

Dominique LEMAIRE

-- janvier 2012 --

# LES ÉNERGIES DE LA MER

## Sommaire

- I.- Définitions
- II.- Historique
- III.- Plan gouvernemental
- III.- bis Plan gouvernemental - Remarques diverses
- IV.- Consortium et grands groupes (les acteurs)
- V.- Les matériels
- VI.- Regards sur les pays étrangers (Royaume-Uni, Danemark, Allemagne)

# I.- DÉFINITIONS

## A.- Énergies éoliennes off-shore

Production d'électricité à partir de l'air et du vent en mer, sachant que le vent est très nettement plus fort en mer qu'à terre, car il s'établit sur les vastes étendues libres d'obstacles.

C'est l'énergie cinétique de l'air et des vents qui agit.

Les éoliennes flottantes permettent d'exploiter la ressources sans limites de profondeur et à distance des côtes.

## B.- Énergie marémotrice

Production d'électricité à l'aide des marées. Le flux et le reflux de la marée sont utilisés pour, alternativement, remplir ou vider un bassin de retenue en actionnant des turbines incorporées dans le barrage créant cette retenue.

Donc le dispositif consiste à créer une retenue d'eau artificielle grâce à un barrage fonctionnant dans les deux sens, le barrage crée alors une différence de hauteur d'eau permettant à celle-ci d'être turbinée deux fois par marée, lors du flux et du reflux.

Exemple : En 2011, cela fait plus de 40 ans qu'existe l'usine marémotrice de la Rance (en Bretagne), puissance installée de 240 MW.

*Nota : 2011, regain d'intérêt pour ce type d'énergie avec les concepts innovants de centrales à lagons artificielles, au large ou à bassins multiples.*

## C.- Énergie des vagues

Production d'électricité par effet *holomoteur*. Le vent soufflant sur de grandes surfaces marines crée des vagues. Il concentre ainsi l'énergie éolienne.

La montée de l'eau dans une chambre provoque un flux d'air qui entraîne une turbine reliée à un générateur (tube à air et turbine à air réversible, avec une chambre en béton en partie immergée).

*Nota :*

- La houle peut voyager sur de très longues distances et apporter sur une côte de l'énergie pourtant collectée fort loin.
- L'étude la plus avancée : le PELAMIR, un serpent articulé dont les segments bougent au gré des vagues, actionnant des vérines et produisant de l'électricité

#### **D.- Énergie osmotique**

Production d'électricité au moyen d'une membrane semi-perméable mise en contact avec de l'eau douce sur une face et de l'eau de mer sur une autre face, d'où pression osmotique. Ce phénomène est mis à profit pour récupérer de l'énergie.

Cette « énergie des gradients de salinité » comprend des stations situées à l'embouchure des fleuves. C'est la différence de concentration en sel entre les deux eaux (douce et de mer) qui met en mouvement une membrane semi-perméable, l'eau douce migrant à travers celle-ci.

#### **E.- Énergie des courants de marée**

Utilisation des marées pour la production d'électricité. Les marées provoquent de puissants courants qui sont concentrés en certains endroits près des côtes (détroits, caps, goulets). Sur ces points à courants forts, l'énergie est transformée en électricité par des hydroliennes.

#### **F.- Énergie thermique des marées**

Production d'électricité par les différences thermiques des eaux de mer.

Dans les océans de la zone intertropicale, la différence entre l'eau de surface et l'eau profonde dépasse les vingt degrés centigrades. Et donc, l'utilisation d'une machine thermodynamique permet de convertir une partie de la chaleur de l'eau chaude en énergie électrique.

Les centrales peuvent être installées à terre ou sur des barges flottantes.

#### **G.- Énergie hydrolienne**

Production d'électricité par utilisation de l'énergie des courants marins. La force des courants marins actionne les pales d'un ou plusieurs rotors. L'énergie mécanique produite par la rotation des pôles est transformée en énergie électrique. Les machines sont bien sûr immergées.

#### **Nota :**

- *C'est une énergie qui coûte très cher à l'installation et à l'entretien*
- *Des poissons et des mammifères marins peuvent parfois heurter les hélices*
- *Les hydroliennes créent des zones de turbulences qui modifient la sédimentation et le courant avec de possibles effets sur la flore et la faune*
- *Les hydroliennes sont beaucoup plus petites que les éoliennes et ce pour une même puissance, due à la densité de l'eau (près de mille fois supérieurs à l'air) ; de plus, les courants marins sont prévisibles*
- *En France, EDF estime que l'équivalent de deux réacteurs nucléaires peut être installé au large des côtes françaises*
- *Le système hydrolien s'effectue en trois phases :*
  - 1) les courants marins font tourner les pâles de chaque turbine,*
  - 2) la turbine convertit l'énergie mécanique en énergie électrique,*
  - 3) l'électricité produite par les générateurs descend dans un câble relié au rivage*

- *L'eau accumulée par les brassages est guidée dans des conduits forcés, elle arrive sous pression au niveau des turbines et fait tourner l'alternateur pour convertir cette énergie mécanique en énergie électrique*
- *L'exploitation des énergies marines reste encore balbutiante ; les ressources sont considérables mais quoique difficilement exploitables. Les technologies sont encore expérimentales. Les ressources théoriques en énergie thermique des pays (zones tropicales) atteindraient 80.000 TW/an, soit cinq fois plus que la demande mondiale actuelle en électricité*

## **H.- Biomasse marine**

Les spécialistes des agro carburants s'intéressent à la richesse en acide gras des algues et micro-algues présentes dans les océans. Cultivées à ces fins dans des fermes côtières, elles doivent un jour produire des *alga carburants*.

-==ooξoo==-

## II.- HISTORIQUE

**1869**

Le français BERGÈS propose d'étudier l'hydroélectricité ; il faudra un siècle et demi avant d'agir.

**1966**

Construction de l'usine marémotrice de la Rance à Saint-Malo.

**2000**

EDF commence à s'intéresser aux énergies marines.

**2002**

Olivier JUIN, technicien à Flamanville, présente à EDF un dossier d'utilisation des courants marins pour produire de l'électricité : installation d'hydroliennes sous l'eau produisant un courant non continu, conduit et redressé à terre par un alternateur de type industriel.

**2004**

Lancement du projet de parc hydrolien de Paimpol-Bréhat (cf. Vincent DENBY-WILKES, délégué de l'entreprise d'électricité pour la Bretagne).

**2008**

Le projet de Paimpol-Bréhat débute véritablement : hydrolienne de 1.000 tonnes, diamètre de la turbine 16 mètres, poids de la turbine 100 tonnes.

Turbine fournie par HopenHydro (société irlandaise) ; pales fournies par DNCS Lorient, réalisation tripode et assemblage final par DCNS Brest. Transport sur site par barge fabriquée par STX Lorient.

Coût global : 40 millions d'euros

Turbine posée sur le site de Paimpol-Bréhat fin août début septembre 2011 par 35/40 mètres de profondeur.

La barge de STX Lorient mesure 58 mètres de long, 35 mètres de large et a demandé 26.000 heures de travail. Le projet global de quatre machines aura une puissance de 2MW, soit la consommation de 8.000 foyers.

## 2009

L'Institut français de recherches pour l'exploitation de la mer (IFREMER) estime que les pistes les plus prometteuses sont celles offertes par l'hydrolien off-shore, l'énergie thermique, et en particulier la biomasse marine. Les centaines de millions d'espèces d'algues et de micro-algues pourraient permettre de produire un jour des agros-carburants avec des rendements dix fois supérieurs à celui des oléagineux terrestres.

## 2010 (mai)

Le ministre de l'Écologie, Jean-Louis Borloo, annonce un futur lancement d'appel d'offres au sujet des énergies marines.

## 2020

Prévisions : la France doit tirer 23% de son électricité des énergies renouvelables. 1.200 éoliennes en mer devront produire 6.000 mégawatts.

## 2030/2050

Véritable échéance pour le marché de l'off-shore : car les objectifs en terme de renouvelable dans le mix énergétique, en particulier de l'Union européenne seront tels que l'off-shore sera devenu **INDISPENSABLE**.

-==ooξoo==-

# III.- PLAN GOUVERNEMENTAL

## 2004

Premier appel du gouvernement français pour l'éolien en mer. Aucun résultat.

## 2005

Étude du potentiel énergétique hydrolien du Cotentin à Barfleur.

## 2009 (juillet)

Grenelle de la mer : 600 propositions dont un « plan d'énergie bleue » avec deux sites hydroliens, un site éolien flottant, deux sites d'holomotrice et un site d'énergie thermiques des mers.

## 2009 (août)

Étude du potentiel énergétique hydrolien du Cotentin à Omonville-la-Rogue, Ras Blanchard, large de l'île d'Aurigny (18 kms au large). Le courant au large du Ras Blanchard est de 4,5 m en moyenne, pour 2,5 m à Paimpol-Bréhat.

## 2009 (décembre)

Création, à Brest (Finistère), par le gouvernement de la « plate-forme technologique des énergies marines »

*Nota : Cette création avait été annoncée, au Havre par le président Nicolas SARKOZY, le 16 juillet 2009.*

## 2010 (juin)

Appel à manifestation d'intérêt (AMI) par l'ADEMS (agence pour le développement de l'environnement et de la maîtrise d'énergie) relatif aux technologies d'énergies marines renouvelables sélectionnées.

## 2010 (décembre)

- Accord-cadre de coopération EMR entre Le Havre et Saint-Nazaire.
- Accord de partenariat entre DCNS et EDF Énergies Nouvelles relatif aux EMR

## 2011 (janvier)

- Partenariat franco-français ALSTOM et EDF Énergies Nouvelles pour l'ensemble des zones en jeu.
- Le président Nicolas SARKOZY fixe un nouveau calendrier pour l'éolien en mer (avant les élections).

## 2011 (14 avril)

L'association NEOPOLIA, regroupant 100 industriels, les chantiers navals de Saint-Nazaire (STX France), crée à Saint-Nazaire la nouvelle filière industrielle EMR (énergies marines renouvelables).

## 2011 (13 mai)

Création du premier consortium répondant à l'appel d'offres du gouvernement français : association AREVA, GDF Suez, Vinci (prise en charge Dieppe/Tréport, Fécamp et Courseulles-sur-Mer).

## 2011 (juin)

ARVEA avec l'espagnol IBERDROLA RENEWABLES prend les zones de Saint-Brieuc et de Saint-Nazaire (les champs de 500 à 750 MW de capacité).

## 2011 (11 juillet)

- Lancement du premier appel d'offres de l'éolien en mer par la ministre du Développement durable (Nathalie KOSCIUSKO-MORIZET).
- Implantation de 3.000 MW d'éolien marin sur le littoral français avec installation de 600 machines sur cinq zones au large des côtes de France :
  - Le Tréport / Dieppe (Seine-Maritime) : 750 MW
  - Fécamp (Seine-Maritime) : 500 MW
  - Courseulles-sur-Mer (estuaire de la Seine) : 150 MW
  - Baie de Saint-Brieuc (Côtes-d'Armor) : 500 MW
  - Saint-Nazaire (estuaire de la Loire) : 750 MW
- Coût : 10 milliards d'Euros (pour la première tranche de 3.000 MW). Gestion suivie par la Direction général de l'énergie et du climat (DGEC)

## 2011 (7 et 8 septembre)

Installation, à Paimpol-Bréhat, de la première hydrolienne par 35 m de fond.

## 2011 (fin novembre)

Le Tréport : le plus fort potentiel de vent pour l'installation d'éoliennes off-shore, devient le seul site soumis à l'appel d'offres qui dit « NON » (maire en tête). De ce fait, EDF Énergies Nouvelles, candidat à la construction de 500 éoliennes off-shore vient de renoncer.

## 2012 (11 janvier)

Limite de réception des offres près de la CRE (commission de régulation de l'énergie).

*Nota : Hasard du calendrier, les 11 et 12 janvier 2012 se tient à Bordeaux la « Convention internationale des énergies renouvelables ».*

## **2012 (10 avril)**

Choix des lauréats retenus par le Gouvernement. En attente de la décision, les PNA (Ports Normands Associés) ont votés le budget de 40 millions d'euros pour allonger de 200 mètres le quai des Flamands à Cherbourg.

## **Mi 2015**

Prévision de l'installation des premières éoliennes et hydroliennes en mer dans le Cotentin.

## **2017/1018**

Entrée en projet des premières énergies marines ( si les projet doivent faire l'objet de réserve).

## **Fin 2030**

Le gouvernement vise les 32.000 MW et retombées estimées à 36.000 emplois.

---oo\$oo---

# PLAN GOUVERNEMENTAL

## REMARQUES DIVERSES

### DONNEES DIVERSES

- AREVA a envisagé, en 2011, la construction d'une ligne de fabrication et de production de pâles et de nacelles (a priori à Cherbourg, Le Havre et Dunkerque).
- Le coût de production de l'hydrolien serait équivalent à celui de l'éolien off-shore (en 2011, entre 160 et 180 MW).
- La France ne compte aucun fabricant de turbines dans le « Top 10 » mondial. De plus, elle n'est guère présente dans les activités importantes à forte valeur ajoutée comme la fabrication des nacelles, des rotors, des pâles.
- La puissance du courant du Raz Blanchard (La Hague) concentre à elle seule la moitié (50%) des capacités de production française en électricité hydrolienne. Un réseau d'usager des « États d'Aurigny » veut aussi s'associer à cette mine d'or liquide. En théorie, le Raz Blanchard est assez puissant, selon la société marseillaise GEOCEAN pour faire tourner 600 hydroliennes.
- La première hydrolienne immergée en France le fut les 7 et 8 septembre 2011 au large de Paimpol-Bréhat par un fond de 35 mètres (poids 80 tonnes et 920 tonnes de lest). Trois autres hydroliennes sur le même champ sont prévues courant 2012.
- En 2020, la facture d'électricité des ménages français sera alourdie de 5 à 16,50 € compte tenu des niveaux de puissance et de prix retenu, et ce via la fameuse CSPE (contribution aux charges de service public de l'électricité).
- Le jeudi 29 septembre 2011, le groupement « AREVA – GDF/SUEZ – VINCI – IBERDROLIA – TECHNIC » annonce le choix du port du Havre pour sa future usine d'éoliennes marines (fabrication des pâles et assemblage des nacelles). Sur 60 hectares, ce sera son premier site de fabrication en faveur de l'énergie marine en France (son second site mondial). Ouverture horizon 2015/2016. Prévisions : 1.000 postes et 3/4.000 emplois induits.  
Le port de Cherbourg, déçu, entame des discussions de suivi avec un second consortium industriel comprenant ALSTOM, EDF Énergies Nouvelles, le danois DONG ENERGY, NASS Off Shore, Power ENR, WED Off-Shore.
- L'hydrolien est un marché riche d'environ 100 GW dans le monde (3 à 5 GW en France, et 10 à 15 GW au Royaume-Uni).
- Production /consommation annuelle en France : 570 TWh par 65 millions d'habitants (Europe : environ 3.000 TWh pour 400 millions d'habitants).

- Potentiel hydrolien théorique : selon une étude européenne réalisé en 1996, le potentiel électrique européen exploitable est estimée à 12,5 GW qui pourrait produire 48 TWh annuel (en France : 3 GW – source EDF, au Royaume-Unis : 6 GW, source ERDF).
- Rentabilité de l'énergie hydrolienne pour 1 MW installé : prix de racher du MWh hydrolien : 150 € pendant 20 ans, équivalent pleine puissance estimée par année 3.000 MWh ; chiffre d'affaires résultat : 450.000 €. A signaler qu'il s'agit d'un ordre de grandeur approximatif qui ne tient pas compte des frais de transport et de distribution.
- Notions sur les prix de l'électricité (prix du MWh) : 1 MWh
  - Nucléaire en sortie d'usine : 30 à 40 €
  - Éolien terrestre : 82 €
  - Éolien off-shore ou hydrolien : 150 €
  - Solaire photopholtaïque (au sol) : 286 à 352 €
  - Solaire photovoltaïque : (bâtiment) : 370 à 580 €
  - Solaire thermodynamique : 328 €
  - Biomasse : 125 à 175 €(chiffres : octobre 2011).
- Ordre de grandeur :
  - Le watt (en joule par seconde) = une ampoule de lampe de poche
  - Le kilowatt (1.000 watt) = un petit radiateur électrique, un aspirateur ou un panneau voltaïque de 100 m<sup>2</sup> bien orienté et ensoleillé
  - Le mégawatt (1.000.000 watt) = une éolienne de 60 m de diamètre, une grosse hydrolienne ou trois gros camions
  - Le gigawatt (1.000.000.000 watt) = la puissance électrique d'une tranche nucléaire
  - Le térawatt (1.000.000.000.000 watt) = il faut simplement signaler qu'en France nous disposons d'une puissance de 0,1 TW
- Cherbourg : le 4 novembre 2011, le consortium industriel avec ALSTOM comme chef de file annonce son intention de s'implanter par l'EMR dans les zones portuaires de Saint-Nazaire et de Cherbourg.
  - Les points forts de Cherbourg sont :
    - 1/ un bassin capable d'accueillir de grands navires
    - 2/ une très bonne accessibilité aux futurs parcs éoliens
    - 3/ une configuration portuaire qui protège de la houle et libère des contraintes de la drague
    - 4/ une disponibilité foncière importante
    - 5/ une importante réserve de quais
    - 6/ un grand potentiel de main d'œuvre et de sous-traitants

7/ à Cherbourg plus de 140 entreprises identifiées pour compétences transférables à l'off-shore : 220 mètres de quai, port des Flamands ; zone de 33 hectares, terre-plein des Mielles Collignon (ancien fort des Flamands)

Cherbourg signale également son expérience industrielle de construction de plateforme en mer au bénéfice de l'industrie pétrolière (de 1973 à 1985) avec 1.000 personnes employées. Par ailleurs, des réunions de concertation ont déjà eu lieu (8 avril et 23 mai 2011) par la MIRIALE (mission régionale pour l'innovation et l'action de développement économique) avec dix-huit donneurs d'ordres et plus de cinquante PME.

Cherbourg souhaite être un site de production de mâts et de pâles, ainsi que leader pour l'assemblage des turbines. Quant à Saint-Nazaire, il serait un site d'implantation, de fabrication des nacelles et d'alternateurs, accompagné de la création d'un centre d'ingénierie. Sur les deux ports, ALSTOM est prêt à investir 100 millions d'euros globalement. Chaque port espère 500 emplois directs et 2.000 emplois induits.

2012 : Test du premier prototype de l'éolienne marine d'ALSTOM « HALIADE 150 » et mise en mer d'une seconde machine.

2013 : Préséries

2014 : Production en série

- Novembre 2011 : Le Havre fait savoir que son ambition est de réunir les trois compétences de l'EMR sur une superficie de 60 hectares, à savoir :
    - 1/ construction de mâts, fondations et turbines
    - 2/ études et expérimentation des nouveaux modèles et des problèmes de formation
    - 3/ toutes logistiques de pose et de stockage d'éoliennes
  - Un parc éolien off-shore de cinquante machines génère pendant son implantation environ 480 à 500 emplois pour une durée de 18 à 24 mois.
  - En Europe, début 2011, déjà un millier d'installations en mer.
  - Sur les six premiers mois de l'année 2010, 118 nouvelles turbines totalisant 333 MW. Fin 2011, 16 fermes en construction pour une production de 4.000 MW.
  - L'association européenne de l'énergie éolienne (EVEA) s'est fixée comme objectif d'installer 40.000 MW d'ici 2020. Elle table même sur 100.000 MW d'ici 2030.
  - En 2010, en Europe, 830 turbines en 28 fermes tournent dans neuf pays en énergie éolienne off-shore, 52 autres sont en projet. La France reste avec un important retard en comparaison d'autres pays sur les énergies marines, en particulier sur l'éolien off-shore, et ce malgré ses 5.800 kilomètres (métropole uniquement) de côtes souvent bien ventées.
  - A noter que l'éolien en mer se heurte à des contestations. Beaucoup de création de comités anti-éoliens en mer, nombre de projets sont retardés de ce fait.

Les contestations sont : des frondes régionales, des rejets venant des pêcheurs (professionnels et plaisanciers), version beaucoup amendée de projets ; mauvais accueil par les élus ; difficultés pour la navigation ; crainte sur la protection de la faune et de la flore de la part des écologistes ; riverains soucieux de conserver intacte la vue qu'ils ont sur l'horizon, etc.
  - Le coût moyen de l'électricité off-shore s'élève à 3,5 millions d'euros en mer, contre 1,5 millions d'euros pour l'éolien terrestre.
  - Les retombées industrielles devraient peser à hauteur de 40% dans les critères d'attributions des projets, contre 40% pour le prix et 20% pour les autres critères (aménagement, sécurité, entretien, lutte anti-nuisance, ...).
- Seront privilégiées les turbines à grande puissance afin de limiter l'espace en mer.

**Dernières minutes**

- A/ Le préfet hors-cadre Jean-Pierre LAFLAQUIÈRE, ex-préfet de la Manche (février 2009 à juillet 2011) a été nommé « Délégué général – Ambassadeur et coordonnateur du département de la Manche pour les énergies marines renouvelables » (décision janvier 2012 du Conseil régional de Basse-Normandie et du Conseil général de la Manche, ainsi que de la Communauté urbaine de Cherbourg).
- B/ L'hydrolienne prototype de Bréhat a achevé sa première période de test fin janvier 2012, après une immersion de trois mois. L'hydrolienne d'OpenHydro a regagné Brest sur la barge de transport et de manutention, réalisée par DCNS Brest, baptisée « TRISKELL ».
- C/ Désormais (janvier 2012), les éoliennes en mer ne relèvent plus du Code de l'urbanisme. Elles sont dorénavant dispensées de permis de construire ; mais les dispositions de la loi sur l'eau demeurent.

-==oo§oo==-

# IV.- CONSORTIUM ET GRANDS GROUPES

## **A.- Acteurs humains**

(tous ont une responsabilité dans le cadre des EMR)

ABONNEL, Cyril .....	Responsable chez EDF dans le cadre des EMR
BEAUVAIS, Laurent .....	Président du Conseil général de Basse-Normandie
BESSON, Eric .....	Ministre de l'Industrie
BREZELLE, Danielle .....	Maire de Ploubazlanec
BRIDON, Jérôme .....	Responsable ALTSTOM du projet Cherbourg – Saint-Nazaire
CAMUS, Jean-Claude .....	Président CCI Cherbourg Cotentin
CASTAING .....	Président du grand port maritime du Havre
CAZENEUVE, Bernard.....	Député-maire de Cherbourg
CHAUFFERT-YVART, Alexis.....	Associé chez PWC
COCHET, Philippe.....	Senior-president d'ALSTOM Hydro and wind
CORCHIA, David .....	Directeur général d'EDF Énergies Nouvelles
CORNEDE, Hervé.....	Directeur commercial du port du Havre
DENDY-WILKES, Vincent .....	Délégué général de l'entreprise Electricité pour la Bretagne
DENEKEN, Arthur .....	Président du conseil municipal de Bremerhaven (Allemagne), port jumelé à Cherbourg
FACQ, Gérald .....	Conseiller du Délégué régional EDF Normandie
FRANCK, Roger.....	Technicien d'études – plongeur (GEOOCEAN)
GALLAND, Charles.....	Chargé du développement de l'hydrolien chez EDF
GICQUAIRE, Cyrille.....	Gérant de GEOOCEAN
HEMBURY, Yannick .....	Président du comité local des pêches de Paimpol, Bréhat, Lannion
HENDRICK, Frédéric.....	Vice-président d'ALSTOM -Wind
HENRY, Madelon.....	Directrice du secteur entreprises/territoires de la Chambre consulaire de Cherbourg
HUBY, Jean.....	Directeur adjoint du pôle énergies nouvelles d'AREVA
HUBY, Joël.....	Directeur de l'activité éolienne d'AREVA
JUIN, Olivier .....	Technicien EDF, salle de conduite Flamanville, autodidacte, présentateur de dossier EMR
KAREL, Christian .....	Directeur de l'association européenne de l'ensemble éolien
KOLTE, Jean-Philippe .....	Directeur des activités off-shore à la compagnie du vent
KOSIUSCKO-MORISSET, Nathalie.....	Ministre du Développement durable, de l'écologie, des transports et du logement
LAUVERGEON, Anne .....	Ex-présidente du directoire d'AREVA

LE LIDEC, Frédéric .....	DNCS. Responsable de l'incubateur consacré aux énergies marines
LE VERN, Alain.....	Président du Conseil régional de Haute-Normandie
LEGRAND, Jean-François.....	Président du Conseil général de la Manche
MARSET, Bertrand .....	Directeur de l'aménagement et de l'environnement des ponts normands associés (PNA)
MERCHER, Gérard.....	Responsable de « Havre-Développement » (Port, CCI, ville, agglomération)
MORVAN, Richard.....	Directeur adjoint de la BMO
NEYME, Eric .....	Délégué régional EDF Normandie
NICOLLE, Fabienne.....	Directrice de la communication d'EDF Normandie
OURSEL, Luc.....	Président du directoire d'AREVA
PAILLARD, Michel.....	Expert des EMR à IFREMER
PECRESSE, Jérôme .....	Président d'ALSTOM-Energies renouvelables, et vice-président de l'exécutif d'ALSTOM
PELLETEUR, Jean-Claude.....	Président de NEOPOLIA (association dédiée aux EMR)
PHILIPPE, Édouard .....	Maire (UMP) du Havre
SENES, Thierry.....	Directeur du projet « NORTEKMED »
SEVIN, Jean-Michel .....	Directeur général des ports normands associés
SRIVASTAUR, Amil .....	Président d'AREVA Renouvelables
STROUGHT, Stuart .....	Président des États d'Aurigny
TRENET, Bernard.....	Vice-président du Conseil général de la Manche
TROUILLET, Jacques .....	Directeur général de la CCI Cherbourg-Cotentin
URSAT, Xavier .....	Directeur délégué de la production hydraulique d'EDF
ZIMMERMANN, Franck.....	Directeur financier de SIMENS Wind Power

## **B.- Acteurs industriels**

### **B.1.- Étrangers**

Opérateur allemand ENERTRAG  
Opérateur allemand EON  
Opérateur allemand SIEMENS  
Opérateur danois DOUG ENERGY  
Opérateur danois KEMA  
Opérateur danois VESTAS  
Opérateur danois WAYS STAR ENERGY  
Opérateur écossais OCEAN POWER DELIVERY  
Opérateur espagnol IBERDROLA RENAWABLES  
Opérateur irlandais OPENHYDRO  
Opérateur japonais MITSUBISHI  
Opérateur portugais EDP  
Opérateur portugais ENERSIS  
Opérateur suédois WATTENFALL

## **B.2.- Autres (consortium – français)**

ALSTOM Hydro and Wind

AREVA

BARD

CONVERTEAM

GAMESA

GDF/SUEZ

Groupe BOUYGUES

Groupe public DCNS

Institut de recherche technologiques Jules VERNE

NEXANS (câbles)

Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques (OPEST)

REPOWER

Société bretonne SADELLA

Société GÉO-OCÉAN (Cassis-Marseille)

TECHNIF

VINCI

## **B.3.- Fabricants de turbines**

AREVA WIND (turbines multibrid)

BARD

REPOWE

SIEMENS

VESTAS

---oo§oo---

# V.- LES MATERIELS

## A.- Les éoliennes

En général, une éolienne c'est :

- un mât (50 à 160 mètres de haut)
- au sommet, une nacelle équipée d'un rotor à axe horizontal, à trois pâles (11 à 60 mètres), mises en rotation par la force du vent
- diamètre du cercle balayé par les pâles : de 40 à 120 mètres
- pâles tournant à 21 tours/minute (l'énergie « mécanique » produite est transformée en énergie « électrique » dans la nacelle grâce à une génératrice)

Off-shore :

- culmine à 160 mètres de hauteur à bout de pale
- poids : 600 tonnes
- partie émergée culmine à 90 mètres ; partie immergée à 70 mètres, dont 30 sous le fond de la mer
- distance moyenne entre deux éoliennes off-shore : 800 mètres
- fondations en béton d'un poids minimum de 3.000 tonnes
- 50 éoliennes off-shore représentent une surface d'environ 25 km<sup>2</sup>
- au large, minimum 8 km des côtes, en général entre 16 et 20
- enrochement et installation de récifs artificiels au pied des machines (toujours de préférence à l'utilisation de vieilles épaves)
- récupération de l'électricité par câblage ; obligation de s'assurer de l'existence sur place d'une capacité électrique susceptible de bien absorber la production d'un parc éolien off-shore
- les éoliennes d'ALSTOM, baptisée « HALINDE 150 » (puissance de 6 MW de nouvelle génération chacune d'elle) capable d'alimenter en électricité 5.000 foyers. Machine simple, robuste, basée sur une technologie d'alternateurs aimantés permanents. Pâles (les plus longues) de 73,5 mètres.

## B.- L'hydrolien

Hydrolienne « expérimentale » assemblée à Brest (Finistère) mise en place au large de Bréhat (Côtes d'Armor) : comprend : une base de gravité, un chargeur, un générateur, une gaine, une turbine (invisible à la surface de l'eau). Installation sur les blocs de béton à 18 kms de la côte et à 35 mètres sur le fond de l'océan

*Nota : Equivalent d'un immeuble de 7 étages ; la turbine a 16 mètres de diamètre (2 Airbus) ; sans la turbine, une tripode en acier de 5 mètres de haut (qui constitue les fondations). Turbine en composite résistant à la corrosion de l'eau de mer.*

*Réponse au projet européen « RER 300 » (faisabilité d'une pâle en composite, réalisée avec un procédé d'infusion. La turbine est évidée dans son centre pour permettre le passage des poissons, dans le cadre de la protection de l'environnement.*

Dans sa généralité, le matériel d'un système hydrolien comprend : une turbine, une tour rotative, une nacelle, un générateur électrique, un multiplicateur de vitesse, une pile, un câblage (permettant le transport de l'électricité sous-marine vers la terre), un poste à terre de récupération de l'électricité.

La turbine peut être fixée sur des blocs lestés reposant sur le fond de l'eau. Chaque section de turbine compte quatre lames hélicoïdales construites en matériaux composites, résistants à l'eau salée.

Grâce à sa forme hélicoïdale, il y a toujours une portion de la lame qui engendre une force maximale autour de l'axe et cela garantit une rotation constante.

Les ballasts remplis d'eau permettent, eux, de remonter la turbine pour l'entretien. Ces ballasts-réservoirs, remplis d'eau de mer, amènent la structure sur le fond de l'océan et la stabilise.

A noter que l'on peut empiler quatre turbines l'une sur l'autre et les aligner au fond de la mer pour produire d'avantage d'électricité.

### **C.- Marémotrice**

A marée montante, l'eau passe à travers les anneaux dont portes sont couvertes ; elle est retenue par le barrage lorsque la marée redescend.

Quand le niveau de la mer est suffisamment haut, l'eau retenue est relâchée à travers les turbines qui génèrent l'électricité.

Il faut noter qu'un barrage peut aussi produire de l'électricité à marée montante, il faut alors tourner les turbines en sens inverse.

===00§00===

# VI.- REGARDS SUR LES PAYS ETRANGERS (ROYAUME-UNI, DANEMARK, ALLEMAGNE)

## A.- Royaume-Uni

Dans la course aux « moulins de la mer », la Grande-Bretagne représente 60% des nouveaux chantiers, devant le Danemark, la Belgique, l'Allemagne. Le Royaume dispose d'ores et déjà de 900 MW d'énergie marine. Son objectif est de 7.000 éoliennes pour un parc de 33 GW.

Ce pays veut atteindre le plus grand marché de l'éolien en mer du vieux continent (devant le Danemark et les Pays-Bas) avec 1,3 GW de capacité installés sur les côtes britanniques.

Le gouvernement anglais a donné son feu vert pour l'installation d'un parc de 32.000 MW (qui devra être équipée d'éoliennes à forte puissance). Un marché où tous les fabricants cherchent à accroître la capacité de génération d'électricité de turbines (le danois NESTAS veut faire la course en tête).

A noter :

- le développement du « champ de Norfolk » (société espagnole IBERDROLA avec VATTENFALL) 7.200 MW en prévision
- quatre parcs d'éolien off-shore au Nord de l'Écosse (intérêt très vif des opérateurs)
- le plus grand parc éolien off-shore au lard du Kent (avec 341 turbines). Construction par le groupe anglo-suédois VATTENFALL. Coût : 918 millions d'euros, avec alimentation de 240.000 foyers (en Angleterre : 12 importants parcs off-shore sur les 250 parcs éoliens globaux).

Création de l'usine marémotrice géante dans l'estuaire de la rivière SEVERN (entre l'Angleterre et le Pays de Galle), avec quatre sites annexes d'usines marémotrices (à savoir, Brookley barrage avec 0,62 GW, Shoots barrage avec 1,05 GW, Flevoy Logeur avec 1,36 GW, Bridge Water Bay Lagoon avec 1,36 GW, soit 8,6 GW). C'est l'équivalent correspondant à une puissance équivalente à cinq réacteurs nucléaires EPR.

Les chiffres-clés de cet ensemble marémotrique dit de « Cardiff-Weston » est de 216 turbines, 13 mètres d'amplitude des marées, durée d'exploitation prévue de 120 ans, coûts de 13,6 à 22,22 milliards de livres.

*Nota : La durée de vie est réaliste comme le prouvent les quarante années de fonctionnement de l'usine marémotrice de la Rance en Bretagne. Cette transformation de l'énergie des marées en électricité avec le même principe de fonctionnement qu'à la Rance, qui a servi de modèle. Seule l'échelle entre Rance et Severn diffère. Les 216 turbines anglaises fournissent 35 fois plus de courant électrique que l'usine bretonne.*

## **B.- Danemark**

C'est le plus le plus en pointe au monde (études, recherches, réalisations) en matière d'énergie marine, et surtout de l'éolien en mer.

L'opérateur danois VESTAS a annoncé, fin mars 2011, le lancement d'un « monstre » de 7 MW dont, à titre d'exemple, le diamètre du rotor atteint cent soixante-quatre (164) mètres.

Le Danemark étudie la construction de gigantesques retenues d'eau **en mer**, à la façon des îles coralliennes. Ils espèrent stocker l'énergie intermittente de leurs grands parcs éoliens marins (atolls artificiels de stockage d'électricité).

L'opérateur danois WAVE STAR ENERGIE, dans l'île du Jutland, Nord-Ouest du Danemark, a testé depuis juillet 2006 une machine qui produit de l'électricité à partir des vagues. Le prototype (dix fois plus petit que le dispositif final) fonctionne à merveille. Il a essuyé déjà douze tempêtes et atteint 12.000 heures de fonctionnement.

Le principe est celui de bouées cylindriques reliées à un ponton fixé au fond de la mer par un axe hydraulique. Les bouées montent et descendent avec le mouvement des vagues, compressant et décompressant le liquide de retenu dans l'axe hydraulique. Cela permet de tourner un rotor et un générateur d'électricité. Le prototype comprend 40 bouées de 1 mètre de diamètre et produit 5,5 MW (en multipliant les bouées par cinq, on produit 280 plus d'électricité). Au final, 40 bouées (de 15 mètres de diamètres) peuvent fonctionner dans des vagues de 23 mètres et produire 24 MW.

## **C.- Allemagne**

Le pays souhaite installer 10 GW de capacité off-shore d'ici 2020. En Mer Baltique, il y a quatorze projets dont un seul est en fonctionnement et cinq ont une autorisation, et en Mer du Nord, trois parcs fonctionnent totalement ; dix-sept ont obtenu une autorisation et quarante-huit sont en attente d'autorisation.

Les allemands ont fait le constat que l'éolien en mer ne dépare aucun paysage. De plus, en raison de la puissance unitaire qui peuvent aller jusqu'à 5 ou 7 MW, les parcs éoliens off-shore doivent comprendre un nombre limité de machines.

Une éolienne off-shore géante (128 mètres de diamètre), après avoir été testée à Brunsbuttel, dans le Schleswig-Holstein, a été installée en pleine Mer du Nord dès 2006. Un monstre au pied marin.

Les éoliennes off-shore du parc de l'opérateur ALPHA VENTAS sont des « géants » de 120 mètres de haut, avec des pâles d'un peu plus de 63 mètres de long.

En Allemagne, AREVA Wind (créée en 2005), filiale d'AREVA Energie a acheté la société MULTIBRADS, un grand constructeur de turbines pour les éoliennes en mer.

A Bremerhaven, l'entreprise possède une usine d'assemblage des différents éléments des machines (mâts, pâles, nacelle). De plus AREVA Wind a réalisé un parc d'éolien marin de démonstration à 40 kms au large des côtes allemandes, dénommé « ALPHA VENTU » et affiche l'ambition de détenir le quart du marché européen (1.200 emplois directs déjà créés à Bremerhaven et 3.000 emplois supplémentaires dans les prochaines années). L'usine utilise une surface de 200 hectares. En 2015, entrée en service d'un nouveau port, en construction depuis 2009.

Le Parlement allemand prévoit la construction de 30 parcs éoliens off-shore d'ici 2030 en Mer du Nord et en Mer Baltique ; en Mer du Nord, premier parc de douze éoliennes off-shore à 45 kms au Nord de l'île de Borkum et à une profondeur de 30 mètres ; puissance de 60 MW permettant de répondre aux besoins d'électricité de 50.000 foyers.

#### **D.- Autres pays**

- Canada .....Parc off-shore au nord canadien en Baie de Fundy
- Chine.....Se déclare intéressée par les énergies marines à moyen-terme, mais a déjà en construction des parcs d'une puissance de 36 GW à échéance 2020
- États-Unis.....Parcs éoliens en construction (moyen terme) dans l'état de Washington
- Portugal .....Son gouvernement a investi 2,5 milliards d'euros, sur plusieurs années pour l'ensemble des énergies renouvelables. Une centrale houlomotrice a été installée au large de la ville de Povoia de Varzia, à 320 kms au Nord de Lisbonne, en 2005, par le consortium portugais emmené par ENERSIS, filiale du cimentier SEMAPA Elle comprend trois puissants générateurs fournis par la société écossaise OCEAN POWER DELIVERY. Coûts : 8 millions d'euros. Production : 2,25 MW, réponds aux besoins de 1.500 foyers.  
ENERSIS a également mis sur place, en 2006, un parc de « serpents de mer » hydroélectrique (30 POLARIS), qui occupe 1 km<sup>2</sup>, génère 30 MW et alimente 20.000 foyers. Le gouvernement portugais souhaite que ce type d'énergie fournisse 20% des besoins des 10 millions d'habitants.
- Suède .....Prévoit une puissance de 40 à 55% d'énergies renouvelables (y compris marine, d'ici 2020. Déjà un important parc éolien off-shore dans le détroit d'Oresund, entre Danemark et Suède

*Nota : En 2010, 308 éoliennes off-shore ont été installées en mer en Europe, pour un investissement de 2,6 milliards d'euros.*

*En 2010, 17 pays européens ont investis, peu ou beaucoup, dans les énergies marines.*

===oo§oo===