, le rythme de développement des EMR n'est pas connu par avance et donc influera beaucoup sur les besoins de formation. Il sera souhaitable dans un premier temps d'utiliser d'abord le personnel disponible ou rendu tel par des reconversions industrielles.

Mais à quel rythme et jusqu'à quand ? Autant de facteurs d'interrogation...

Cependant certains besoins peuvent être anticipés en s'appuyant pour cela sur les exemples étrangers de pays qui ont déjà investi dans les énergies marines. La mission a établi une liste des métiers correspondants.

▪ 11.2 EXAMEN DES PRINCIPAUX METIERS SPECIFIQUES

Un examen détaillé a été mené pour **les métiers des grutiers, des marins, des plongeurs sous-marin et des « électriciens marins »**, que nous présentons à titre **d'exemple d'analyse métier**.

Il y a aussi des liens avec les métiers des pétroliers off shore.

a) Les grutiers

Deux scénarios sont envisageables :

- les **constructeurs éoliens** chargés d'équiper les futurs parcs viendront avec leurs équipes déjà formées et opérationnelles ; les embauches locales seront dans ce cas quasi nulles ;

- les constructeurs éoliens acceptent d'embaucher du personnel local, en le formant, avec ou sans concours financier public.

Les grutiers portuaires actuels (salariés en poste et demandeurs d'emploi) peuvent sans problème s'adapter à la manutention de composants éoliens lourds à terre en zone portuaire.

Voir le descriptif du métier sur le site : www.cidj.com/metier.aspx?docid=7838&catid=1.

En cas de manque de main d'œuvre qualifiée, quelques organismes de formation dispensent cette formation spécifique en France :

le CIFOP à Marseille (<http://www.meretmarine.com/article.cfm?id=105865>) ; cet organisme dispose d'un simulateur ; **DEKRA** <http://www.formation-dekra.fr/grutier-portuaire> (plusieurs sites possibles en France).

Concernant l'installation des éoliennes en mer à partir d'un bateau ou d'une barge spécifique, une formation complémentaire semble obligatoire.

La formation des grutiers

Plusieurs hypothèses ont été envisagées par le Pôle emploi pour dispenser cette formation complémentaire :

- 1- Faire appel à l'entreprise allemande BELUGA, située à ELSFLETH, près de Brême (<http://www.beluga-group.com/de/>). Cette entreprise dispose d'un simulateur ([http://www.beluga-group.com/en/search/?tx_indexedsearch\[sword\]=simulator#Press-Archive-Archive](http://www.beluga-group.com/en/search/?tx_indexedsearch[sword]=simulator#Press-Archive-Archive)) dans son propre centre de formation (investissements réalisés = 4,5 millions € en fonds propres et 7 millions € par le Land de Basse-Saxe et par d'autres collectivités locales). Elle opère déjà sur le marché éolien offshore et indique avoir une capacité de formation de 400 à 500 personnes par an dans ce domaine. Objectif : envoyer les grutiers français en Allemagne pour se former spécifiquement à la manipulation de composants d'éoliennes offshore, ou envoyer en Allemagne seulement quelques formateurs (par exemple du CIFOP de Marseille) pour adapter les formations françaises et former de ce fait en France les grutiers nécessaires aux activités éoliennes offshore ;
- 2- Faire appel à un organisme de formation français, tel que le CIFOP à Marseille. Envoyer en Allemagne seulement quelques formateurs pour adapter les formations françaises et former de ce fait en France les grutiers nécessaires aux activités éoliennes offshore. Prévoir dans ce cas, en partenariat avec les Allemands, un stage pratique sur site (parc éolien offshore en cours d'installation). Une autre option est de faire venir au CIFOP un ou des formateurs allemands ;
- 3- Equiper une future base offshore française d'un simulateur pour y assurer les formations complémentaires, en faisant appel à BELUGA ou au CIFOP pour y délocaliser des formateurs. Exemple de fournisseur (américain) de simulateur :
http://www.mpri.com/esite/documents/sellsheets/MPRI_09_CRANE_Final_v7_FR_Print.pdf.

La première hypothèse aurait l'avantage de rassurer les constructeurs éoliens étrangers quant aux compétences françaises si les formations complémentaires se déroulent en Allemagne.

La deuxième hypothèse aurait l'avantage d'instaurer une coopération franco-allemande, tout aussi rassurante pour les constructeurs éoliens. C'est aussi l'hypothèse la moins onéreuse.

La troisième hypothèse est la plus onéreuse des trois. Il n'y a pas forcément d'intérêt à se doter d'outils de formation supplémentaires, alors que ces outils existent ailleurs sur le territoire national.

b) Les marins

Le pilotage des bateaux et barges de transport ainsi que la manutention des composants éoliens nécessiteront de faire appel à des marins professionnels. Cette reconversion paraît être une opportunité de reconversion pour des marins - pêcheurs et des marins de la marine marchande (notamment pour les marins connaissant des problèmes de pérennité de leur métier du aux restrictions de quotas).

Il n'y a pas à ce stade de besoin identifié en termes de formation complémentaire : le personnel qualifié nécessaire est disponible sur le marché du travail. Les lycées maritimes professionnels rencontrés (Nantes & St Briec) sont pleinement conscients de la nécessité d'adapter la formation nécessaire aux besoins du marché de l'emploi (**en mettant l'accent sur la maîtrise parfaite de la langue anglaise** entre autres), voire de créer un module spécifique court dans les lycées concernés.

c) Les plongeurs sous-marins

Pour chaque parc offshore, les opérations d'installation nécessitent de faire appel à des plongeurs professionnels pour les opérations suivantes :

- surveillance et contrôle visuel durant la phase de pose de la fondation au fond de l'eau ;
- manutention, tirage et connexion du câble de liaison avec la terre.

Il n'y a aucune opération de soudure sous-marine durant cette phase (tout est réalisé à terre). Par contre, les opérations relatives au câble de liaison nécessitent des compétences en électricité ainsi que l'habilitation haute tension. Etant donné les temps de plongée limités dans le temps et que les opérations d'installation peuvent avoir lieu de jour comme de nuit, plusieurs équipes de plongeurs (3 ou 4 par équipe) sont à prévoir.

Ce métier de plongeur sous-marin ne connaît pas le chômage. Quelques candidats issus du secteur « Oil and Gas » seront peut-être intéressés par ce genre de mission.

A priori, un nombre conséquent de plongeurs devront être formés : peut-être entre 100 et 150 (3 équipes de 4, pour 10 parcs offshore).

La formation au métier de plongeur sous-marin (selon Pôle emploi)

La formation doit se dérouler en deux étapes :

- identifier des candidats déjà formés à l'électricité et capables (tests préalables) de pouvoir opérer en milieu subaquatique ; autre option en cas de manque de candidats : former des débutants au métier d'électricien, ayant déjà une expérience amateur ou professionnelle de la plongée sous-marine ; faire passer l'habilitation haute tension ;
- former ces électriciens à la plongée professionnelle ; le seul organisme en France à pouvoir former ces « plongeurs – électriciens » est l'Institut National de la Plongée Professionnelle (INPP) à Marseille (<http://www.inpp.org/fr/>).

Après la phase d'installation, une partie des plongeurs pourra être réaffectée aux opérations de maintenance : contrôles visuels réguliers du câble sous-marin, des connexions sous-marines avec entre le câble et l'éolienne ; contrôles visuels sur les fondations des tours éoliennes et interventions de maintenance.

Une autre partie des plongeurs formés pourra être affectée au secteur de l'énergie hydrolienne. En effet, les opérations d'installation et de maintenance de turbines hydroliennes sont comparables à celles du secteur éolien offshore.

d) Les électriciens habilités haute tension

Durant la phase d'installation, ces électriciens auront pour tâches principales :

- d'assurer une liaison à l'air libre avec les plongeurs sous-marins chargés de connecter l'éolienne au câble de liaison avec la terre,
- de procéder aux connexions de la turbine avec ce câble et aux vérifications nécessaires avant la mise en route.

Même si des formations pour obtenir cette habilitation seront nécessaires, le métier d'électricien ne peut être considéré comme un métier en tension. La demande d'emploi y est souvent supérieure à l'offre, exceptée pour les niveaux Bac+2. En cas de pénurie de Bac+2, les candidats correspondant aux exigences des constructeurs éoliens devront posséder au minimum un niveau Bac et une expérience d'au moins 5 à 10 ans.

L'offre de formation est, elle aussi, suffisante et répartie sur tout le territoire pour répondre aux besoins.

Ces électriciens devront cependant être spécifiquement :

- **formés au travail en hauteur en sécurité** selon les normes en vigueur dans le secteur éolien ; des organismes de formation, certifiés par le BZEE, centre de formation éolien allemand seront capables de dispenser cette formation,
- **formés aux opérations de survie en mer** spécifique à l'éolien offshore ; une solution de formation existera dès 2011 en France.

De même que pour les plongeurs, une partie de ces électriciens pourra être réaffectée aux opérations de maintenance.

▪ **11.3 LA PHASE D'EXPLOITATION - MAINTENANCE DES ENERGIES MARINES**

a) Les conditions spécifiques d'exercice de la maintenance offshore

Tout comme dans l'éolien terrestre, les équipes de maintenance devront se positionner à proximité des parcs offshore, dans l'objectif de réduire au maximum les temps d'intervention, et par conséquent de réduire les temps de non production d'électricité.

- Cependant, les conditions d'exercice d'opérations de maintenance éolienne en mer ne peuvent être comparées à celles de l'éolien terrestre :
- les aspects « sécurité en mer » sont incontournables (évaluation et réduction des risques, évacuation des blessés, moyens à prévoir...) ;
- les temps d'intervention sont beaucoup plus longs et plus coûteux ;
- les modalités d'accès aux éoliennes sont totalement différents (bateau et hélicoptère).

Actuellement, les constructeurs d'éoliennes offshore, en s'appuyant de manière empirique sur les conditions d'exploitation des parcs offshore existants, ont entamé une révision complète de la conception même de leurs produits, pour gagner en performance et coefficient de disponibilité des installations en milieu marin, et diminuer la sensibilité à la maintenance:

- études et essais de turbines dans lesquelles la boîte de vitesse (gearbox) est supprimée ; la boîte de vitesse, élément mécanique, est en effet le composant le plus fragile et nécessitant le plus des opérations de maintenance ; supprimer cet élément, en le remplaçant par un autre système plus fiable, reviendra à limiter le nombre d'interventions,

- études structurelles pour sécuriser les éoliennes en cas de besoin d'évacuation d'urgence ; beaucoup de questions se posent encore et ne sont que partiellement résolues à ce jour : comment sécuriser au maximum les modalités d'accès "mer" et "air"? comment sécuriser sur site une équipe de maintenance en cas d'impossibilité d'accès d'urgence (hélicoptère ou bateau) ? où prévoir des issues de secours (problématique = mât et nacelle) et des zones de repli sécurisées, notamment en cas d'incendie ou d'évacuation de blessés ? etc ...
- études visant à augmenter la résistance des pales : renforcement des structures composites, changement de matériau (pales en aluminium) ...

En résumé, la maintenance éolienne offshore est un tout nouveau métier, qui peut sans aucun doute profiter de l'expérience "Oil and Gas" offshore, mais qui malgré tout suppose d'inventer de nouvelles technologies, techniques et modalités d'intervention, dans un objectif purement sécuritaire.

Tous les acteurs de l'éolien offshore, et plus particulièrement les Allemands et les Danois, s'accordent sur un point : les techniciens de maintenance offshore devront impérativement être issus de la maintenance éolienne terrestre et devront témoigner au minimum de 2 ans d'expérience dans ce domaine avant d'espérer travailler dans l'offshore.

Alors que dans l'onshore, les techniciens de maintenance, plutôt polyvalents, interviennent par équipes de 2, les équipes offshore devront être plus conséquentes (entre 4 et 10 personnes) et comprendre des techniciens spécialisés : pilotage d'hélicoptère et de bateau d'accostage, personnel médical et/ou paramédical, mécanique, soudage, électricité haute tension, composites...avec vraisemblablement le besoin de dédoubler ces compétences pour des raisons sécuritaires.

En se référant aux données d'exploitation des parcs offshore actuels, pour 1000 mâts, la France devra compter 500 techniciens de maintenance pour les interventions en mer, et 1000 autres emplois connexes à terre (maintenance navale et maintenance d'hélicoptère, électricité, logistique, travaux administratifs, fabrication de pièces de rechanges...).

Comme dit précédemment, ces 500 techniciens de maintenance offshore devront être puisés parmi les techniciens de maintenance terrestre.

Ainsi, l'effort de formation dans les 10 prochaines années devra porter :

- sur les aspects "sécurité en mer" propres à l'éolien offshore,
- sur les techniciens de maintenance en éolien onshore, pour compenser les transferts vers l'offshore.

De manière plus détaillée, le **développeur de projets éoliens VALOREM** a donné une description des profils et des formations nécessaires d'après son expérience issue de l'éolien terrestre.

| Formation | Poste | Compétences |
|--|---|--|
| techniciens supérieurs GEII / électrotechnique + formation complémentaire licence Pro | Chargés d'exploitation | <ul style="list-style-type: none"> • Forte sensibilisation aux aspects sécurité pour les interventions dans les machines et dans le poste de livraison. • Bonne condition physique, ne doit pas être sujet au vertige lié au travail en hauteur, ni à la claustrophobie. • Compétences techniques étendues incluant les aspects réseaux électriques et le raccordement, mécanique, automatisme, hydraulique et réseau de communication. • Bonne aisance relationnelle. Très bonne communication orale (en français et en anglais) et écrite. |
| électriciens Bac Pro + formation supérieure BTS/IUT | Supports technique (assistant chargé d'exploitation : référent sur site) | <ul style="list-style-type: none"> • Forte sensibilisation aux aspects sécurité pour les interventions dans les machines et dans le poste de livraison. • Bonne condition physique, ne doit pas être sujet au vertige lié au travail en hauteur, ni à la claustrophobie. • Compétences techniques étendues incluant les aspects réseaux électriques et le raccordement, mécanique, automatisme, hydraulique et réseau de |

| | | |
|---|-----------------------------------|---|
| | | <p>communication.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bonne aisance relationnelle. Très bonne communication orale (en français et en anglais) et écrite. |
| <p>électriciens Bac Pro + formation supérieure BTS/IUT et électro-mécaniciens</p> | <p>Techniciens de maintenance</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Forte sensibilisation aux aspects sécurité pour les interventions dans les machines et dans le poste de livraison. • Bonne condition physique, ne doit pas être sujet au vertige lié au travail en hauteur, ni à la claustrophobie. • Intervention sur des appareillages de distribution HTA et BT, des systèmes de conversion de puissance ainsi que des organes mécaniques. |

Insistons sur le fait que ces profils sont en fait des minima par rapport à ceux qui seront nécessaires pour l'éolien offshore car les exploitants de parcs éoliens offshore considèrent actuellement, a tort ou à raison, qu'il faut avoir préalablement été formés à l'éolien terrestre pour pouvoir prétendre à une formation à l'éolien offshore.

b) Les acteurs européens et français de la formation dans la maintenance éolienne onshore

Depuis 10 ans, la référence mondiale en maintenance éolienne est **le centre de formation allemand BZEE** (Bildungszentrum für erneuerbare Energien = Centre de Formation pour les Energies Renouvelables), situé à Husum au nord de l'Allemagne. Site internet : <http://www.bzee.de/>

Le centre de formation allemand BZEE (Bildungszentrum für erneuerbare Energien = Centre de Formation pour les Energies Renouvelables), est situé à Husum au nord de l'Allemagne. Le BZEE est une association (type loi 1901 si elle était française) regroupant les principaux constructeurs mondiaux d'éoliennes (VESTAS, REPOWER, NORDEX, ENERTRAG ...), des développeurs, des exploitants, des sociétés de

services, des assureurs et des banquiers. Seul le BZEE fait aujourd'hui référence quant aux standards de qualifications nécessaires à la maintenance d'éoliennes.

Le BZEE dispense les modules de formation suivants : base de la production d'énergie éolienne, communications administratives et techniques, orientation client, protection de l'environnement et gestion de la qualité, anglais technique. Le BZEE propose aussi les modules spécialisés suivants : mécanique, électronique, hydraulique, composites, essais de matériaux, installation et enlèvement de composants, installation et mise à l'essai de composants matériels et logiciels, transfert de données, contrôle à distance,...

L'accent est mis tout particulièrement sur la formation au travail en hauteur en sécurité (40 h de formation). En cas d'échec sur ce module, le stagiaire n'obtiendra pas son certificat.

Dans le cadre du programme, sont organisées des visites de parcs éoliens et de fabricants ainsi qu'une formation pratique aux process de travail chez des fabricants.

Durée : le programme du BZEE, d'une durée de six mois ou de 1164 heures, comprend des volets théoriques et pratiques. Les stages de formation dans l'industrie organisés par le BZEE s'étendent sur six semaines en moyenne.

Examen final et certificat : les résultats de l'examen écrit final, d'une durée d'environ 2 heures, sont diffusés le jour même. S'il réussit, l'étudiant obtient un « certificat IHK/BZEE » (IHK = Chambre de Commerce et d'Industrie) de « technicien de maintenance en parc éolien » avec une carte professionnelle.

La norme BZEE est à l'éolien ce que la norme britannique OPITO (<http://www.opito.com/>) est au secteur "Oil and Gas". Cette norme BZEE est reconnue par tous les acteurs du secteur éolien.

Depuis plusieurs années, le BZEE « essaime », contre rémunération (exactement le même principe qu'OPITO), sa formation en maintenance à travers le monde : sa formation, outre l'Allemagne, est aujourd'hui dispensée au Canada, aux Etats-Unis, en Grande Bretagne, en Irlande et en France. D'autres projets sont en cours dans d'autres pays européens.

En France, le BZEE a certifié 3 organismes de formation :

. Le lycée François Bazin à CHARLEVILLE-MEZIERES en 2006: http://www.lyceebazin.net/formation/eolien/EOLIEN/Doc%20Formation/descrip_formationeolienFRENCH.pdf

. Le lycée Dhuoda à NIMES en 2008 : http://www.lycee-dhuoda-nimes.com/eolien/index_ins.html ;

Le GRETA Sarthe Centre Sud au MANS en 2010, regroupant 3 lycées (lycée Claude Chappe à Arnage, lycées Gabriel Touchard et Le Mans Sud au Mans) : http://www.greta.ac-nantes.fr/plaquet/0721422E-27-plaquette_definitive_eolien_greta_210110.pdf .

. Le BZEE est en cours de certification d'un 4^{ème} et dernier organisme, le lycée Raoul Mortier à

MONTMORILLON. Le démarrage de la formation est prévu en 2011.

La formation à la maintenance de l'éolien onshore (qui est un préalable à la formation offshore) coûte 9000 € par stagiaire. Actuellement, ce coût peut être indifféremment pris en charge par :

- .un Conseil Régional (demandeurs d'emploi) ;
- .Pôle Emploi (demandeurs d'emploi) ;
- .les stagiaires eux-mêmes (étudiants ou tout autre statut) ;
- .les entreprises et leur OPCA (salariés).

c) Une formation à la maintenance éolienne offshore en cours de création en France

A ce jour, en Europe, les techniciens de maintenance en parc éolien terrestre peuvent suivre une formation complète spécifique à l'éolien offshore dans le seul centre d'ESBJERG au Danemark. D'autres formations partielles existent aux Pays-Bas.

Des projets sont en cours de création en Allemagne (à partir du BZEE et de la société allemande OFF-TEC), en Angleterre (Newcastle), et en France.

Le GRETA Sarthe Centre Sud (LE MANS) et le CEPS (Centre d'Etude et de Pratique de la Survie en mer, basé à LORIENT <http://www.ceps-survie.com/>) se sont associés au printemps dernier pour créer la 1^{ère} formation complémentaire offshore à destination des techniciens de maintenance éolienne. La formalisation du programme s'opère à l'initiative de POLE EMPLOI Pays de la Loire (le siège du CEPS est situé à PORNICHET), sous l'égide du BZEE, avec l'appui de la société OFF-TEC.

La formation, d'une durée de 40 h (à confirmer), sera notamment centrée sur :

- des exercices traditionnels de survie en mer et d'évacuation de blessé ;
- des exercices d'accostage en bateau (simulation d'accostage d'éolienne offshore) ;
- un entraînement au largage par hélicoptère, à l'hélicoptère et à la récupération d'homme à la mer.

d) Les métiers de la maintenance et de l'exploitation « à terre »

Outre les 500 techniciens de maintenance à prévoir pour les activités en mer, le même nombre de personnes est à prévoir pour les opérations de maintenance à terre.

Chaque parc éolien offshore devra disposer à terre d'appuis logistiques spécifiques :

- 1 hélicoptère, équipé pour la mer et muni d'un treuil, devra être opérationnel 24h/24 ; outre le besoin de disposer d'un hélicoptère de secours en cas d'immobilisation du 1^{er}, il faudra prévoir à terre des pilotes et des techniciens de maintenance spécialisés ;
- 1 bateau, servant à la fois aux opérations de transport des équipes de maintenance et aux opérations de secours en mer, devra également être opérationnel 24h/24 ; un 2nd bateau de secours devra également être à disposition en cas d'immobilisation du 1^{er} ; il faudra ainsi prévoir des pilotes et des mécaniciens navals ;
- des équipes d'exploitation électrique seront nécessaires sur la partie terrestre du parc (surveillance et maintenance des installations) de même qu'une équipe de télésurveillance des éoliennes en mer (possibilité de sous-traitance à des sociétés spécialisées),
- prévoir également du personnel administratif et logistique (environ 500 ETP).

Le secteur de la maintenance recrute et commence à s'organiser en France

Cinq ans auparavant, tous les constructeurs éoliens ayant installé des éoliennes onshore en France faisaient venir leurs équipes de maintenance de l'étranger, puisque les ressources et compétences françaises étaient quasi inexistantes. Etant donné les objectifs de rentabilité exigés par les exploitants, la rapidité d'intervention et la proximité des équipes sont devenues les deux critères majeurs caractérisant la maintenance éolienne onshore.

Comme dit précédemment, les 3 types de recruteurs de techniciens de maintenance sont :

- les constructeurs (dans le cadre de la garantie) ;
- les exploitants (voir liste des différents exploitants à l'échelle mondiale : <http://www.thewindpower.net/exploitants.php>) ;
- les sociétés de services de maintenance (= des sous-traitants, prestataires de services).

Le cluster net Wind :

En France, un prestataire de services d'un nouveau genre, dédié à la maintenance éolienne, vient de voir le jour en 2010. Il s'agit d'un « cluster », appelé NET-WIND (<http://www.net-wind.fr/>), basé au MANS et regroupant 6 entreprises, dont 5 de la région Pays de la Loire et 1 d'Ile de France (CHASTAGNER, FIXATOR, CEGELEC OUEST, EIFFEL INDUSTRIE, HYDRATIGHT, APAVE). Voir l'article : <http://www.lemoniteur.fr/197-eau-energie/article/actualite/704345-pays-de-la-loire-des-industriels-organisent-une-filiere-dediee-a-la-maintenance-des-eoliennes>. NET-WIND espère la création nette de 200 emplois de techniciens de maintenance dans les 3 ans à venir, et cible à terme les marchés export et offshore.

▪ **11.4 LES COMPETENCES**

a) La chaîne de valeur : besoins d'une large palette de compétences

Il est intéressant de présenter l'ensemble de la chaîne de valeur des énergies off-shore.

Celle-ci, comme on le constate, nécessite un éventail important de compétences industrielles.

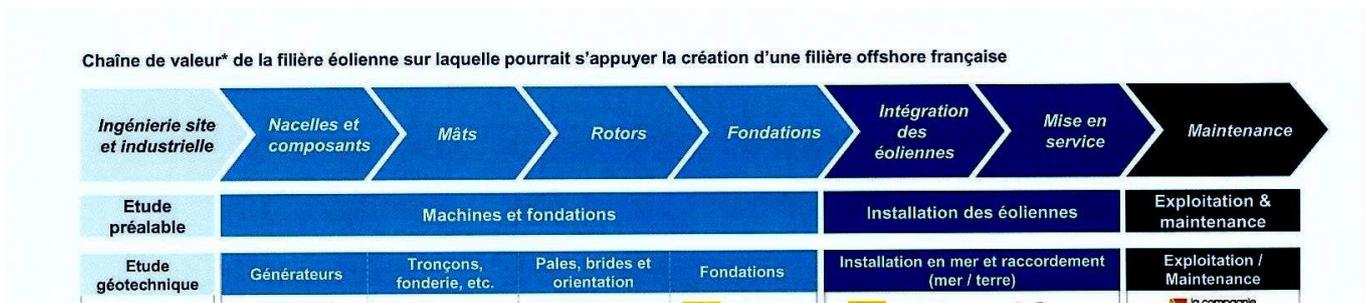
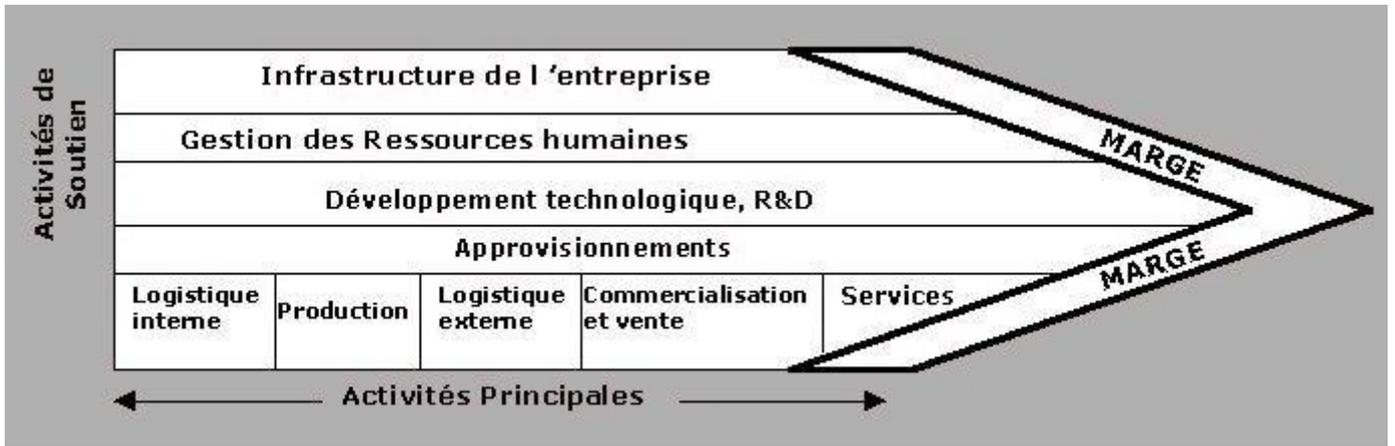


Figure 2 Schéma Price WaterhouseCoopers

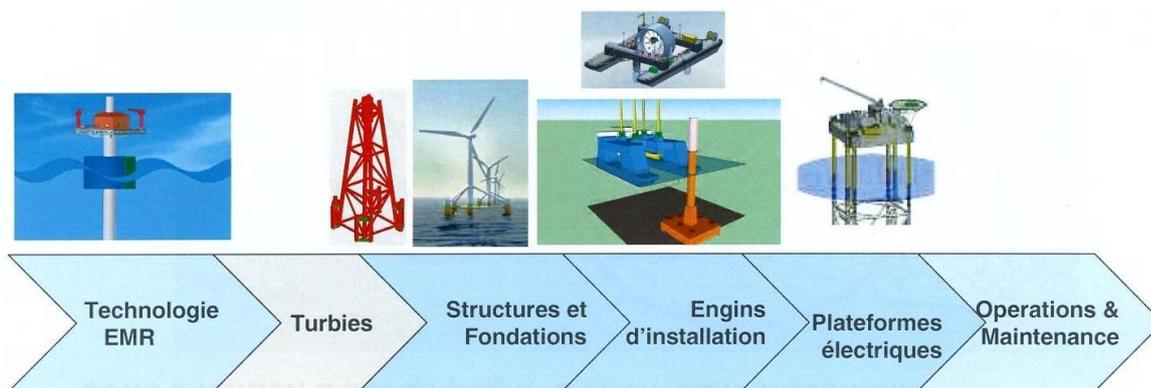


Figure 3 Schéma Chaîne de valeur STX.

✓ **Construction Installation**

Les génératrices maritimes sont composées de nombreux éléments mécaniques (moyeux, génératrices électriques, arbres, multiplicateurs, mâts aciers, pales des éoliennes, couronnes d'orientation, etc.).

- ✓ **Génie civil**, la construction de parcs en mer demande des travaux de génie civil lourds, au niveau des terrassements, des fondations, des mâts ou des ancrages.
- ✓ **Fabrications industrielles**, métallurgie, chaudronnerie, mécatronique, mécanique, soudure, matériaux composites, robotique, électricité et câbles d'énergie,

Tous ces éléments de construction doivent être de grande qualité pour résister à de très fortes charges, aux intempéries dans un environnement marin fréquemment hostile, et avoir une disponibilité élevée pendant toute la durée de vie prévisionnelle des ouvrages.

La conception et la fabrication de ces engins font appel à une expertise notamment sur les matériaux composites, la fibre de verre, les résines, le carbone et l'acier. On retrouve ce savoir-faire chez les entreprises présentes dans l'aéronautique ou la construction navale.

- ✓ **Electronique de puissance et de raccordement** : Une installation en mer comprend plusieurs équipements qui permettent le transport de l'énergie électrique produite, et son injection sur le réseau électrique, en haute tension (RTE) le plus souvent pour les parcs importants, ou sur le réseau MT de ErDF.
- ✓ **Transport et Montage sur site**, Logistique maritime, manutention, grutage, services, navires spécialisés, remorquage, sécurité maritime.

Les opérations de transport, de levage et de pose des machines, demandent l'utilisation d'équipements dédiés, et nécessitent des techniques très spécialisées, dans un environnement difficile.

✓ **Exploitation et Maintenance**

L'exploitation des parcs marins nécessite des techniques adaptées, comme la télésurveillance et les prévisions de production,

Suivi, contrôle, certification, TIC (technologies de l'Information et de la Communication) télésurveillance, contrôle et monitoring à distance des ouvrages en mer, maintenance, services, (navires spécialisés), sécurité maritime,

Surveillance maritime, aéroportée et sous-marine, prévision météorologique, connaissance et suivi du milieu marin.

b) Détail des métiers et compétences associés à la R&D d'engins, et au développement des projets d'énergie Off-shore

- ✓ **Conception, Ingénierie** Modélisation, Matériaux, Physique, Mécanique, Hydraulique, Electricité, électronique, informatique, acoustique, définition des matériels.
- ✓ **Les prototypes, les pilotes, laboratoires, plate forme d'essais.**

- ✓ **R&D des prototypes** : le développement des prototypes comprend les compétences en R&D liées à tous les métiers décrits pour la fabrication, l'installation, et l'opération exploitation maintenance des parcs en mer, mais de façon plus ciblée et technique pour des unités individuelles ou de petite série.
- ✓ **Opération de bassins et sites d'essai** : le développement des prototypes requiert en premier lieu des essais, parfois à échelle réduite, à terre ou en bassin d'essai, pour passer ensuite à des essais à une échelle pré commerciale en conditions réelles dans des sites d'essai en mer.
- ✓ **Certification et systèmes de qualité** : Le développement des prototypes nécessite aussi une procédure associée de certification, que facilitent à la fois la fabrication ultérieure des machines en série, ainsi que la qualification des machines pour l'accès aux financements externes. La question des homologations de matériels a aussi toute son importance.
- ✓ **Etudes préliminaires des sites**. L'évaluation des sites potentiels pour le développement de parcs nécessite des compétences précises dans l'analyse de la géologie et topographie des fonds marins, des vents, des courants, de la faune et de l'impact environnemental total.

météorologie, énergétique, géographie, cartographie, géologie des sites, géomorphologie et sédimentologie, hydrologie, océanographie opérationnelle, potentiel et gisement marin, vents, courants, biologie et halieutique, environnement, économie de gestion, droit, concertation.

- ✓ **Management de projet**. Comme pour toutes les technologies de pointe, les projets de développement de prototypes, de fabrication de machines ou d'installation et opération de parcs requièrent des fortes compétences entrepreneuriales, ainsi que dans la bonne gestion financière et de projets, et dans l'analyse des risques associés
- ✓ **Financement**, Banques, Assurances,
- ✓ **Assurances** : Les assurances, pendant la période de prototypage ou bien dans les phases commerciales, demandent des compétences pointues liées à l'analyse des risques spécifiques associés et aux mécanismes les plus efficaces de couverture

c) Importance et caractère local et spécifique de la maintenance dans les EMR

La maintenance des matériels marins est particulièrement importante dans les énergies marines, encore plus que pour les énergies terrestres, du fait de la difficulté d'accès d'intervention accrue (accès aux installations offshore par navire spécialisé ou par hélicoptère, plus difficile si l'on est au large ou dans des conditions climatiques difficiles), et donc du coût en résultant, coût de l'intervention et coût de la perte de production d'énergie en cas de panne ou indisponibilité prolongée des parcs d'énergie marine)

A noter que si les machines et le matériel les plus élaborés peuvent être importés, les services, eux, ne peuvent pas l'être et sont nécessairement locaux, dans l'espace et dans la durée de chaque projet.

La maintenance notamment deviendra un nouveau gisement d'emplois sur le littoral, et ceci d'autant plus que les projets seront acceptés et portés localement. Ainsi, les pêcheurs, par leur connaissance du milieu marin et leur pratique quotidienne de la mer, semblent bien placés pour répondre à ce besoin de nouveaux emplois liés à la maintenance, sous réserve de formation appropriée.

On doit prendre en compte les problèmes spécifiques à l'environnement marin, le coût des transports dans un milieu souvent hostile, (salinité, tenue au « fouling » et à la corrosion ; exigence de fiabilité plus élevée et

nécessaire rapidité des interventions de maintenance, avec une main-d'œuvre très qualifiée et polyvalente et adaptée à ce milieu maritime).

- ✓ **Les activités de démantèlement des installations** sont à prévoir, pour le moyen terme.

(Services, traitement des déchets, Environnement, Droit, concertation, Communication, publicité, information du grand public.

- ✓ **Tourisme** : les impacts touristiques des énergies marines en termes d'emplois restent à évaluer.

▪ **11.5 DES DISPOSITIFS APPLIQUES A LA FORMATION**

Les acteurs français de la formation, formation initiale, formation continue.

- ✓ **La formation.** Après avoir identifié et cerné les besoins, il faut pouvoir *adapter et mettre à niveau l'offre de formation, en distinguant plusieurs niveaux* :
- ✓ **Formation Initiale**, pour un public des statuts scolaires ou étudiant,
- ✓ **Formation continue**, pour le perfectionnement, et toutes les reconversions de personnel avec évolution et acquisition de nouvelles compétences.

Et en particulier la **formation des formateurs**, qui est essentielle au décollage de ces métiers et ces compétences spécifiques.

a) Rencontre avec l'AFPA

Les « nouveaux métiers » sont en fait le plus souvent des métiers qui existent déjà, à adapter. « Verdir » les métiers dits traditionnels, dans une prise en compte du développement durable, avec un « éco-concept » des formations : 300 métiers répertoriés.

L'ingénierie de la formation, est dans le rôle de l'AFPA, préparer « l'ingénierie des titres » dans une perspective de formation professionnelle.

Depuis quelques années, l'AFPA se met en position de relever le défi des formations aux métiers de la croissance verte. Les formations métiers sont adaptées et se développent : Technicien supérieur / technicienne supérieure de maintenance industrielle option éolien à Valence,

L'AFPA vient d'ouvrir à Valence une formation à la maintenance d'éolienne, A regrouper avec les autres formations des lycées techniques en France, qui font également de la formation professionnelle à la maintenance d'éolienne).

Le « Contrat de transition Professionnelle » est un excellent outil, en gouvernance quadripartite, Etat, Conseils régionaux, Confédérations syndicales, et Organismes Patronaux, MEDEF et CGPME).

b) Conseil d'orientation pour l'emploi

Le Rapport du COE du 25 janvier 2010 sur l'emploi dans les filières vertes, est présenté dans les Annexes

Le Dispositif CEP Contrat d'études prospectives, est détaillé dans les Annexes.

Les « contrats d'études prévisionnelles », devenus depuis les « contrats d'études prospectives » (ou CEP), sont « *des systèmes d'aides au conseil aux branches professionnelles entrant dans le champ de la négociation collective* ».

Recommandation possible : un CEP sur les métiers et les emplois des énergies marines ? Afin de prolonger les réflexions, et approfondir le travail de la présente mission d'études, le but d'un CEP (Contrat d'études prospectives) sur les métiers et les emplois des énergies marines, pourrait être, en partenariat entre la branche professionnelle représentée par le SER, Syndicat des Energies renouvelables, et la DGEFP :

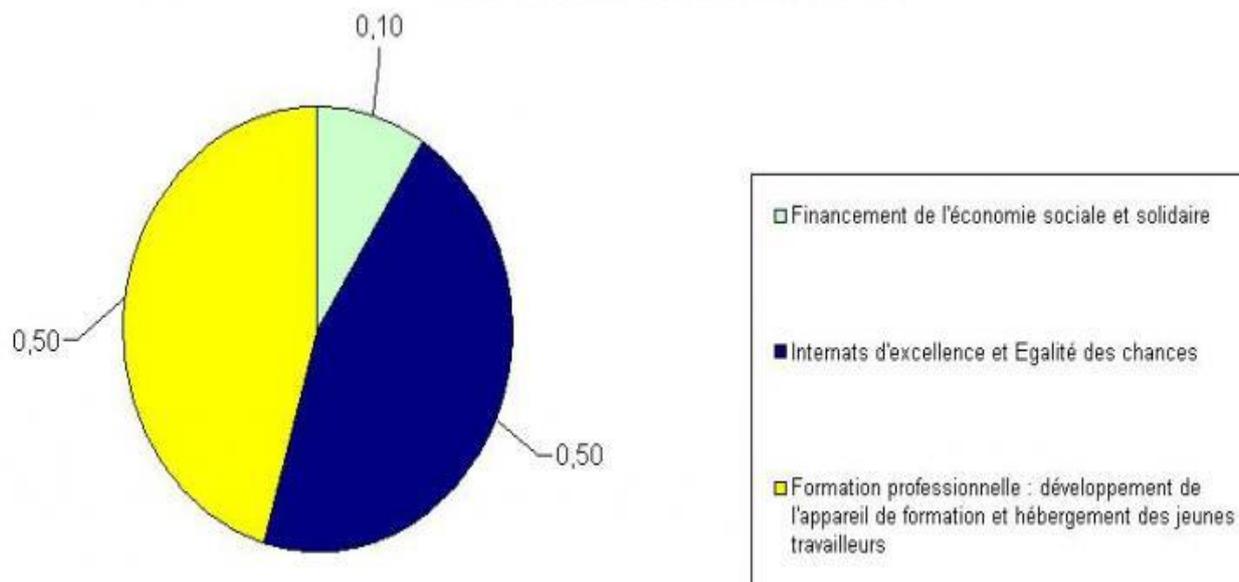
- identifier les facteurs d'évolution du secteur (de nature économique, de nature industrielle, de nature technologique, de nature réglementaire) ;
- analyser les pratiques et les modalités d'organisation de la construction et sous-traitance ;
- préciser les conditions de mise en œuvre des activités de maintenance ;
- traiter les perspectives organisationnelles des entreprises face à l'évolution de la demande industrielle ;
- expliciter les tendances sur l'évolution des emplois qualitativement et quantitativement ;
- expliciter les besoins de formation initiale et continue, au regard des évolutions constatées.

c) Les Contrats de Formation en alternance, dispositif concret adapté aux énergies marines :

La Formation en alternance est financée notamment par le budget du Commissariat aux Investissements d'Avenir, qui a prévu une enveloppe pour les métiers et emplois des énergies renouvelables.

Apporter du dynamisme au pays. C'est ce que les investissements d'avenir projettent de faire en valorisant l'apprentissage et la culture scientifique, et en donnant à chacun la possibilité d'accéder au meilleur. La réussite de l'insertion professionnelle et la mobilisation de tous les talents permettront à la France de bénéficier des compétences dont elle aura besoin demain.

Emploi et égalité des chances (1,1 Md€)



Actions *Financement et économie sociale et solidaire, Investissements dans la formation en alternance, Soutien du programme d'investissements d'avenir*

| | |
|---|--|
| Opérateur | Caisse des dépôts et consignations (CDC) |
| Montant engagé par le programme d'investissements d'avenir | 500 M€ |
| Montant total de l'investissement prévisionnel avec l'effet de levier | 830 M€ |
| Type d'intervention | Subventions en cofinancement |
| Bénéficiaires | Centres de formation en alternance, foyer jeunes travailleurs, ... |
| Calendrier | Appel à candidatures permanent : octobre 2010 |

Contexte de l'action

Le choix d'un développement durable fondé à la fois sur la connaissance et l'économie verte appelle des mutations, notamment en matière d'emploi, de mobilité et de formation. Dans ce contexte, développer et valoriser les formations en alternance facilite l'insertion des jeunes vers des emplois de qualité et constitue une priorité.

Objectifs :

Moderniser et étendre l'appareil de formation en alternance, notamment dans les métiers novateurs liés au développement durable et aux activités numériques, ainsi qu'aux filières retenues lors des Etats généraux de l'industrie.

Développer des solutions d'hébergement adaptées aux besoins des jeunes qui se sont engagés dans une formation en alternance.

Par le biais de ces interventions, le programme d'investissements d'avenir vise la création de nouvelles places d'hébergements et la réalisation d'une cinquantaine de centres de formation en alternance sur le territoire.

Illustration :

Des industriels et établissements d'enseignement supérieur, regroupés dans un pôle de compétitivité, s'engagent dans un projet de plateforme technologique utilisée pour de nouvelles expérimentations et des formations initiales et continues. Ils font appel aux investissements d'avenir pour que leur projet conduise également au déploiement des formations en alternance avec des possibilités d'hébergement pour les apprentis.

▪ 11.6 UN RECENSEMENT DES FORMATIONS EXISTANTES

Celui-ci a été réalisé. Exemples : l'École Centrale de Nantes, le nouveau Master ENSIETA à Brest, l'Ecole Navale, les Lycées maritimes, les lycées professionnels marins etc. Voir détail dans les annexes.

a) Des formations marines existent, liées à l'offshore pétrolier.

Ex : IUT de Lannion, depuis 2008, licence professionnelle visant à former des cadres technique en « instrumentation pour l'exploration et l'exploitation pétrolière ». Des perspectives existent à tous les niveaux (licences professionnelles, mastères et doctorats).

b) La Formation de Technicien de Maintenance des Parcs Éoliens a été particulièrement étudiée

Les quatre premiers exemples de formation de techniciens pour la maintenance des éoliennes, sont le lycée François BAZIN à Charleville-Mézières, à Nîmes le Lycée régional technique Dhuoda, et dans la Sarthe, le Lycée Sud du Mans, le projet du Lycée Professionnel Raoul Mortier 86500 Mont-morillon, et une formation de l'AFPA, à Valence.

Avec Délivrance d'un Certificat de Compétence Professionnelle reconnu par la profession et délivré par : **BZEE Consult Théodor-Schafer Stasse 14 – 26 D-258123 HUSUM.**

▪ 11.7 UN RECENSEMENT DES BESOINS DE FORMATION

a) Une double approche complémentaire : les compétences techniques et les compétences maritimes.

Cette double approche se présente ainsi :

✓ Une approche partant des métiers et compétences terrestres

La quasi-totalité des métiers et compétences nécessaires existent déjà, de façon élémentaire et séparée ; Ces compétences techniques « classiques » gagnent à être enrichies et valorisées, par une « pluri compétence » pour les énergies marines, et tout particulièrement pour les prestations en milieu marin et maritime, transport, manutention, montage et maintenance. Cette pluri compétence est profondément liée à la culture des marins. A bord d'un navire en haute mer, toutes les compétences doivent être rassemblées, pour pouvoir faire face aux difficultés et aux avaries. Il s'agit donc de donner une « compétence marine », plus forte, disons « d'amariner les compétences »

✓ Une approche partant des métiers et compétences marines :

Il y a beaucoup de professionnels marins, dans les métiers de mécaniciens marins, marins pêcheurs. Ces « gens de la mer » sont très motivés et bien adaptables pour conserver ou retrouver un emploi maritime, et ils seraient fort heureux de trouver un emploi dans la logistique, le montage et la maintenance des installations de production des énergies renouvelables marines.

b) Sur ce sujet des besoins en formation, un extrait intéressant du document de la Région Bretagne, ci-dessous :

Contrairement au Royaume-Uni où une école spécialisée a vu le jour, il n'existe pas en France, faute de marché, de formation spécifique aux énergies marines. Il faut donc regarder du côté des formations en énergies renouvelables, qui se développent, des formations au secteur de l'offshore pétrolier, ainsi que des formations dans toutes les spécialités citées ci-dessus qui pourraient avoir une application ou une connotation « Energies marines ».

Les lycées maritimes pourront jouer un rôle important dans la création de nouveaux métiers. Pour son projet de Paimpol-Bréhat, EDF a évoqué la possibilité de former les techniciens pour l'installation des hydroliennes au lycée maritime de Paimpol, avec la mise en place d'un bac professionnel et le développement de la formation continue comprenant une spécialisation sur la maintenance. EDF devrait d'ailleurs verser une partie de sa taxe d'apprentissage au lycée maritime de Paimpol.

L'enseignement supérieur doit également être mobilisé. Le Pôle Mer a soutenu la création d'une licence professionnelle, pleine d'avenir, à l'IUT de Lannion, mais, dans l'ensemble, les formations spécialisées restent embryonnaires, en marge des grandes disciplines classiques. Or des perspectives existent à tous les niveaux (licences professionnelles, masters et doctorats).

L'IUT de Lannion a donc mis en place à la rentrée 2008 une licence professionnelle visant à former des cadres techniques en « Instrumentation pour l'exploration et l'exploitation pétrolières ». Certains contenus de cette licence pourraient concerner les énergies marines : acoustique, mécanique, matériaux,

électrotechnique, électronique de puissance, automatismes, mécanique des fluides mais aussi conduite de projet, droit, logistique, management.

L'École navale, en lien avec les Arts et métiers, propose un master spécialisé offshore «Équipements industriels navals», qui vise à former des futurs responsables et chefs de projets capables de concevoir, de réaliser et d'exploiter des installations offshore dans le secteur pétrolier et gazier. Les compétences développées dans cette formation, telles que le génie océanique (états de mer, météorologie), l'hydrodynamique (ancrages, stabilité des structures, tenue à la mer, modélisation), les systèmes d'exploitation des océans, le calcul des structures (matériaux, dimensionnement, fatigue), l'instrumentation, la gestion des risques, la gestion de projet, pourraient tout à fait s'appliquer aux énergies marines. Seule une courte initiation à la ressource énergétique marine figure aujourd'hui dans le programme, mais ce master pourrait, à terme, s'ouvrir plus largement aux énergies marines.

La création de nouvelles filières de formation, liées à un domaine émergent, doit en résumé relever trois défis :

- l'adéquation entre la formation et l'emploi : il faut créer ces filières à temps pour répondre aux besoins de l'industrie. Trop tôt, les débouchés ne seraient pas assurés ; trop tard, le créneau serait perdu ;
- la pérennité des formations, en lien avec celle des emplois ;
- la formation des formateurs : il faut recruter des personnes capables d'enseigner ces nouvelles matières.

c) **La formation sur la Biomasse marine** (traitée dans les Annexes)

▪ **11.8 QUELLE INGENIERIE DE LA FORMATION ET DES COMPETENCES POUR LES EMR ?**

Le principe est de **s'appuyer sur l'existant** : Les métiers et compétences existent, il faut les mobiliser, développer et adapter, en fonction des besoins des projets et des industriels des énergies de la mer, avec un calendrier d'actions approprié, et une bonne synergie des acteurs.

Une idée forte : **un nécessaire enrichissement des compétences professionnelles pour les énergies de la mer**. Cela contribue aussi à valoriser et rendre attractifs les métiers de la mer.

Faut-il des compétences décomposées, ou plurifonctionnelles, globalisées et enrichies ?

La problématique des métiers et compétences est différente, si on la considère d'un point de vue de sous-traitant effectuant une prestation définie à l'avance et limitée dans le temps, ou bien si on se place dans un référentiel plus large d'ensemblier intégrateur recherchant à optimiser ses coûts industriels tout au long de la chaîne de valeur dans une perspective à long terme.

Si les acteurs appartenant à la première catégorie ont déclaré à la mission qu'ils disposaient de personnels ayant les compétences nécessaires (approche analytique du travail décomposé en tâches élémentaires requérant parfois une formation pour l'adaptation au poste), les industriels appartenant à la seconde catégorie (d'ensemblier intégrateur) nous ont indiqué au contraire l'importance stratégique d'une approche plus globale et plus intégrée aboutissant à des processus de fabrication innovants et optimisés, avec une recherche forte de compétitivité et d'abaissement des coûts globaux par l'innovation, et l'exploitation des synergies possibles.

Cette volonté de performance globale combinée aux contraintes particulières du milieu maritime fait apparaître **de nouveaux métiers aux compétences élargies**, avec des qualifications de niveau plus élevé que dans un environnement « terrestre » classique.

Des formations professionnelles qualifiantes pour les énergies renouvelables .

Un exemple : une licence professionnelle pour les énergies renouvelables est mise en œuvre à St-Pierre, Université et IUT. Pour un effectif allant de 15 personnes à 40-50 personnes, face à un besoin de formation identifié, Habilitation tous les 4 ans,

Il n'existe pas encore des licences professionnelles dédiées aux énergies marines ? Un tel projet est à monter, mais en liaison avec les employeurs potentiels.

En annexe, le nouveau Master Energies marines renouvelables ENSIETA, ouvert en Septembre 2010, avec une première promotion de 15 élèves.

(Extrait du rapport du Conseil d'Orientation pour l'Emploi)

Pour la formation initiale Le Conseil préconise *En ce qui concerne l'offre de formation* : Inclure dans le cursus scolaire de tous les élèves une formation aux grands enjeux du développement durable

Pour la formation continue Les comités de filières ont souligné l'ampleur des transformations engagées en matière d'offre de formation :

- la première préoccupation concerne **la formation des formateurs**. Il manque aujourd'hui une garantie sur l'aptitude des formateurs à former aux nouvelles techniques. Bien qu'elle paraisse prégnante, au moins dans certaines filières, **la question de la formation des formateurs** reçoit toutefois au final peu de réponses dans les travaux menés.

Un préalable est la Question importante de la Formation de formateurs pour les énergies marines

Un préalable, pour préparer l'avenir et être en mesure de réagir vite aux besoins, est de sensibiliser et former les formateurs, les responsables des Lycées maritimes, lycées professionnels techniques, lycées aquacoles, licences professionnelles...

La formation, et en particulier la formation des formateurs, est essentielle au décollage de ces métiers et compétences spécifiques

- **Former les formateurs** : l'évolution de l'offre de formation suppose d'**organiser la formation de formateurs** eux-mêmes en nombre.

Cela exige de renforcer les liens entre les organismes de formation et les personnes formées aux technologies vertes : entreprises, chercheurs, enseignants.

En particulier, il faudrait prévoir des mécanismes destinés à encourager les grandes entreprises à détacher provisoirement certains de leurs salariés formés aux nouvelles technologies auprès des organismes de formation. Une mesure d'encouragement à l'égard de ces salariés pourrait également être utile.

Formation des formateurs : Dans le cadre de la réforme des filières technologiques (Bac STI 2D - Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable), un plan de formation nationale va être déposé à l'usage des formateurs académiques sur le site national PAIRFORMANCE. La réalisation du module (Exploitation des énergies renouvelables), va utiliser des exemples sur les EMR pour sensibiliser et former les formateurs ;

▪ **11.9 ANTICIPATION ET PROSPECTIVE DE L'EMPLOI**

La Mission a rencontré ou auditionné le COE, Conseil d'Orientation pour l'Emploi, le CAS, Conseil d'Analyse Stratégique, département emploi, l'Ademe, opérateur sur les programmes des Energies marines, le Ministère de l'Agriculture MAAP / Direction Générale de l'Enseignement et de la Recherche, pour les formations liées aux biomasses marines, le Syndicat des énergies renouvelables, (dont la Commission Energies marines regroupe un nombre important des industriels français de ce secteur)

Il y a un « problème de timing » pour les Formations spécifiques aux EMR : En effet, tous les organes de formation en enseignement technique, (IUT, Lycée professionnels) répugnent à mettre en place une formation nouvelle qui ne débouche pas immédiatement sur des emplois réels, identifiés et bien « visibles » pour les étudiants, (ce qui n'est pas encore le cas en France).

Cette remarque importante souligne l'importance, et la difficulté, de l'anticipation « juste à temps », et de la formation des formateurs pour être en capacité à réagir vite et efficacement pour répondre à des besoins confirmés.

Anticiper les besoins

– Des travaux prospectifs doivent être conduits dans tous les « observatoires prospectifs des métiers » et des qualifications mis en place par les branches professionnelles. Ces travaux doivent permettre d'anticiper les besoins en compétences, et de déterminer les formations nécessaires pour y répondre. Ils doivent aussi permettre d'identifier les secteurs dont l'activité est amenée à décliner, et d'anticiper les besoins de reconversion de leurs salariés. Il convient en particulier de savoir repérer les compétences de ces salariés qui peuvent être mises à profit dans les activités en développement.

❖ 12. LES ENJEUX DES DIVERSIFICATIONS ET RECONVERSIONS INDUSTRIELLES

Plusieurs secteurs industriels sont en menace de baisse de charge : chantiers navals, ports, pétrole offshore, autres industries ...

Les énergies marines peuvent constituer un précieux champ de reconversion, de diversification, et de maintien de l'emploi.

La mission d'études a examiné ces questions, quel est le souhaitable, et le possible.

Un outil possible pour aider les reconversions. *[Le contrat de transition professionnelle](#)*

Mis en place à titre expérimental dans certains bassins d'emplois précisément délimités, le contrat de transition professionnelle (CTP) s'adresse aux salariés dont le licenciement économique est envisagé dans une entreprise non soumise à l'obligation de proposer un [congé de reclassement](#). Dans les entreprises concernées, l'obligation faite à l'employeur de proposer un contrat de transition professionnelle se substitue à l'obligation de proposer une convention de reclassement personnalisé. Le contrat de transition

professionnelle, d'une durée maximale de 12 mois, a pour objet le suivi d'un parcours de transition professionnelle pouvant comprendre des mesures d'accompagnement, des périodes de formation et des périodes de travail au sein d'entreprises ou d'organismes publics. Pendant la durée de ce contrat, et en dehors des périodes durant lesquelles il exerce une activité rémunérée, le titulaire du CTP perçoit une "allocation de transition professionnelle" égale à 80 % du salaire brut moyen perçu au cours des 12 mois précédant la conclusion du CTP.

Le contrat de transition professionnelle est conclu pour une durée de 12 mois.

❖ **13. LES PROJETS DES ZONES PORTUAIRES EN FRANCE ET LES PERSPECTIVES INDUSTRIELLES**

▪ **13.1 LES PROJETS DES PORTS FRANÇAIS**

Les industriels français affichent, de façon volontariste, leur intention de participer le plus possible aux retombées économiques du programme éolien offshore. Si la France veut participer activement au programme d'investissement en énergies renouvelables, et surtout pour éviter que les futures éoliennes offshore implantées en France ne soient fabriquées et assemblées ailleurs, (comme c'est malheureusement le cas pour l'essentiel des éoliennes terrestres, ou onshore), le pays se doit de posséder dans les 2 ou 3 ans à venir des infrastructures de grande taille, situées en zones portuaires, afin d'assurer :

- la fabrication et l'assemblage des éoliennes offshore ;
- les opérations de transport et de logistique ;
- le stockage ;
- le transbordement sur barges ou bateaux spécialisés.

Les investissements à prévoir pour espérer assurer un développement de l'industrie éolienne offshore en France sont de ce fait particulièrement conséquents : ils se chiffrent en plusieurs dizaines de millions d'Euros.

Les sites correspondant le mieux aux standards de l'éolien offshore (taille, superficie, moyens de manutention, compétences et savoir faire) sont des chantiers navals. L'un des grands défis des toutes prochaines années est d'opérer une reconversion totale ou partielle de certains chantiers navals français, en prenant exemple sur des opérations similaires à l'étranger.

Des exemples à l'étranger (Allemagne, Corée, Royaume Uni...) **de reconversions industrielles suite aux récentes mutations du secteur de la construction navale** sont détaillés dans les Annexes.

Exemple de la Corée du Sud

La Corée du Sud s'est également fermement lancée dans une stratégie de développement de ses chantiers navals, en utilisant tous les leviers possibles : concurrence directe, différenciation et diversification.

L'industriel coréen DAEWOO SHIPBUILDING, deuxième constructeur mondial de navires, a racheté en août 2008 un fabricant américain d'éoliennes, DE WIND. Ce rachat a assuré la survie de DE WIND, (qui a livré, depuis sa création en 1995, quelques 710 éoliennes aux États-Unis, en Chine et en Europe), et a fait entrer le groupe coréen dans un nouveau métier, bienvenu alors que la crise a ralenti ses commandes de navires. DAEWOO SHIPBUILDING a choisi d'investir 70 millions \$ dans DE WIND pour l'aider à développer de nouveaux modèles et à construire au Texas une gigantesque ferme éolienne dotée d'environ 420 machines.

HYUNDAI HEAVY INDUSTRIES a construit, en Corée du Sud, une usine de production d'éoliennes, démarrée en février-mars 2010. Quant à SAMSUNG HEAVY, numéro trois mondial de la construction navale, il affiche lui aussi de vastes ambitions dans ce secteur. Il a indiqué en mai 2009 qu'il était à la recherche d'un site pour construire une usine géante, susceptible de produire 200 éoliennes de 2,5 et 5 MW par an dès 2010, capacité qui pourrait être portée à 500 unités par an en 2015. L'investissement atteint les 480 millions \$.

Pourquoi cette conversion massive des chantiers navals à l'éolien ?

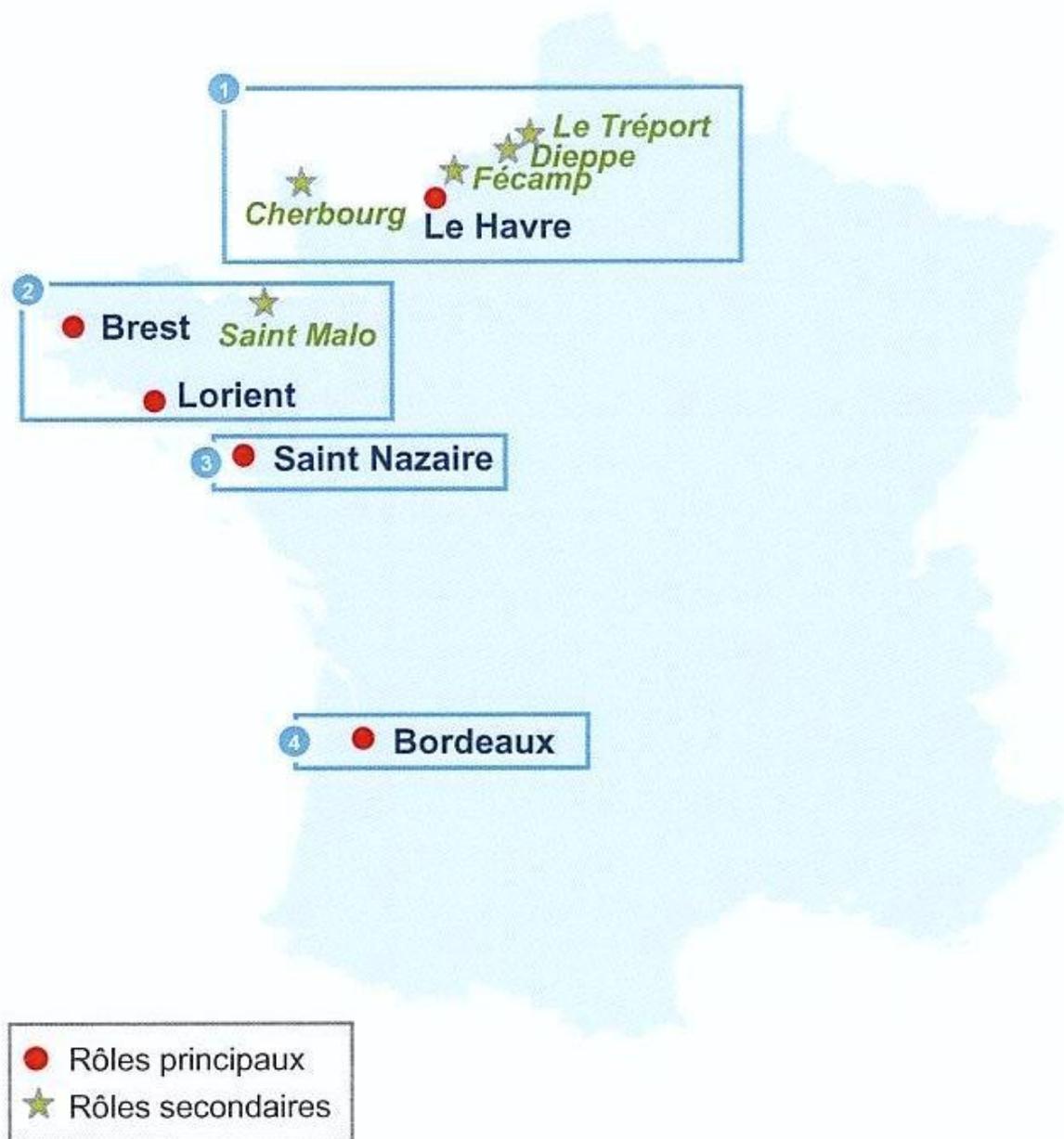
D'abord parce que les perspectives semblent prometteuses, la plupart des pays ayant planifié des investissements massifs dans ce domaine. SAMSUNG a ainsi chiffré le marché mondial à 72 milliards \$ en 2020. De plus, d'après ce groupe coréen, la technologie de fabrication des pales d'éoliennes est assez proche de celle des hélices de navires. La concurrence s'annonce cependant rude pour ces nouveaux entrants face à des géants déjà bien installés, essentiellement en Allemagne.

Pour en savoir plus : <http://www.enerzine.com/3/8847+rwe-commande-2-navires-dedies-aux-eoliennes-offshores+.html> et <http://www.enerzine.com/3/9422+ge-investit-340-me-dans-lenergie-eolienne-offshor.html>

Les Projets des ports français

On trouvera ci-après une carte des principaux ports français intéressés par l'offshore et des informations sur leurs stratégies de développement.

Principaux ports français intéressés par l'éolien offshore



Voir en annexes le compte-rendu de la réunion du 5 juillet 2010 sur l'éolien offshore au Syndicat des Energies renouvelables sur le lien ci-après : http://www.wind-eole.com/fileadmin/user_upload/Downloads/Offshore/geschaeftstreffen_SER/Compterendu_rencontreoffshore9juillet2010.pdf

D'ores et déjà, les ports de DUNKERQUE, de DIEPPE, de ROUEN et de CHERBOURG pour la zone Manche - Mer du Nord, de BREST, de ST NAZAIRE et de LA ROCHELLE pour la façade Atlantique, et enfin les ports de SETE et de FOS-SUR-MER pour la Méditerranée réceptionnent des composants d'éoliennes. Il ne s'agit aujourd'hui que d'opérations de stockage, de transbordement de bateau à bateau ou déchargement en vue d'un transport terrestre. Seul VESTAS, à DUNKERQUE, réalise quelques opérations de montage d'éoliennes (non fabriquées sur place) et destinées à des parcs britanniques, car les ports du Royaume-Uni n'offrent pas de telles possibilités.

Globalement, les ports français réagissent. En témoigne **le compte-rendu de la rencontre d'affaires sur l'éolien offshore à Paris, en date du 9 juillet 2010.**

« Suite aux annonces du gouvernement de lancer, dès 2010, une série d'appels d'offres pour le développement de l'éolien offshore au large des côtes françaises, le Syndicat des énergies renouvelables et sa branche éolienne, France Energie Eolienne, ont organisé, à Paris, le 9 juillet 2010, une rencontre d'affaires sur ce thème. Cet événement a rassemblé les principaux acteurs de la filière éolienne offshore française : constructeurs et développeurs éoliens d'une part, CCI, agences de développement économique, clusters et industriels du monde maritime d'autre part. La journée était organisée en deux temps : une matinée constituée de présentations de la DGEC, de différentes régions et de plusieurs développeurs ayant des projets de parcs éoliens à l'étude au large des côtes françaises et une après-midi de rencontres sous forme d'ateliers réunissant des acteurs d'une région autour des constructeurs d'éoliennes. »

Les divers ports maritimes et pôles industriels français, ont tous présenté des projets industriels assez ambitieux.

LE HAVRE, Un projet commun pour le développement de l'éolien offshore a été lancé à la fin de l'année 2009 et rassemble une quarantaine d'acteurs, entreprises et institutionnels, pour développer autour du Havre une filière industrielle et logistique pour l'éolien, en particulier offshore.

Plusieurs industriels seront en mesure de fournir les composants suivants : pales, mâts, nacelles et pièces métalliques. Il s'agit des entreprises Aircelle, Daher, Démaret Frères, Fouré Lagadec et Mallard implantées localement dans la région du Havre. Les fondations pourront être fabriquées par les entreprises Démaret Frères, Fouré-Lagadec, Lafarge Ciment, Mallard, Saipem et Technip. Cegelec, SIE et 2H Energy apporteront leurs compétences en électronique, électromécanique, génie électrique et mécatronique. Plusieurs acteurs du transport seront en mesure d'acheminer et réceptionner les éléments constituant les éoliennes. Le levage, la manutention et le stockage des éoliennes seront assurés par CFT, Humann et Tacconnet, Sarens et Terminaux de Normandie.

Trois sites sont en cours d'aménagement autour du Port du Havre pour accueillir des activités d'assemblage et de maintenance, ainsi que pour la mise en place test des éoliennes, à terre comme en mer. Une étude est en cours pour déterminer dans quelles conditions l'implantation pour de telles activités est possible. »

CONCERNANT BREST, LORIENT ET ST MALO ET LA RÉGION BRETAGNE

« L'Agence Économique de Bretagne et le cluster d'entreprises Bretagne Pôle Naval pilotent le développement d'une filière industrielle dans le secteur des énergies marines renouvelables. La région regroupe effectivement toutes les compétences et les savoir-faire dans les métiers de cette filière avec une centaine d'entreprises, filiales ou établissements de grands groupes industriels ou PME performantes et innovantes.

Ces entreprises, au nombre de 70, représentent près de 800 salariés et sont présentes dans les secteurs de la construction naval et de l'énergie notamment éolienne. Elles sont actives, notamment, dans la mécanique, la tôlerie, l'électricité et l'électronique, la construction de mâts, de structures composites, la logistique, le transport et la manutention.

Les principaux ports, propriété du Conseil Régional, ont un positionnement géographique optimal pour les projets éoliens situés en Manche et en Atlantique.

Les ports de Brest et de Lorient sont particulièrement bien adaptés pour la réalisation des fondations et des structures et pour l'assemblage des turbines bord à quai avec des espaces disponibles respectifs de 36 et de 5 hectares. Les actions en cours permettront aux entreprises de se positionner en fournisseur, prestataire ou sous-traitant des développeurs de projet et de leurs partenaires pour la logistique, les fondations, les structures métalliques, la fourniture d'équipements, l'assemblage des éoliennes, les infrastructures électriques, l'exploitation et la maintenance.

Plusieurs pistes sont étudiées pour proposées des sites d'expérimentation pour la fabrication de pièces ou l'assemblage d'éoliennes. Ainsi, le polder de Brest pourrait se prêter à la construction de fondations, l'assemblage des différentes pièces et à la maintenance, en raison notamment de ses facilités d'accès et de l'espace disponible. Les ports de Lorient et Saint-Malo pourraient servir de sites pour l'assemblage de sous-ensembles et la maintenance. »

CONCERNANT NANTES – ST NAZAIRE : Dans la perspective du développement de l'éolien offshore en France, plusieurs groupements d'entreprises se sont formés au cours des derniers mois, autour de la chambre de commerce et de l'industrie de Nantes Saint-Nazaire, sur les différents types de fondations, la fabrication des câbles, l'assemblage à terre, la logistique, la maintenance, la fabrication de composants mécaniques et électromécaniques.

Au sein de ce regroupement, le Cluster Neopolia regroupe plus de 130 entreprises, possédant des compétences dans les secteurs naval, aéronautique, offshore et ferroviaire. Il a constitué une filière marine d'une soixantaine d'entreprises, qui prépare aujourd'hui sous forme de partenariat entre entreprises une diversification de ses activités vers l'éolien offshore, notamment pour la fabrication de mâts, la logistique, le déchargement, l'entreposage des composants d'éoliennes.

Les infrastructures portuaires sont en cours d'évolution afin de proposer une offre adaptée à l'éolien offshore, à l'image des ports de Bremerhaven et Cuxhaven en Allemagne. En effet, le Grand Port maritime de Nantes Saint-Nazaire est spécialisé dans la manutention de charges lourdes, avec la présence de plusieurs acteurs importants qui réceptionnent déjà les éoliennes destinées aux installations à terre, avant de les stocker à Montoir.

Plusieurs grands acteurs industriels sont présents : (Altéad, Daher, Idea Logistique, MTTM, Sogebbras) pour les opérations de manutention. Le territoire possède une longue expérience de la fabrication d'ensembles métalliques complexes pour la construction navale et aéronautique. Le port de Saint Nazaire et le site du Carnet se présentent comme des sites pouvant servir à l'assemblage d'éoliennes destinées à des parcs offshore. Le constructeur d'éoliennes Repower, en partenariat avec Siag, fabricant de tours d'éoliennes a annoncé sa volonté d'implanter sur la côte Atlantique, à la place des anciens chantiers navals, une usine de fabrication de mâts éolien offshore. Cette implantation pourrait avoir lieu sur le site de STX, à proximité du grand port maritime de Nantes Saint-Nazaire. STX France, est en effet, un intégrateur de grands ensembles, dont les capacités industrielles et de conception permettent de réaliser les sous-ensembles métalliques (fondations métalliques, mâts, sous-stations électriques) et des navires techniques de pose. Il a notamment répondu à un appel d'offres européen pour la fabrication de navires pour le transport des éoliennes. L'annonce d'une série d'appels d'offres offshore constitue pour la région, une réponse adaptée au contexte de désindustrialisation. En effet, plusieurs activités industrielles ont connu un ralentissement notamment dans la construction navale et nautisme, les activités de fabrication d'engins de levage et manutention et sous-traitance automobile.

CONCERNANT BORDEAUX : « La région bordelaise compte aujourd'hui plusieurs industriels éoliens dont EADS Astrium, qui fabrique des pales d'éoliennes et Plastinov. Plusieurs sous-traitants de l'aéronautique, de l'automobile et de la construction navale (représentant 400 entreprises, soit plus de 20000 emplois) souhaitent se positionner sur le marché de l'éolien offshore comme sous-traitants des constructeurs d'éoliennes, avec des compétences en mécanique, logistique, électricité, usinage... La région dispose de la première formation française pour la production de pièces en matériaux composites de grande dimension. Bordeaux bénéficie de sa position au cœur de l'Océan Atlantique et possède les infrastructures portuaires et fluviales adaptées à l'acheminement des grandes pièces dont les composants destinés à l'installation des parcs éoliens en mer. »

Pour lire l'ensemble du document de cette rencontre sur l'éolien offshore : http://www.wind-eole.com/fileadmin/user_upload/Downloads/Offshore/geschaefstreffen_SER/Compterendu_rencontreoffshore9juillet2010.pdf

Les marchés de sous-traitance pour les entreprises locales

Par comparaison avec les expériences allemandes réussies en matière de reconversion de leurs chantiers navals, la démarche des collectivités françaises vise essentiellement à offrir des marchés de sous-traitance à leurs entreprises locales, dont les compétences sont indéniables.

La problématique des marchés de sous-traitance, concernant les parcs éoliens offshore français, est bien la durée dans le temps : dans cette optique, et dans un contexte d'activité industrielle en stagnation, voire en repli ou en crise, les créations d'emplois durables risquent d'être minimales ; il est préférable, dans le cadre de cette stratégie de sous-traitance, de parler de maintien d'emplois industriels locaux, pour une période n'excédant pas 5 ans, sachant que les salariés concernés devront suivre des formations pour être opérationnels sur un secteur que ni eux ni leurs employeurs ne connaissent pour la majorité d'entre eux ;

Elles recensent l'existant (entreprises locales et compétences, infrastructures, surfaces disponibles, moyens de manutention ...) et font la promotion (il s'agit là de leur rôle) de leur zone portuaire en présentant cet « existant » comme étant quasi opérationnel pour les activités industrielles touchant à l'éolien offshore ; pour rappel, les expériences allemandes ont démontré qu'une zone portuaire (ou un chantier naval de grande dimension) doit être complètement réadaptée et/ou refaite pour accueillir toute activité éolienne offshore : les surfaces à prévoir se comptent en plusieurs dizaines d'hectares, les moyens de manutention (grues) sont souvent différents, les zones de stockage doivent pouvoir supporter des tonnages hors normes, les quais de transbordement doivent être repensés pour les chargements sur barges, une liaison ferroviaire est un avantage décisif etc...

Les collectivités et certaines PME comptent sur l'arrivée d'un leader industriel éolien étranger pour organiser la sous-traitance locale ; or, à ce jour, rien ne permet d'affirmer que les constructeurs éoliens, dont la candidature sera retenue pour tel ou tel parc offshore, feront appel à la sous-traitance locale.

Un postulat paraît indispensable à intégrer : les constructeurs éoliens en général, et les Allemands en particulier, n'ont pas besoin « a priori » des compétences françaises : ils disposent déjà de tous les savoir faire nécessaires, peuvent assurer une partie de la fabrication dans leurs propres usines (et ainsi garantir des heures de travail à leurs propres salariés) et assurer l'autre partie (les pièces les plus difficilement transportables) ainsi que l'assemblage avec quelques dizaines de salariés français qu'ils pourront embaucher directement, ou faire embaucher par leurs propres sous-traitants.

Le port de Nantes St Nazaire est avancé dans la démarche de création d'une véritable base éolienne offshore, qui pourra être opérationnelle dans les deux ans à venir. Le port du Havre participe au mouvement. Ces deux ports, plutôt que de se concurrencer directement dans un proche avenir, ont décidé en septembre 2010 de s'associer : <http://www.actualites-news-environnement.com/24180-Eolien-Offshore-Havre-Saint-Nazaire-associent-creation-filiere-nationale.html>.

La durabilité de l'emploi dans le secteur de l'éolien offshore est aussi intimement liée au développement de l'éolien onshore sur le territoire français : tout site de fabrication offshore peut servir à la fabrication des éoliennes terrestres, qui ont la particularité d'être de dimension plus modeste que leurs homologues offshore.

❖ **14 . PROPOSITIONS**

PROPOSITION N°1

Lancer l'appel d'offres français en éolien offshore, de volume minimum suffisant (3000MW), début 2011 afin de créer la filière industrielle française dans l'éolien offshore tant attendue par tous les acteurs français.

Le 7 janvier 2010, l'Etat annonçait le lancement imminent de l'appel à propositions pour la construction, à l'horizon 2020, de 6 Gigawatts de puissance éolienne en mer devant permettre la création de quelques 8 000 emplois. Un an après, il est inquiétant de constater un nouveau report de ce lancement de l'appel à propositions, alors que tous les acteurs sont prêts à concrétiser ces projets. Par ailleurs, il semblerait que le nombre d'installations de parcs éoliens en mer pourrait être revu à la baisse ainsi que la taille restreinte des zones dites propices. Pour parvenir à développer une véritable filière en France, les porteurs de différents projets demandent d'urgence, à court terme, une visibilité afin de permettre de réaliser les investissements nécessaires (18 milliards € dont 2/3 pour les entreprises françaises). Celles-ci pourraient ensuite se positionner à l'international (Europe du Nord : marché estimé à 130 milliards €, pour lequel les professionnels estiment que 10 pourraient être captés par les entreprises françaises). De plus, il est souhaité que les zones propices issues de la planification soient les plus grandes possibles permettant de construire des parcs de 600 Mwatts (condition sine qua non pour l'émergence de réalisations structurantes, éviter l'essaimage, favoriser une forte diminution des coûts).

PROPOSITION N°2

Créer de vraies filières industrielles des nouvelles technologies EMR, créatrices d'emploi et compétitives à l'export.

Savoir-faire et Innovation, Ces filières industrielles potentielles s'appuient sur des savoir-faire et sur de grands industriels nationaux, soucieux de diversification et mutation industrielles. Cela conforte la volonté de la France de développer un tissu industriel de rang mondial et dans un premier temps dans des projets de territoires : faire de la France un incubateur du développement industriel des énergies Marines. Le développement technologique des filières françaises nécessitera la poursuite d'un effort soutenu en recherche et innovation avec des technologies mutualisables (plateforme offshore et centres d'essai). En particulier, un point de passage obligé est de tester les prototypes en mer. Les premiers sites des plates-formes d'essai sont prévus au Croisic et à Paimpol Bréhat.

PROPOSITION N°3

Intensifier la recherche et accompagner l'innovation, avec tous les financements liés, pour le développement en France de technologies marines compétitives (avec un regard particulier sur brevets et propriété industrielle).

PROPOSITION N°4

Créer des plateformes démonstratives des EMR, vitrines du développement et des savoir faire français,

seuls outils capables d'offrir une visibilité et un affichage de nos compétences affirmées dans le domaine des EMR parfois ignorées à l'international par notre manque de communication voire de "frilosité" préjudiciables à une meilleure connaissance de nos capacités en matière de recherche et de développement.

PROPOSITION N°5

Réussir l'indispensable Institut d'Excellence en Energie Décarbonée (IEED) des EMR (France Energies Marines).

Coordination et Mise en réseau

Pour préparer l'avenir et être efficace, il faut une coordination et mise à niveau dans le secteur de la formation. "La réactivité du dispositif de formation doit être à la hauteur à la hauteur des besoins". "Les IEED (doivent jouer le rôle de veille sur les nouvelles technologies, en accroche sur le marché, pour envoyer les bons signaux aux dispositifs de formation". Deux logiques différentes sont apparues :

. Une logique de réseau, entre tous les acteurs français, avec une dimension de solidarité et de mise en commun de ressources, avec mutualisation de moyens.

. Une logique de "points forts" comme les projets EMR performants financés par le CGI et de territorialité, comme pour l'IEED de Brest, outil de veille technologique et internationale, et qui devrait jouer un rôle indispensable de pivot comme fédérateur du réseau français et "fer de lance" européen des EMR. Cette problématique est particulièrement importante pour les plates-formes d'essai des nouvelles technologies françaises des EMR. Il apparaît essentiel de valoriser les atouts français existants et futurs, au mieux de tous les intérêts nationaux et sans compétition stérile inter-régionale.

PROPOSITION N°6

Impulser une autorité de coordination des multiples acteurs français, favorisant les synergies afin d'éviter les redondances stériles.

Outil de veille technologique et internationale, fédérateur du réseau français et « fer de lance » européen des EMR. L'indispensable synergie et coopération des acteurs français des énergies marines, et la question du pilotage.

Le développement des EMR françaises doit se faire de façon harmonisée, avec mise en commun de ressources et de moyens, et sans une concurrence excessive entre régions et acteurs, ce qui serait de nature à nous affaiblir et nous diviser. Il faut renforcer la coopération et la synergie entre les acteurs, en particulier les acteurs français, mais aussi en coopération internationale.

Evitons trop de concurrence franco-française, (pas de "chacun pour soi !") en jetant des passerelles entre régions, et à l'international. Il en est de même pour l'éparpillement et le saupoudrage : savoir choisir et orienter.

Cette considération, de choix et d'orientation, est liée à la question du leadership et du pilotage. Au cours de ma mission, face à la multitude des acteurs et des initiatives, souvent concurrentes, je me suis demandée : y a-t-il un pilote dans le bateau des énergies marines ? Et un bon équipage aux ordres du pilote ? Un pilotage est indispensable.

A ce sujet : il est apparu au cours des nombreuses rencontres et auditions de la mission, que la demande de pilotage est différente en fonction des interlocuteurs. Il ressort, par exemple, une demande de la part des

PME et des entreprises virtuellement en position de sous-traitances, qui souhaiteraient être guidées pour les EMR. Par contre, les grands groupes industriels ne demandent pas un pilotage particulier.

On peut poser la question suivante : faut-il recréer, dans une optique d'aménagement du territoire et de politique industrielle, une Datar forte? Et à défaut de recentralisation, quel est le niveau de décision approprié pour des choix interrégionaux? Il n'y a pas une réponse unique à cette question.

En tout état de cause, il paraît important de « fortifier les points forts » français, dans un environnement concurrentiel international très évolutif où d'autres pays sont déjà très actifs et avancés. Il faut améliorer le dialogue et la concertation, mettre en place de bonnes structures, souples et efficaces. L'IFREMER doit jouer un rôle important, mais aussi les autres acteurs et les partenaires industriels et les monteurs de projet.

Je me réjouis de noter que la loi Grenelle a prévu un "Comité de suivi des énergies renouvelables" au sein du Conseil supérieur de l'Énergie. Ce serait là un lieu utile de concertation et d'échange, en liaison avec le SER (Syndicat des énergies renouvelables), les acteurs des filières des énergies marines et l'autorité de coordination proposée ci-dessus, véritable catalyseur de tous les acteurs et partenaires.

PROPOSITION N°7

Adapter les formations existantes aux spécificités des EMR, tout en veillant à leur bonne répartition territoriale.

Former les formateurs. Monter des modules d'information et de sensibilisation, aux énergies renouvelables et énergies marines, à l'intention de formateurs et enseignants motivés (exemple de l'AC Rouen et Programme PAIRFORMANCE). **Les Emplois et compétences des énergies marines :** Pour ces emplois liés aux énergies marines, toutes les compétences et tous les métiers ont été listés, de façon analytique et exhaustive.

Pour la plupart des interlocuteurs rencontrés par la Mission d'études, les métiers et les compétences nécessaires existent déjà en France, et même déjà souvent au sein des groupes industriels acteurs des énergies marines.

"Il n'y aura pas vraiment de nouveaux métiers", ce sont des métiers très classiques, surtout dans la métallurgie avec une composante accrue vers la mer (citation, débat sur les énergies marines renouvelables). « On retrouvera les mêmes métiers industriels classiques avec une connaissance supplémentaire du milieu marin". "A part les équipes d'ingénierie et d'innovation, spécifiques à chaque technologie, il faut des compétences de chantier naval et d'offshore, qui existent déjà dans l'industrie. »

Il y a cependant deux éléments spécifiques importants à souligner dans les emplois liés à la mer:

. Une pluri compétence, et un véritable enrichissement des compétences, nécessaire pour les énergies renouvelables marines, par rapport aux énergies renouvelables terrestres.

.Un caractère marin, indiscutable et marquant, pour le montage, l'exploitation dans la durée et la maintenance des installations d'EMR.

La Formation pour les énergies marines : Les divers établissements et acteurs de la formation en France ont été identifiés et rencontrés, ainsi qu'un grand nombre des acteurs en matière d'emploi et de prospective. Les métiers, les compétences et les outils de formation pour les énergies marines, existent, en France, de façon déjà sérieuse et avec une véritable valeur. Il faut les adapter en tant que de besoin et veiller à leur bonne utilisation et répartition sur le territoire.

PROPOSITION N°8

Sensibiliser le public aux technologies des Energies Marines, trop méconnues, par l'information et la vulgarisation, pour une meilleure compréhension et acceptabilité sociale.

L'éducation à la mer et la sensibilisation. Rappelons quelques propositions du Grenelle de la Mer, qui sont toujours pleinement d'actualité : L'éducation à la mer doit devenir une priorité, il faut intégrer la mer dans les formations initiales, Faire connaître la mer dès le plus jeune âge, à l'école, au collège et au lycée, en renforçant les actions de sensibilisation et de formation, Renforcer la place de la mer dans les formations supérieures, Développer les partenariats adéquats avec le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, et l'enseignement maritime.

(media audiovisuels, aspects pédagogiques et ludiques)

PROPOSITION N°9

Créer un dispositif de veille en réseau, pour anticiper les besoins et permettre les adaptations « en temps réel » aux futurs métiers des EMR.

Constat : seule la création d'une véritable filière industrielle capable d'être compétitive à l'exportation peut générer un nombre d'emplois significatif sur le long terme.

Il s'agit là des seuls emplois créés par la filière offshore, à l'exclusion de ceux générés par les autres filières qui devraient progressivement prendre le relais après 2015 (maturation).

Je l'ai indiqué précédemment, il est difficile aujourd'hui, de communiquer sur les emplois en devenir en terme qualitatif et quantitatif pour toutes les raisons déjà indiquées. Cependant, même si nombre de compétences sont disponibles et transposables en France, certaines nécessiteront une adaptation et une formation spécifiques aux exigences du travail en mer.

Plusieurs types de profils en sont l'exemple : les ouvriers techniciens des chantiers navals et aéronautiques, les ouvriers et techniciens d'industrie automobile ainsi que ceux du secteur de bâtiment.

C'est la raison pour laquelle il est indispensable de mettre en place ces dispositifs de veille en réseaux permanents afin d'être opérationnel et de répondre de façon réactive aux besoins qui s'exprimeront (différents types de métiers dans la chaîne des valeurs ont été estimés dans ce document).

PROPOSITION N°10

Utiliser l'opportunité fournie par les EMR pour faciliter les reconversions des métiers, en difficulté, liés à la mer.

Pour les nouvelles filières industrielles en cours de constitution, la normalisation des matériels est un enjeu d'avenir, surtout dans une logique de concurrence internationale ; Il est donc stratégiquement important de défendre les filières françaises, de façon efficace, en étant présent activement dans la Normalisation des EMR, surtout au niveau européen.

Un espoir pour l'emploi : *Pour beaucoup de métiers existants, liés à la mer, constructions navales, ports maritimes, pêche, industries mécaniques, confrontées à des difficultés, les Energies marines constituent un espoir important de diversification ou de reconversion.*

L'indispensable valorisation des métiers de la mer. *Tous les métiers et les emplois liés à la mer doivent être valorisés, et rendus plus attractifs pour les jeunes en particulier, avec une composante accrue de modernité, de développement durable et d'environnement, et d'international. Je citerais un de nos interlocuteurs « Dans les énergies marines, notamment pour la maintenance des éoliennes offshore nécessite des conditions sportives aux compétences polyvalentes, n'ayant ni vertige ni mal de mer, et parlant anglais ».*

PROPOSITION N°11

Assurer une présence française effective au niveau européen dans la normalisation indispensable des EMR.

EMR et Investisseurs. *Les futurs emplois des Energies marines seront créés par des projets, et des investissements. Pour attirer et sécuriser les investisseurs, il faut des conditions nécessaires de sécurité et de stabilité, au plan de la réglementation, des aides financières à l'innovation, et des tarifs de soutien dans la durée.*

PROPOSITION N°12

Garantir une stabilité réglementaire sécurisant les investisseurs de Projets et de R&D.

Coopération internationale : *Pour réussir les énergies marines, la France doit savoir bien travailler en coopération internationale, surtout avec nos voisins européens, notamment entre les pays de l'Arc Atlantique (ce qui sera plus efficace en « gagnant gagnant qu'une concurrence en « chacun pour soi »). (Règlementation, allègements administratifs, aides financières à l'innovation, et tarifs de soutien dans la durée).*

PROPOSITION N°13

Saisir efficacement les opportunités de coopération européenne autour de projets en énergies marines (relations entre les pays de l’Arc Atlantique...).

Il serait souhaitable de soutenir l’initiative du groupe de travail en cours d’élaboration de l’Arc Atlantique dans le cadre du programme européen ‘Interrreg’. Ce projet devrait permettre de faire un état des lieux du développement de la filière EMR au sein des régions partenaires ainsi que des complémentarités entre elles ‘présence de sites d’essais, formations spécialisées, entreprises implantées sur leur territoire’...

Ce projet s’inscrit dans un contexte où la Commission européenne est en train d’élaborer une stratégie dont l’un des objectifs est de positionner la filière EMR en tant que secteur clé de l’Arc Atlantique. La finalité étant de favoriser une implication plus forte de l’U. E. dans ce domaine et d’inciter Etats/Régions Atlantiques à coopérer entre eux.

PROPOSITION N°14

Rendre attractifs les métiers des EMR, bleuis, verdis et valorisés, en pluri-compétences.

“Verdis” par les composantes énergies renouvelables et environnement, “Bleuis” par l’adaptation spécifique à la mer, et “valorisés” par la technicité, le professionnalisme accru, la modernité et l’international et un niveau suffisant en langue anglaise (surtout dans la formation continue et pour les métiers marins d’exécution).

PROPOSITION N°15

Développer les emplois liés à la biodiversité marine, à l’écologie de la mer et au « tourisme vert » des EMR.

Allier Environnement, écologie et emploi... c’est possible. PROTÉGER ET VALORISER LA BIODIVERSITÉ MARINE, une Synergie entre les EMR, l’environnement et emplois liés à la pêche.

Il réaliste de penser que les énergies marines renouvelables, éoliennes offshore, hydroliennes et ouvrages divers, soient implantés de façon respectueuse de l’environnement, et même favorable à la faune sous marine, et à l’empoissonnement et donc à la pêche.

En Environnement et Biodiversité marine, la société Egis-Eau propose des solutions innovantes, ainsi que EcoOcean. (voir dans les annexes)

Il faut citer aussi l'aspect environnemental et écologique lié à la faune piscicole, la pêche, et la biodiversité. Les champs d'éoliennes en mer et leurs fondations, au prix d'une légère adaptation de faible surcoût, peuvent constituer des nurseries à poisson dans de petites réserves naturelles protégées, en ayant un effet très positif, en synergie, pour préserver le milieu naturel de la mer. On peut passer ainsi d'une situation de « conflit d'usage » à un véritable partenariat en « gagnant-gagnant », pour la pêche durable, bénéfique aussi pour l'emploi, pêche, biologie, métiers verts, et tourisme durable.

CONCLUSIONS

❖ *La question des métiers, emplois, compétences et formations, est liée aux projets démonstrateurs,*

Le travail de ma mission d'études a été, suivant la lettre de mission initiale, focalisé sur le sujet de l'emploi, des métiers, des compétences et des formations liés aux énergies marines renouvelables. Cependant il ressort clairement de mes travaux que la question de l'emploi lié aux EMR, ne peut pas être traitée en dehors des projets. **Il n'y a pas d'emploi sans projets et investissements.** Or il y a en France encore très peu de projets créateurs d'emplois en EMR qui soient avérés et achevés pour créer des emplois dans le très court terme (en dehors du programme d'éolien offshore posé).

La question des compétences, et de la formation, est importante, certes, mais il s'avère que cette question ne constitue pas le premier verrou au développement des énergies marines. Il y a, en amont, d'autres obstacles plus importants à lever. **Les potentiels de création d'emplois passeront d'abord par la mise en place et la réussite des projets et des investissements.**

Il est donc indispensable de progresser dans la recherche et dans la mise au point des filières d'où nécessité de démonstrateurs réussis. A ce sujet, le Commissariat Général aux Investissements d'avenir a affirmé son intention de faire preuve de sélectivité. En matière d'énergies marines, un nombre de 4 à 5 projets démonstrateurs au plus sera financé en première phase par le CGI dont la réponse est imminente. Il est impératif que les projets sélectionnés réunissent toutes les chances de succès, pour un développement commercial à moyen terme, et notamment vers l'exportation.

❖ *Impulser une filière (ou plutôt des filières) françaises des EMR : un potentiel et une volonté.*

Les Énergies marines renouvelables présentent un potentiel important à l'échelle mondiale. Les diverses filières sont encore pas suffisamment explorées (sauf l'éolien offshore), donc pas mature. La France a une volonté, justifiée, de développer des filières nationales, créatrices de richesse et d'emploi.

Il y a en France, pour développer les énergies marines et l'emploi, des possibilités et des porteurs de projet, dans les différentes filières. Un vrai savoir-faire industriel existe chez les entreprises françaises, en Offshore,

énergie, hydraulique, transport, câbles (TECHNIP, DCNS, STX, EDF-EN, NEXANS... et de nombreux acteurs innovants).

La France a beaucoup d'atouts, en métropole et en outre-mer, un grand littoral, avec des vents, des courants et de la houle, porteur d'un grand gisement d'énergie, un vaste plateau continental (profondeur inférieure à 200 m) en métropole, des zones maritimes tropicales importantes pour l'énergie thermique des mers.

Il faut souligner le cas des zones insulaires : elles ont des besoins forts d'autonomie énergétique et les EMR y sont plus compétitives qu'en métropole. La Mission est allée l'étudier, sur le terrain, à l'île de la Réunion.

Il existe des filières françaises dans lesquelles notre pays peut jouer de tous ses atouts. Parmi les diverses filières des énergies marines, à court terme (d'ici 2015-2020), ce sont les éoliennes offshore posées qui ont le plus grand potentiel de créations d'emploi. La filière éolienne peut tirer les autres filières des énergies marines, en jouant un rôle de locomotive industrielle.

Il est vrai que l'industrie française de l'éolien n'est pas aujourd'hui en position de leader, mais même si une part notable du matériel nécessaire aux parcs éoliens risque d'être importée, il y a des projets industriels français prêts pour l'action. Plusieurs industriels français ont des projets avancés, pour **participer de façon importante au programme national des éoliennes offshore posées**, (voire aux programmes des pays voisins). Ces projets industriels concernent en particulier les fondations des éoliennes, que ce soit en fondation béton, ou en fondation métallique acier (jacket). La mission a eu connaissance de ces projets, qui comportent des investissements en outils industriels assez importants, à réaliser en France, dans des zones portuaires, pour pouvoir présenter aux promoteurs des futurs parcs éoliens offshore des offres compétitives, dans un esprit de « clé en main » avec une offre globale étudiée et intégrée, à forte valeur ajoutée, en tant qu'ensemblier industriel. Le but est d'offrir une prestation complète, de fondation et pose d'éolienne offshore, intégrant : études, matériaux optimisés, construction et pose des fondations, pose de l'éolienne, logistique et transport, et mise en service et maintenance liée.

❖ 15. LISTE DES DOCUMENTATIONS ET REFERENCES, LISTE DES PERSONNES RENCONTREES ET AUDITIONNEES, SITES INTERNET ETC...

Sources et Documentation

La Mission d'études a utilisé, notamment, les documents suivants:

- Énergie éolienne en mer Recommandations pour une politique Nationale Secrétariat Général de la Mer Décembre 2002
- ECRIN, 2004: L'énergie des mers. *Note de synthèse du 20 octobre 2004.*
- ADEME, 2005: L'énergie des océans. *Note interne du 4 juillet 2005.*
- RAPPORT D'INFORMATION sur l'action de l'État en mer, Par MM. André BOYER et Jean-Guy BRANGER, Sénateurs. (Juin 2005)

- CRES, 2006: Ocean Energy Conversion in Europe Recent advancements and prospects. EU FP6 Coordinated Action on Ocean Energy. *Rapport final du 4 août 2006*.
- IPANEMA, 2008: Déclaration d'intention et appel à fédérer les efforts de développement des énergies marines en France. *Dossier de presse du 17 octobre 2008*.
- EDF, 2008: Les énergies marines: une nouvelle source d'énergie renouvelable pour une production d'électricité sûre et sans CO₂. *Dossier de presse du 17 octobre 2008*.
- SEMREV, 2008: Été 2010, au large des côtes des Pays de la Loire: la première plateforme d'essais en mer pour accueillir des systèmes de production d'énergie électrique à partir des vagues. *Dossier de presse du 25 septembre 2008*.
- ADEME, 2008: Le mix électrique gagnant pour 2020. *Introduction au colloque Eolien, hydroélectricité, grandes centrales solaires, énergies marines: le mix électrique gagnant pour 2020, Semaine Changeons d'ère*.
- EMEC, 2008: Centre Européen pour les Energies Marines, www.emec.org.uk
- Mueller, M., 2008: UKERC Marine (Wave and Tidal Current) Renewable Energy Technology Roadmap, Summary Report.
- Gindroz, B., 2008 : Les Océans : sources d'énergie. Académie de Marine.
- Paillard, M., D. Lacroix et V. Lamblin, 2009 : Energies renouvelables marines: étude prospective à l'horizon 2030. *Editions Quae*, (Ouvrage collectif coordonné par IFREMER).
- Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire, proposition de sites à la Commission Européenne pour la constitution du réseau «Natura 2000» français en mer. Communiqué de presse et carte du 5 novembre 2008, <http://www.natura2000.fr/spip.php?article157>
- IEA OES, 2008 : Rapport annuel.
- Marchand, P., 1985 : L'énergie thermique des mers. IFREMER
- Jourdain, G., et P. Marchand, 2009 : Des énergies marines en Bretagne : à nous de jouer, Conseil économique et social de la Région Bretagne.
- LES ENERGIES MARINES RENOUVELABLES (EMR) POTENTIALITES ET PERSPECTIVES EN BASSE-NORMANDIE RAPPORT présenté au Conseil Economique, Social et Environnemental Régional de Basse-Normandie par Jean-Marie MEULLE Septembre 2010
- REGION BASSE-NORMANDIE - CONSEIL REGIONAL Réunion des 21 et 22 octobre 2010 - COMMUNICATION DU PRESIDENT ENERGIES MARINES RENOUVELABLES : UN CHOIX STRATEGIQUE DE DEVELOPPEMENT POUR LA BASSE-NORMANDIE
- **Note** sur le développement des énergies renouvelables marines, *Secrétariat général de la mer du 29 avril 2009*
- *Secrétariat général de la mer* Livre bleu : Stratégie nationale pour la mer et les océans, décembre 2009. <http://www.sgmer.gouv.fr/>
- GRENELLE DE L'ENVIRONNEMENT Comité opérationnel n° 10, PLAN DE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES À HAUTE QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE 2008 - 2012 - 2020
- Rapport au Parlement, Programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité Période 2009 – 2020, décembre 2009.
- **Arrêté du 15 décembre 2009** relatif à la programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité, en énergies renouvelables
- Eric LEMIERE – Conseiller Entreprises & Innovations, Pôle Emploi Pays de Loire EVALUATION DES BESOINS (MAIN D'ŒUVRE, FORMATION ET INFRASTRUCTURES) DANS LE SECTEUR DES ENERGIES MARINES RENOUVELABLES EN FRANCE, A L'HORIZON 2020
- **Syndicat des énergies Renouvelables** Compte-rendu de la rencontre d'affaires sur l'éolien offshore du 5 Juillet 2010
- **Conseil d'orientation pour l'emploi**, Croissance verte et emploi, 25 janvier 2010, Conseil d'orientation pour l'emploi μ

- **RAPPORT D'INFORMATION** Assemblée nationale sur l'énergie éolienne Mars 2010
<http://www.assemblee-nationale.fr/13/pdf/rap-info/i2398.pdf>
- Rapport « Filières industrielles stratégiques de l'économie verte » MEEDDM/CGDD – mars 2010
 - Rapports du PROJET NATIONAL EMACOP Energies Marines Côtières et Portuaires, Juin 2010
- **Brochure OREG Canada**, Energie Renouvelables des Océans au Canada,
- Exploiter l'énergie des Vagues et des Marées.
- Brochure Ocean of Energy European Energy Association, Roadmap 2010-2050
- Livre Bleu des Engagements du Grenelle de la Mer
- http://www.legrenelle-mer.gouv.fr/IMG/pdf/LIVRE_BLEU_Grenelle_Mer.pdf
- **Cluster Maritime français**, Brochure **2010 2011**
- Lockheed Martin Ocean Thermal Energy Conversion, Renewable and stable power for energy needs of today and tomorrow
http://www.lockheedmartin.com/data/assets/ms2/pdf/OTEC_Brochure.pdf
- **COMPARATIF DES FABRICANTS D'HYDROLIENNES** Septembre 2010 **M. Eric Le mière, Pole Emploi,**
- Étude de CapGeminiConsulting sur les métiers des ENR et de l'éolien...)
- **Etude Price WaterhouseCoopers** sur la filière industrielle de l'éolien Offshore.
- **Journal « Le Marin »** Dossier Spécial Energies marines, du vendredi 26 Novembre 2010
- **La Revue Maritime**, Numéro 484, Dossier les énergies marines Renouvelables.

Sites internet

- **Secrétariat général de la mer.** <http://www.sgmer.gouv.fr/>
- Grenelle de l'Environnement
- http://www.legrenelle-environnement.fr/IMG/pdf/rapport_final_comop_10.pdf
- Grenelle de la Mer, Livre Bleu http://www.legrenelle-mer.gouv.fr/IMG/pdf/LIVRE_BLEU_Grenelle_Mer.pdf
- ADEME www.ademe.fr
- <http://www.slideshare.net/ecotech21/energies-marines-les-actions-de-lademe>
- **Rapport IPANEMA** <http://www.ipanema2008.fr>
- COE, Etudes prospectives emplois verts, et Annexes
- Documents européens
- L'Association Européenne de l'énergie du vent www.ewea.org
- L'Association européenne de l'énergie de l'océan (European Ocean Association) <http://www.euroea.com/>
- Agence Internationale de l'Energie www.iea.org
- Documents des porteurs de projet EMR,
- **IFREMER** <http://www.ifremer.fr>
- Institut de la Mer, www.ifmer.org ou www.ifm.free.fr
- **Région Bretagne** Etude du Conseil régional et Comité économique et social de la Région Bretagne, Printemps 2009, (téléchargeable sur le site Internet www.cesr-bretagne.fr ,
- **Région Basse Normandie** Etude du Comité économique et social http://www.cesr-basse-normandie.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=179:les-energies-marines-renouvelables-potentialites-et-perspectives-en-basse-normandie&catid=68:etudes
- **Pôles de Compétitivité Mer**
- **Pôles de Compétitivité Mer Bretagne** www.pole-mer-bretagne.com
- POLE MER BRETAGNE <http://www.pole-mer-bretagne.com/marenergie.php>
- **Pôles de Compétitivité Mer PACA** www.polemerpaca.com
- **Investissements d'Avenir** <http://investissement-avenir.gouvernement.fr/content/action-projets/les-programmes/emploi-%C3%A9galit%C3%A9-des-chances>
- **Le Syndicat des énergies renouvelables** <http://www.enr.fr/>
- **Constructeurs éoliens**
- VERGNET : <http://www.vergnet.fr/>

- ALIZEO : <http://www.groupe-alizeo.com/>
- Areva Wind www.areva.fr AREVA, qui vient de racheter la société allemande MULTIBRID : <http://www.areva.com/FR/notreoffre-713/turbines-eoliennes-pour-parc-eolien-offshore-solutions-en-energies-renouvelables.html>
- Eoliennes Offshore
- Les préparatifs du zonage éolien offshore en France www.geolittoral.equipement.gouv.fr
- Veille internationale sur les éoliennes offshore www.4coffshore.com
- La Compagnie du Vent www.compagnieduvent.com
- Compagnie du Vent <http://compagnieduvent.com/parcsprojhaute-normandie.html>
- Site éolien offshore des deux cotes <http://www.eoliennes-deux-cotes.com>
- **Enertrag** <http://www.offshore-enertrag.fr/>
- Iberdrola Renovables www.iberdrolarenovables.es
- Nass & Wind Offshore <http://www.nass-et-wind.com/>
- Neoen (filiale de Direct Energie) www.neoen.fr
- Valorem www.valorem-energie.com
- Wpd Offshore France www.wpd-offshore.fr
- Eoliennes flottantes, Nénuphar Wind <http://dl.free.fr/v0NRYmuAJ>
- Houlomotrices énergie des vagues
- Ceto Wave energy <http://www.carnegiewave.com/>
- Pelamis La Réunion <http://www.seawatt.re/>
- SABELLA Hydrohelix <http://energiesdelamer.blogspot.com/2009/12/sabella-d10-la-petite-hydrolienne.html>
- **EDF Energies Nouvelles** www.edf-energies-nouvelles.com
- **EDF** www.edf.fr
- **RTE** <http://www.rte-france.com> RTE pour information sur les réseaux électriques
- ARER Agence réunionnaise des Energies renouvelables <http://www.arer.org/>
- **DCNS** <http://www.dcnsgroup.com/energie/energies-marines-renouvelables/>
- **STX Europe** www.stxeurope.com
- Energie thermique des Mers
- OTEC Ocean thermal energy conversion <http://www.otecnews.org/moreaboutotec.html>

- OTEC Lockheed Martin <http://www.lockheedmartin.com/products/OTEC>
- SAGA University Japon <http://www.ioes.saga-u.ac.jp>
- IFP <http://www.ifpenergiesnouvelles.fr/>
- Technip <http://www.technip.com/fr>
- ALSTOM POWER
http://www.power.alstom.com/home/new_plants/wind/38763.EN.php?languageId=EN&dir=/home/new_plants/wind/
- Ecole Centrale de Nantes, Laboratoire de mécanique des fluides www.ec-nantes.fr
- France Energie Eolienne (FEE) : <http://fee.asso.fr>
- Le cluster maritime français www.cluster-maritime.fr
- Le blog des énergies de la mer [tp://energiesdelamer.blogspot.com](http://energiesdelamer.blogspot.com)
- BZEE (Bildungszentrum für erneuerbare Energien = Centre de Formation pour les Energies Renouvelables), situé à Husum au nord de l'Allemagne. Site internet : <http://www.bzee.de/>
- OREG Ocean Renewable Energy Group, Canada, <http://www.oreg.ca/>
- https://www.oreg.ca/docs/OREG_docs/OREG_Brochure_French.pdf
- Comité de Liaison des Energies Renouvelables (CLER) <http://www.cler.org/info/>
- Bioalgostral Projet Algoturburant Site web www.bioalgostral.com
- Arc Atlantique Groupe Energies marines <http://www.arcatlantique.org>
- Magazine Mer et Marine <http://www.meretmarine.com>
- Le dépliant des EMR, <http://www.science-ethique.org/erm/Depliant-ERM-070510.pdf>
- l'Institut National de la Plongée Professionnelle (INPP) à Marseille (<http://www.inpp.org/fr/>).
- Mastère spécialisé énergies marines Brest ENSIETA <http://www.ensieta.fr/>
- Egis Eau <http://www.egis-eau.fr>
- Ecocean www.ecocean.fr
- Lycée Maritime <http://www.lycee-maritime-nantes.fr>

Remerciements

Organismes & personnes rencontrées

| NOM | Prénom | Fonction | Organisme |
|--|--------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| ADEME | | | |
| BAL | Jean-Louis | Directeur énergies renouvelables | ADEME |
| SCHWARTZ | Virginie | Directeur scientifique | ADEME |
| VAN DE MAELE | Philippe | Président | ADEME |
| AFPA | | | |
| CAÏLA | Philippe | Directeur général | |
| LONGUÉPÉE | Florent | Directeur RSE | |
| Agence économique de Bretagne | | | |
| LENORMENT | Jean-Jacques | | Agence économique de Bretagne |
| ALSTOM | | | |
| AUGONNET | Virginie | | ALSTOM |
| FRANCOIS-XAUSA | Maryse | Vice Président | ALSTOM Hydro |
| COCHET | Philippe | | |
| BIOALGOSTRAL | | | |
| BLERIOT | Laurent | Directeur Général Bioalgastral | BIOALGOSTRAL projet MICROALGUES |
| JANNEL | Samuel | Bioalgastral | BIOALGOSTRAL projet MICROALGUES |
| Bretagne Pôle naval | | | |
| DRIAN | Philippe | | Bretagne Pole naval |
| LHARIDON | Gilles | | Bretagne Pôle naval |
| CAS, Centre d'analyse Stratégique | | | |
| CHRIQUI | Vincent | Département Emploi | CAS, Centre d'analyse Stratégique |
| CCI Brest | | | |
| GUEZENEC | Thierry | Directeur du développement | CCI Brest |

| | | | |
|---|----------|---------------------------|---|
| | | économique | |
| LAURENT | Raoul | Directeur des équipements | CCI Brest |
| PAJOT | Yvon | Vice président Ports | CCI Brest |
| CCI Nantes Saint Nazaire | | | |
| HUG DE LARAUZE | Bruno | Président | CCI Nantes Saint-Nazaire |
| JAN | Philippe | | CCI Nantes Saint-Nazaire |
| CEA | | | |
| LEMAITRE | Eric | | |
| CESE Bretagne | | | |
| TARTARIN | Fanny | | CESE Bretagne |
| CETMEF | | | |
| L'HER | Joël | Directeur | CETMEF Brest |
| CLUSTER MARITIM | | | |
| VALLAT | Francis | Président | Cluster Maritime |
| Commissariat général à l'Investissement | | | |
| FAUCHEUX | | Ivan | Directeur de Programme "Energie, économie circulaire" |
| FINON | | Céline | Conseiller parlementaire |
| COE, Conseil d'Orientation pour l'Emploi | | | |
| CUSSET | | Pierre Yves | Chargé de mission |
| PELÉ | | Louis-Paul | Secrétaire général, membre |
| Conseil régional Pays de Loire | | | |
| CLERGEAU | | Christian | 1er Vice Président |
| BUCHAUD | | Emmanuelle | Vice Président Energie |
| DCNS | | | |
| BOISSIER | | Patrick | Directeur Général |
| PLANCHAIS | | Bernard | Directeur délégué |
| DE MULLENHEIM | | Thierry | Directeur Affaires Publiques |

| | | | |
|---------------------------------|---------------|--|--|
| LE LIDEC | | Frédéric | DCNS énergies Marines et incubateur |
| BŒUF | | Marc | |
| LE BERT | | Jean-François | |
| ECOCEAN | | | |
| LECAILLON | Gilles | Président | ECOCEAN |
| Ecole centrale de Nantes | | | |
| ALESSANDRINI | Bertrand | | Ecole Centrale de Nantes |
| CHADENET | Benoit | | Ecole Centrale de Nantes |
| CLEMENT | Alain | | Ecole Centrale de Nantes |
| ROUSSET | Jean-Marc | Laboratoire de mécanique des fluides | Ecole Centrale de Nantes |
| EDF | | | |
| ABONNEL | Cyril | | EDF filière hydrolienne Paimpol Bréhat |
| DENBY-WILKES | Vincent | | Délégué EDF Bretagne |
| GALLAND | Jean Charles | | EDF filière hydrolienne Paimpol Bréhat |
| EDF Énergies Nouvelles | | | |
| BELLET | Frédéric | | EDF-EN Outremer |
| MORATOGLOU | Paris | Président | EDF EN |
| RINGARD | Charlotte | | EDF Projets la Réunion |
| THEROND | Pierre-Guy | Directeur innovation | EDF EN |
| VAZELLE | Arnaud | Responsable des Energies Marines | EDF-EN |
| EGIS Eau | | | |
| MONIER | Thierry | Directeur du développement chargé d'études développement durable | EGIS Eau |
| PIOCH | Sylvain | | EGIS Eau |
| Energies de la Lune | | | |
| LAFOSSE | Marc | Président | Energies de la Lune Bordeaux |
| ENERTRAG | | | |
| GOUVERNEUR | Philippe | | ENERTRAG |
| ENSIETA | | | |
| JOUANJEAN | Francis | Directeur | ENSIETA |
| IFREMER | | | |
| ANTOINE | Loïc | Directeur adjoint | IFREMER Brest |
| CADORET | Jean-François | Biomasse Marine | IFREMER Nantes |
| DE ROECK Yann-H. | | Plate forme IEDD Ressources minérales et énergétiques | IFREMER Brest |
| LEMOINE | Lionel | | IFREMER Brest |
| YBERT | Sébastien | Plate forme IEDD | IFREMER Brest |
| IFP Energies Nouvelles | | | |
| AVERBUSCH | Daniel | Chef de Projet | IFP Energies Nouvelles |
| HEINZE | Eric | Directeur | IFP Energies Nouvelles |
| VINOT | Simon | | IFP Energies Nouvelles |
| ILE DE LA RÉUNION | | | |
| BALLANDRAS | Jean | SGAR | Préfecture de région |
| DELENCRE | Gildas | Chargé de Mission EMR | ARER Réunion |

| | | | |
|----------|--------------|---------------------|-----------------------------|
| DUMAY | Jean-Charles | Directeur Technique | Projet SWAC |
| GAUTRET | Laurent | Directeur Technique | ARER la Réunion |
| GUEZELLO | Alain | | Conseil Régional La Réunion |
| HALL | Jean-Luc | Directeur adjoint | DRAM La Réunion |
| HUITELEC | Richard | Directeur (pi) | ARER la Réunion |
| LUCAS | Franck | Directeur | IUT de St Pierre |
| ROCHE | Pierre-Alain | | |

INPG

| | | | |
|--------|----------|--|------|
| ACHARD | Jean-Luc | | INPG |
|--------|----------|--|------|

La Compagnie du Vent

| | | | |
|-------|--------------|--|----------------------|
| GERMA | Jean-Michel | | La Compagnie du Vent |
| KOLB | Jean-Mathieu | | La Compagnie du Vent |

Lycées Maritimes

| | | | |
|----------|----------|--|--------------------------------|
| BOTHEREL | Philippe | | Lycée Maritime de Le Guilvinec |
| CLOAREC | | | Lycée Maritime de Nantes |

Ministère de l'Economie & de l'Industrie

| | | | |
|--------------|-------|---|------|
| LEBOULLENGER | Bruno | Chef du bureau technologies de l'Energie DGCS | |
| ROBIN | Yves | Chef du service de l'Industrie | DGCS |

Ministère du travail (Délégation générale à l'emploi et à la formation professionnelle)

| | | | |
|---------|---------------|----------------|-------|
| DUDOME | Marie | | DGEFP |
| ROBINET | Jean-François | Sous-directeur | DGEFP |

NASS & Wind

| | | | |
|--------|----------|--|-------------|
| JEDREC | Stéphane | | NASS & Wind |
|--------|----------|--|-------------|

NENUPHAR-WIND

| | | | |
|--------|---------|--|---------------|
| SMADJA | Charles | | NENUPHAR-WIND |
|--------|---------|--|---------------|

NEON

| | | | |
|--------|------|----------------|------|
| SOULEZ | Côme | Direct Energie | NEON |
|--------|------|----------------|------|

PELAMIS SEAWATT

| | | | |
|---------|---------|------------------------|--|
| GALBOIS | Patrice | actionnaire de Seawatt | |
| THEBAUT | Nicolas | | |
| KUNA | Thierry | Directeur | |

POLE EMPLOI

| | | | |
|----------|-----------|--|---------------------------|
| CHARPY | Christian | Directeur général Pôle Emploi | |
| DELOIZON | Laurent | Conseiller relations institutionnelles | POLE EMPLOI Pays de Loire |
| LEMERLE | Thierry | DGA, en charge du développement durable | |
| LEMIERE | Eric | Chargé de mission Energies renouvelables | POLE EMPLOI Pays de Loire |

Pole mer Bretagne

| | | | |
|-----------|---------|-----------|-------------------|
| POUPON | Patrick | Directeur | Pole mer Bretagne |
| MOULINIER | Hervé | Président | Pole mer Bretagne |

| | | | |
|--|---------------|---|---|
| PRERURE | | | |
| DIEUDONNÉ | Jules | Directeur Energie & Climat | PRERURE |
| DURAND | Rémy | | PRERURE |
| Price Water House Coopers | | | |
| CHAUFFERT-YVART | Alexis | | PriceWaterHouseCoopers |
| KERMARREC | Christian | | PriceWaterHouseCoopers |
| SANDILLON | Gil | | PriceWaterHouseCoopers |
| VIALLE | Olivier | | PriceWaterHouseCoopers |
| R-Marin | | | |
| RIBLIER | Eudes | | R-Marin |
| SABELLA | | | |
| DAVIAU | Jean-François | CEO | SABELLA |
| SAIPEM | | | |
| COLMARD | Christophe | | SAIPEM |
| RUER | Jacques | | SAIPEM |
| TOSELLO | André | | SAIPEM |
| VALENÇON | Claude | | SAIPEM |
| Secrétariat Général à la Mer | | | |
| HERPERS | Frederick | | Secrétariat Général à la Mer |
| STX Europe | | | |
| HARDELEY | Jacques | Directeur Gal STX Europe | STX St-Nazaire |
| VILLAGEOIS | Jean-Rémy | Projet EMR éoliennes off-shore | STX St-Nazaire |
| Syndicat des énergies renouvelables | | | |
| BAL | Jean-Louis | Président élu | SER Syndicat des Energies Renouvelables |
| ROUDIL | Jean-Philippe | Directeur Gal | SER |
| LETTRY | Marion | Directeur Gale Adjointe filière éolienne | SER |
| PERRET | Elodie | Chargée de mission EMR | SER |
| TOTAL | | | |
| RENAULT | Thomas | | TOTAL |
| VALOREM | | | |
| JORDANA | Nathalie | énergies matines | VALOREM Energies |
| BLANDIN | Matthieu | chargé de projet | VALOREM Energies |
| DAVID | Nicolas | chargé de projet | VALOREM Energies |
| BEAULAC | Matthieu | | étudiant, étude énergies marines et hydroliennes |