

Synthèse du Colloque SHF « Energies Marines Renouvelables » - EMR 2013 Brest, 9 et 10 octobre 2013

Denis AELBRECHT¹, Michel PAILLARD²

¹ EDF-CIH

² Ifremer

Le colloque « Energies Marines Renouvelables » EMR-2013 s'est tenu à Brest les 9 et 10 octobre 2013, et a été organisé par la SHF en partenariat avec IFREMER, EDF, France-Energies-Marines, l'ENSTA Bretagne, et avec le soutien de Brest-Métropole-Océane, de la Région Bretagne, du Pôle Mer Bretagne et du Conseil Général du Finistère, et de l'AFM. Ce colloque a rassemblé plus de 200 participants, issus en grande majorité de la communauté francophone des EMR (constructeurs, opérateurs industriels, organismes de recherche, laboratoires, associations), avec également quelques représentants étrangers (Grande-Bretagne, Irlande, Corée du Sud).

Nos sociétés s'interrogent sur les meilleurs choix énergétiques pour le long terme, et des initiatives institutionnelles émergent et commencent à structurer progressivement l'activité de développement des filières d'énergies renouvelables en général, et d'énergies marines en particulier :

- Directive européenne sur les Energies Renouvelables
- Grenelle de l'Environnement et Grenelle de la Mer
- Débat national sur la transition énergétique
- Plusieurs appels à manifestation d'intérêt (AMI) de l'Etat dont le dernier en vue de l'expérimentation de fermes pilote hydroliennes
- Appels d'offre pour le développement de sites éolien offshore de grande ampleur

Dans ce contexte de forte vitalité, le colloque a été l'occasion d'offrir un panorama le plus à jour possible (1) des développements des technologies et des projets ou démonstrateurs ou tests des différentes filières EMR : hydrolien, houlomoteur, marémoteur, éolien offshore, énergie thermique des mers, climatisation par eau de mer profonde, stockage d'énergie par les STEP¹ marines, et (2) des questions et enjeux à considérer, qu'ils soient d'ordre technologique, industriel, socio-environnemental, économique et juridique.

Le colloque était structuré selon 5 sessions, et la présente synthèse s'efforce d'en rapporter les principales conclusions « opérationnelles », dans le sens où elle doit permettre d'orienter le rôle que la SHF pourrait jouer, dans les années à venir, en appui à la structuration des filières françaises d'EMR.

I. EVALUER LE POTENTIEL ET LES RESSOURCES : PASSER DU RÊVE À LA RÉALITÉ TECHNIQUEMENT EXPLOITABLE

Parmi les différentes ressources énergétiques renouvelables, les énergies marines pourraient contribuer progressivement de façon significative au mix énergétique à partir

des années 2020. Elles constitueraient ainsi, également, l'un des leviers majeurs pour la réduction des émissions de GES.

Toutefois malgré une importante ressource naturelle mondiale positionnant les énergies marines parmi les filières EnR très prometteuses, il subsiste de fortes incertitudes sur le niveau du potentiel techniquement exploitable (PTE). Ce PTE devrait d'ailleurs croître au fur et à mesure du développement des technologies. Ce PTE sera également contraint par les impacts environnementaux et sociétaux des différentes filières.

Ainsi, pour mémoire, nous pouvons retenir quelques évaluations de ces potentiels :

- Hydrolien : 3-4 GW en France pour 10 à 15 TWh/an ; 8-10 GW en UK (France et UK représentent 80% du potentiel Europe).

- Houlomoteur : 10 à 15 GW (10% du potentiel théorique) en France alors que le PTE mondial serait de l'ordre de 10% de la demande mondiale d'électricité.

- Energie Thermique des Mers (ETM) : potentiel naturel gigantesque (plusieurs dizaines de milliers de TWh/an) restreint aux zones intertropicales (DOM-TOM pour la France). Un développement à proximité des côtes en réduit considérablement le PTE. Du fait à la fois d'un intérêt historique en France et des projets de démonstration en outre-mer, il existe une opportunité d'exporter une technologie française en cours de développement

- SWAC : l'utilisation de l'eau froide profonde pour la climatisation est d'ores et déjà une réalité (Polynésie notamment). Un développement est attendu car il permet des économies d'énergies considérables (Polynésie, Réunion,...).

- Eolien offshore : avec le développement de l'éolien flottant, le potentiel exploitable de l'éolien offshore sera très sensiblement augmenté avec de moindres contraintes environnementales et sociétales. Quelques milliers de TWh/an au niveau mondial sont avancés par certaines études...

- L'énergie marémotrice n'a pas été reconsidérée lors de l'étude prospective récente EMR de FEM/Indicta. Toutefois l'étude prospective EMR à 2030 coordonnée par l'Ifremer (Editions Quae 2009) avait conduit à évoquer un réintérêt possible pour cette ressource. Lors du colloque plusieurs présentations montrent que l'énergie marémotrice est une option à ré-ouvrir et à ré-examiner dans un climat dépassionné et objectivé sur la question socio-environnementale (cf. session 5).

Indicta évalue aujourd'hui le PTE mondial des EMR à environ 20.000 TWh/an actant ainsi le potentiel gigantesque des EMR qui pourrait représenter à l'horizon 2050, 15 % du mix énergétique aux cotés des autres EnR. Bref, des évaluations de ressources à faire rêver, mais à confronter à la réalité vécue sur le terrain des projets pilotes ; la mer reste

1. STEP : Station de Transfert d'Énergie par Pompage.

un milieu agressif et hostile, et les moyens pour y faire face sont lourds et doivent être robustes.

Ainsi de nombreuses études sont menées afin de développer des outils d'évaluation de la ressource à différentes échelles et notamment à une échelle significative pour des projets industriels (climatologies adaptées au dimensionnement). Des études sont également menées sur des outils de prévision de la production d'un parc (potentiel technico-économique), outil indispensable au développeur et au gestionnaire de réseau (fourchettes de valeurs - incertitudes). Par ailleurs, le développement de techniques de stockage permettrait d'augmenter de façon significative la part de renouvelables dans le mix énergétique. A cet égard, les expérimentations de STEP marines pourraient ouvrir des perspectives qu'il convient de considérer.

II. LES AVANCÉES TECHNOLOGIQUES : LA ROBUSTESSE DES CONCEPTS EST UN IMPÉRATIF

Le développement de l'éolien offshore à échelle industrielle date de la fin des années 90, et offre un retour d'expérience de son développement, riche en enseignements et valorisable pour le développement des énergies marines, peut se résumer ainsi :

- la physique reste maîtresse du jeu : avec un productible en $r.V^3$ et des efforts en $r.V^2$, les défis rencontrés par l'éolien seront encore plus durs pour l'hydrolien : car le ratio Effort/Puissance est multiplié par 5 en moyenne entre hydrolien et éolien offshore (cf. ratio des vitesses de 5 en moyenne).
- la conception, la plus simple possible, des systèmes doit impérativement intégrer les opérations de maintenance afin de les faciliter et d'en réduire les coûts.
- Le dimensionnement des systèmes doit s'effectuer en vue de la tenue aux événements extrêmes.
- le développement des technologies s'effectuent, généralement, de façon incrémentale ; franchir des paliers de conception : de l'éolien posé aux éoliennes flottantes (s'affranchir de l'augmentation des coûts avec la profondeur) voire aux éoliennes volantes...

Parmi les thématiques abordées au cours du colloque, nous pouvons retenir :

- la R&D :
 - il subsiste des besoins de développement sur les volets électro-techniques : par exemple, le lissage des variations de puissance d'une hydrolienne induites par les effets de la houle sur le courant.
 - L'utilisation des matériaux composites dans les systèmes EMR conduit à développer des travaux de recherche (modélisation) notamment sur la fatigue sous efforts extrêmes. Un besoin de rupture technologique serait nécessaire pour dépasser les longueurs de pales d'éoliennes actuelles.
- l'innovation : des innovations développées afin de simplifier et faciliter les opérations d'installation et de maintenance sont, par exemple, mises en œuvre sur l'hydrolienne TGL/Alstom par une turbine avec nacelle ballastable flottante permettant son remorquage.
- la valorisation : l'expérience issue de l'offshore pétrolier est valorisée dans les EMR. Par exemple pour la conception et la mise en œuvre de conduites profondes de centrales ETM à venir.
- la certification : il convient de développer des outils permettant de valider la fiabilité des systèmes (ancrages par exemple) en vue de leur certification.

- de nouveaux challenges... ? : la récupération de l'énergie des instabilités dans les interactions fluide-structure, théoriquement séduisante, a-t-elle de l'avenir, et à quelle échelle de puissance (recherche LadHyX) ?

III. LES PROJETS PILOTES, LES SITES D'ESSAIS ET LES EXPÉRIMENTATIONS LABO DE GRANDE ÉCHELLE : CONFRONTER LES CONCEPTS AUX RÉALITÉS DU « TERRAIN » MARITIME

Le développement d'un projet de parc EMR, du concept des dispositifs à l'exploitation du parc, passe par différentes étapes :

La modélisation numérique et physique : il existe en France plusieurs laboratoires de recherche disposant de moyens d'essais en bassin (houle – courant – vent) comme à l'Ifremer, à l'Ecole Centrale de Nantes ou à EDF R&D.

- Des travaux menés à l'Ifremer ont été présentés à la fois dans le cadre de projets industriels en partenariat (comportement du flotteur et des ancrages de l'éolienne flottante Winflo) soit dans le cadre de projets européens comme Marinet (comportement de différents systèmes houlomoteurs et hydroliens).
- Ce projet européen Marinet (MARine Renewables Infrastructures NETwork) qui met en réseau les moyens d'essais européens adaptés à la R&D sur les EMR, a par ailleurs été présenté. Il permet, après sélection sur appel à projets, la mise à disposition « free of charge » de nos moyens d'essais à des équipes de recherche ; académiques, starts-up, etc. étrangères, comme d'autres moyens d'essais en Europe à des équipes françaises.

L'expérimentation de démonstrateurs sur sites d'essais : il existe plusieurs sites d'essais en mer (houle et courant voire éolien offshore également) en Europe (et dans le monde). Le site pionnier se situe en Ecosse (EMEC - îles Orcaades). D'autres sont partiellement opérationnels (comme Bimep au pays basque espagnol) soit en cours d'installation (Sem-Rev en France) soit en projets en France notamment.

- La présentation fort intéressante du projet de site SEM-REV, initié et développé par l'Ecole Centrale de Nantes au large du Croisic, a permis de montrer la complexité de la concrétisation d'un tel projet. Outre les aspects financiers, les différentes étapes réglementaires, sociétales et bien entendu technologiques ont été précisément explicitées. Cette expérience pionnière d'un site d'essais en France, soutenue par l'Etat et les collectivités territoriales (CPER) a nécessité un budget de l'ordre de 20 M€ (45% des coûts provenant des opérations et logistique en mer). Il subsiste encore des développements à réaliser sur la connectique (Hub).
- Le projet espagnol BIMEP est un équipement clé dans la stratégie de développement des EMR au Pays Basque espagnol, principalement de la houle. Il permettra le test simultané de 4 systèmes houlomoteurs installés entre les profondeurs de 50 à 90 m pour une puissance installée cumulée de 20 MW (coût 20 M€). La ressource potentielle sur cette façade atlantique de l'Espagne est très élevée.

La validation technico-économique sur sites pilotes : Il existe de nombreux projets de parcs pilotes en Europe et dans le monde, principalement pour l'énergie hydrolienne mais aussi houlomotrice. Mais aucune réalisation mettant en œuvre plusieurs machines n'est, en 2013, opérationnelle.

- Le projet pilote hydrolien porté par EDF à Paimpol-Bréhat, projet le plus avancé en France, reste parmi les pionniers en

Europe et dans le monde. Ce projet, initié au milieu des années 2000, conduit en concertation avec toutes les parties locales, aura permis de démontrer l'importance de l'acceptabilité sociétale. Ce projet passe par une première phase de démonstration sur une seule machine avant l'extension à 2 ou 4 machines devant constituer le parc. Par les contraintes techniques de fiabilisation des dispositifs ce projet montre que le développement d'une filière industrielle passe par une phase d'apprentissage en mer. « On essuie les plâtres » disent les acteurs de ce projet. Plus techniquement, il s'agit de bâtir le référentiel de conception des systèmes en vue d'un développement industriel (performances, fiabilité, rentabilité économique).

Des études pour améliorer les performances d'un site industriel

- La présentation des études menées autour de la centrale marémotrice de Sihwa (Corée du Sud) montre qu'après mise en exploitation, le suivi des performances, de l'étude fine des écoulements à proximité des turbines, du fonctionnement global hydraulique du bassin au cours de la marée mais aussi des contraintes liées à l'agressivité du milieu physico-chimique et biologique conduisent à de nombreuses études destinées, in fine, à en accroître les performances. Par exemple, l'impact du biofouling conduit à une perte de 1MW/machine (10 groupes de 26MW). Ces études seront également mises à profit lors des travaux préparatoires à de nouveaux aménagements. Pour mémoire, pour cette installation à Sihwa, le CAPEX global est de l'ordre de 4 M\$/MW installé (1/4 électromécanique ; 2/3 génie civil), en incluant le coût des infrastructures préalablement existantes.

Un Institut dédié EMR pour une meilleure synergies entre acteurs français

- Le soutien, en termes de R&D, à ces différentes phases du concept au site d'essais est l'un des objectifs majeurs de l'Institut d'Excellence dans le domaine des Energies Decarbonées « France Energies Marines ». Cet Institut, en partenariat public privé, sur co-financement dans le cadre des Investissements d'Avenir, regroupe des acteurs industriels, académiques et institutionnels autour de plusieurs missions comme le soutien à la R&D, à la formation et au développement de sites d'essais. Il doit permettre une synergie des forces françaises en vue du développement de filières EMR françaises.

- Cinq programmes/sites d'essais sont à l'étude voire en cours d'installation :

- Houle (et éolien flottant puissance moyenne): SEM-REV au large du Croisic
- Hydrolien estuarien : SENEEOH à Bordeaux – hydrolienne fluviales et estuariennes
- Hydrolien marin : site dédié à la recherche adossé au site pilote EDF de Paimpol Bréhat
- Eolien flottant en Méditerranée : site de Fos sur mer
- Eolien flottant en Atlantique : site de Groix

Le financement de l'ensemble de ces sites n'est pas assuré.

IV. LOGISTIQUE ET INFRASTRUCTURES SUPPORT EN MER : DES CONDITIONS À INTÉGRER DANS LA CONCEPTION DES SYSTÈMES LE PLUS EN AMONT POSSIBLE

La chaîne de valeur de l'ensemble d'un projet de parc EMR comporte des activités logistiques dont la prise en compte devrait intervenir dès les études de systèmes.

Le benchmark sur les nombreux concepts de dispositifs hydroliens et houlomoteurs montre que cette approche est encore loin d'être suivie. Les dispositifs qui s'imposeront auront probablement intégré ces aspects très tôt dans les études. Parmi les propositions ou enseignements évoqués lors du colloque, nous pouvons retenir :

- Il faut travailler ensemble en amont entre industriels et armateurs pour intégrer les solutions : faire converger les intérêts techniques (et économiques) des industriels et armateurs à travers des solutions compatibles entre conception des machines et moyens logistiques. Il ne faut pas sous-estimer la problématique portuaire, accessibilité aux navires, tenue des quais à des charges lourdes, anticipation afin d'être prêt pour le développement industriel des filières.
- Il faut disposer d'outils de modélisation d'optimisation logistique et opérationnelle afin de rationaliser et simplifier les opérations avant la mise en œuvre sur le terrain. STX développe un tel modèle.
- Il faut disposer d'outils de modélisation des conditions météo-océaniques, comme dans l'offshore pétrolier, afin d'apporter des données d'entrée physiques nécessaires aux modèles d'optimisation logistique lors de la mise en œuvre terrain.

Pour conclure, comme le disait Jean-François Deniau : on ne fait pas d'économie sur les moyens maritimes. « Les ennuis en mer ne s'additionnent pas, ils se multiplient ! ».

V. INTÉGRATION SOCIO-ENVIRONNEMENTALE DES EMR ET CONTEXTES RÉGLEMENTAIRES

L'exploitation des EMR étant une activité nouvelle en mer, son développement à grande échelle ne sera rendu possible qu'avec la mise en place d'une réglementation adaptée ainsi qu'une meilleure connaissance de leurs impacts.

Pour les aspects réglementaires, deux questions majeures sont posées :

- Quel cadre juridique d'exploitation de la ressource énergétique marine ? L'ensemble des autorisations (Loi sur l'Eau, autorisation du DPM, code de l'Energie) conduit à un empilement de procédures préjudiciables au déroulement du projet. Il doit être simplifié, notamment via un guichet unique, au profit d'une concession d'occupation étendant les mêmes garanties pour l'autorité publique ou en créant un régime d'autorisation ad-hoc. Ce qui est probablement préférable. Cela permettrait de mieux appréhender les solutions aux contentieux qui risquent d'émerger avec le développement des filières. Dans cette même démarche, le développement des EMR dans les ZEE (Zone Economique Exclusive) voire dans les DOM-POM doit également être accompagné d'une simplification et précision des procédures réglementaires adaptée du fait de l'éloignement de la côte.

- Quel modèle institutionnel de soutien au développement des filières et des projets. La France a choisi le modèle par appel d'offres pour le développement des projets industriels éoliens offshore après avoir mis en place dans les années 2006 et 2007 des tarifs de rachat inadaptés au soutien à l'émergence de nouvelles filières énergétiques. Mais le développement des EMR, notamment durant les phases pilotes devra être accompagné d'un soutien financier adapté ; aide remboursable ou subvention et tarifs d'achat incitatif. L'Appel à Manifestation d'Intérêt pour des parcs pilotes hydroliens lancé en 2013, et probablement ceux qui suivront pour l'éolien flottant et le houlomoteur doivent s'inscrire dans cet objectif.

En ce qui concerne les impacts, malgré l'absence de retour d'expérience de parcs éoliens offshore ou EMR en France, les différents acteurs des EMR (ONG, organismes de recherche, professionnels de la mer, Institutionnels et industriels) ont pris conscience des enjeux socio-économiques du développement de nouvelles filières industrielles et s'impliquent dans la recherche des conditions optimales d'intégration en termes environnementaux et sociétaux. Les oppositions frontales, courantes il y a une dizaine d'années, ont fait place à des attitudes d'ouverture constructives s'appuyant sur des données objectives dont il convient d'enrichir la connaissance. Ainsi :

- L'UICN se déclare favorable aux développements des EMR mais rappelle la nécessité d'en examiner les impacts ; rechercher les solutions les meilleures, via des approches par les gains nets jugés plus favorables que des métriques du type « externalités ». L'évaluation des effets cumulés des différents parcs est une nécessité. UICN privilégie plutôt l'approche par les services écologiques rendus.

- Pour évaluer les impacts, il convient de développer de nouvelles méthodologies d'étude (à travers des protocoles validés...) et d'enrichir les bases de données au moyens de nouveaux outils d'acquisition de données environnementales. A titre d'exemple, l'Ifremer porte le projet SIMEO, projet de bouée autonome d'acquisition de données. Dans le cadre d'un projet de centrale ETM à La Martinique, l'étude d'impact réalisée, qui s'est appuyée sur une vaste étude bibliographique, des mesures sur sites et des expertises, a permis d'identifier les principaux risques et impacts potentiels comme l'effet d'upwelling artificiel (remontée d'eaux profondes chargées de sels nutritifs), risques de recirculation des eaux de rejet ou de développement de biofouling, impacts acoustiques sur la faune marine ou enfin les effets de concentration de poissons au niveau du flotteur (effet DCP) et de hiérarchiser les besoins en études complémentaires.

- Au fur et à mesure du développement des projets et du suivi de leurs impacts, les connaissances acquises permettront de mieux appréhender les conséquences et de proposer des solutions pour y remédier. L'objectif, à terme, est également d'éviter les mesures compensatoires. Ainsi, dans le cadre du projet EDF Paimpol Bréhat, l'évaluation de l'impact potentiel de l'installation du câble dans la zone d'atterrissage a conduit à mettre en place une expérimentation de restauration des zones de zoostères selon différentes méthodes dont le suivi sera effectué sur le long terme. 'est un exemple concret du principe « ERC » pour Eviter, Réduire, Compenser.

Enfin, l'énergie marémotrice dont l'impact au niveau de l'estuaire de la Rance, non étudiés à l'époque de la conception, contribue à son rejet a priori actuel pourrait être une option à redécouvrir et à réexaminer sous deux conditions incontournables pour atteindre une acceptabilité sociétale :

- Abandonner les sites d'estuaires pour étudier des sites adossées à la côte ou offshore

- Traiter la question des impacts à travers différents scénarios et en transparence totale avec les parties concernées en :

- distinguant les impacts entre la phase de construction et la phase d'exploitation, comme pour les autres projets EMR.

- examinant sans tabou, sans a priori, et objectivement la question des impacts, notamment sédimentaires et sur la biodiversité.

Le sujet des Energies Marines Renouvelables est en quelque sorte un nouveau pour la SHF, puisque ses derniers travaux sur le sujet remontent à la fin des années 90 (cf. La Houille Blanche 1997 - volume n°3, dédié à l'énergie marémotrice à l'occasion des 30 ans d'exploitation de l'usine de la Rance). Le colloque EMR-2013 a été reconnu par la grande majorité des participants comme apportant une réelle plus-value pour la communauté scientifique et technique francophone des EMR, tout en s'ouvrant à des expériences et enseignements venant de l'étranger, notamment de l'Europe.

D'ores et déjà, la SHF prévoit le lancement d'événements futurs qui viendront compléter ce premier rendez-vous réussi, par exemple sous la forme de séminaires techniques ciblés sur chacune des différentes filières EMR. Ces séminaires pourront servir de plateformes d'échanges, en support à l'élaboration des référentiels de développement techniques et socio-environnementaux des filières EMR.

Au nom du comité d'organisation(*) et de son président Pierre-Louis VIOLLET,

Denis AELBRECHT (EDF-CIH), Michel PAILLARD (Ifremer)

(*) Membres du comité scientifique et d'organisation :

Denis AELBRECHT	(EDF-CIH) – Animateur du comité d'organisation
Michel PAILLARD	(Ifremer) – co-Animateur du comité d'organisation
Marc BOEUF	(France Energies Marines)
Henri BOYE	(IG-PEF)
Nicolas GARCIA	(ARTELIA)
Marc LE BOULLUEC	(Ifremer)
François LEMPERIERE	(Hydro-Coop),
Thierry MAITRE	(LEGI/INPG)
Jean-Georges PHILIPPS	(SHF)
Jean-Yves PRADILLON	(ENSTA-Bretagne)
Neda SHEIBANI	(SHF)

Présidents de sessions :

Session 1 : Potentiel et ressources des EMR : Jean-Charles GALLAND – EDF – DIPH

Session 2 : Les technologies : développement et améliorations : Marc LE BOULLUEC – Ifremer

Session 3 : Démonstrateurs, sites d'essais et qualification en laboratoire : Marc LAFOSSE – EDL

Session 4 : Infrastructures et logistique support : Jean-Jacques LE NORMENT – Région Bretagne

Session 5 : Intégration et acceptabilité environnementales : Yves-Marie PAULET – IUEM – Brest

Ce colloque a bénéficié du soutien de Brest Métropole Océane et du Conseil Général du Finistère.