UICN | Comité Français

Les énergies renouvelables

- VOLUME 2 -

Développement des énergies marines renouvelables et préservation de la biodiversité

Rédaction : Marion PEGUIN, sous la coordination de Christophe LE VISAGE, animateur du groupe de contact « Energies marines renouvelables », Guillemette ROLLAND, présidente de la Commission « Gestion des Ecosystèmes » et Sébastien MONCORPS, directeur du Comité français de l'UICN.

Remerciements : Le Comité français de l'UICN remercie particulièrement :

- les personnes ayant relu attentivement ce travail : BARILLIER Agnès (EDF) - BAS Adeline (EDF EN) - BONADIO Jonathan (MEDDE-DGEC) - CARLIER Antoine (IFREMER) - DELENCRE Gildas (Energies Réunion) - GALIANO Mila (Ademe) - GUENARD Vincent (Ademe) - LEJART Morgane (FEM) - MARTINEZ Ludivine (Observatoire Pelagis) - MENARD Jean-Claude (ELV) - MICHEL Sylvain (AAMP) - de MONBRISON David (BRLi),
- les membres du groupe de travail « Mer et Littoral » du Comité français de l'UICN, présidé par Ludovic FRERE ESCOFFIER (Nausicaa),
- les participants des différents comités de pilotage : AMY Frédérique (DREAL HN) - ANDRE Yann (LPO) - ARANA-DE-MALEVILLE Olivia (FEE) - AUBRY Jérémy (Gondwana) - ARGENSON Alain (FNE) - BARBARY Cédric (GDF Suez) - BAS Adeline (Ifremer / EDF EN) - BEER-GABEL Josette (expert) - BELAN Pierre-Yves (CETMEF) - BONADIO Jonathan (MEDDE-DGEC) - BONNET Céline (Valorem) - BORDERON Séverine (GREDEG-CNRS) - BOUTTIER Jenny (BRLi) - CAILLET Antonin (Alstom Ocean Energy) - CANON Marina (EDPR) - CANTERI Thierry (PNM Iroise, AAMP) - CARRE Aurélien (UICN France) - CASTÉRAS Rémi (WPD Offshore) - CHATEL Jean (RTE) - CHRISTIN Jérôme (CEREMA) - COUSTY-MARTINIE Elodie (FNE) - DACQUAY Vanessa (UICN France) - DELANGUE Justine (UICN France) - DELAPLACE Sophie (EOLE RES) - DELCOURT Vincent (Biotope) - DELIESSCHE Judicaelle (Marineenergytimes) - DEVISSE Jean-Stéphane (WWF) - DIAZ Bérénice (Sogreah Artelia Group) - DRU Johanne (expert) - DUMEAUX Lorène (Vinci Concessions) - DUMONT Cécile (FNE) - GERARD Léa (MEDDE) - GIRARD Johann (WPD offshore) - GONZALEZ Lauriane (Compagnie du Vent) - GRANDGUILLOT Eric (Altech-ENR) - GREVELLEC Agathe (GDF Suez) - GROSDEMANGE Didier (InVivo Environnement) - GUESDON Romain (Compagnie du vent) - GUIBERT Philippe (CREOCEAN) - HATE Elodie (Compagnie du Vent) - IMBERT Nicolas (GCFT) - JOURDAIN Jérôme (CNPMEM) - KERMAGORET Charlène (Ifremer) - LAFON Xavier (MEDDE) - LE CROM Izan (Ecole Centrale de Nantes – SEMREV) - LEFEVRE Christophe (UICN France, AAMP) - LE GOUVELLO Raphaëla (expert) - LEJART Morgane (France Energies Marines) - LEMIERE Samuel (GDF Suez) - LESIGNE Jean-François (RTE) - L'HOSTIS Denez (FNE) - LIEPPE Denis (expert) - LIHOREAU Antoine (GDF Suez) - LOAEC Jean-Marie (EDF-CIH) - MARCELLIER Marc-Adrien (expert) - MARIE Anne-Claire (FNE) - MATHIEN Adeline (FNE) - MENARD Jean-Claude (expert) - MICHALSKI Julie (FNE) - MICHEL Jean-Paul (Pew Environnement) - MICHEL Sylvain (AAMP) - MONNET Alice (GDF Suez) - MOREAU Johanna (CEMEX) - NGO JE Jean (expert) - OLLIER Michel (Pôle Mer Méditerranée) - PERVES Philippe (Nass-et-Wind) - PIANTE Catherine (WWF) - PIGUET Caroline (EOLE-RES) - RAOUX Aurore (RTE) - REGNIER Mathias (FrancEole) - ROCHE Henri Pierre (EDF EN) - ROGER-DENEUVILLE Roxane (expert) - ROLLAND Guillemette (CELRL) - SAFFROY Damien (RTE) - SCHWARTZ Soizic (MEDDE) - SEBIRE Marie (FNE) - SEVIN Marie-Aude (AAMP) - SIMONET Florence (EDP) - SORNIN Jean-Marc (CREOCEAN) - STERCKEMAN Aurore (AAMP) - THIEBAUD Léa (CETMEF) - THIEVENT Philippe (CDC Biodiversité) - TILOT Virginie (expert) - TINETTI Julie (FFESSM) - TOLLEMANS Antoine (Neoen Marine) - TOULHOAT Lucille (CNPMEM) - TOULOUSE Paul (Alstom Ocean Energy) - UZAN Yohann (Alstom Ocean Energy) - VAISSIERE Anne-Charlotte (Ifremer) - VARRET Claire (EDF) - VEAUVY Mariana (expert) - VIGNAND Bernard (SG-Mer) - WALKER Emily (EDP)

pour les nombreuses contributions qu'ils ont apportées.

Nous remercions également les partenaires financiers de cette étude, sans qui cette réalisation n'aurait pu être possible :

ADEME
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

EDF

Agence des aires marines protégées

Citation de l'ouvrage : UICN France (2014). Développement des énergies marines renouvelables et préservation de la biodiversité. Synthèse à l'usage des décideurs. Paris, France.

Dépôt légal : Septembre 2014 **ISBN** n° 978-2-918105-35-0 **Crédit photo de la couverture :** © EDF EN-Dave Evans

La reproduction à des fins non commerciales, notamment éducatives, est permise sans autorisation écrite à condition que la source soit dûment citée. La reproduction à des fins commerciales, et notamment en vue de la vente, est interdite sans permission écrite préalable du Comité français de l'UICN.
La présentation des documents et des termes géographiques utilisés dans cet ouvrage ne sont en aucun cas l'expression d'une opinion quelconque de la part du Comité français de l'UICN sur le statut juridique ou l'autorité de quelque Etat, territoire ou région, ou sur leurs frontières ou limites territoriales.

Les opinions exprimées dans le présent rapport n'engagent que leurs auteurs. Elles ne sauraient refléter la position des membres du comité de pilotage ou des organismes partenaires de cette étude.

Sommaire

© Sylvain Michel

Introduction 4

Présentation des enjeux 6

Enjeux énergétiques 8
Enjeux de conservation du milieu marin 10
Contexte règlementaire 14

Présentation des différentes filières EMR 20

Etat de la recherche 22
Techniques, conditions nécessaires et potentiels en France 23

Evaluation des impacts des différentes filières EMR et recommandations 32

Menace : Bruit et vibrations 35
Opportunité et menace : Modification de l'habitat 40
Menace : Effet barrière et risques de collisions 47
L'effet « Récif »… Opportunité et Menace 51
Impacts résiduels 52

Synthèse 54

Fiches thématiques 56

Fiche 1 : Protocoles Biodiversité : état des lieux et suivi 58
Fiche 2 : Impacts cumulatifs, conflits et synergies 66
Fiche 3 : Aires marines protégées et énergies marines renouvelables 72
Fiche 4 : Raccordement : quelques pistes de réflexions 78
Fiche 5 : Démantèlement : quelques pistes de réflexions 84

Introduction

© Sébastien Brégeon / Agence des aires marines protégées

Les combustibles fossiles « conventionnels » (charbon, pétrole, gaz) ou « non conventionnels » (sables asphaltiques, schistes bitumineux, gaz de schiste) ainsi que l'énergie nucléaire, représentent actuellement plus de 80 % de l'énergie totale utilisée dans le monde (hors bois non commercialisé).

L'utilisation des énergies fossiles porte atteinte à l'environnement. En effet leur combustion contribue massivement au réchauffement climatique du fait du gaz carbonique émis et leur exploitation se caractérise souvent par des impacts lourds sur les écosystèmes. Les exploitations pétrolière et gazière offshore notamment ont des impacts croissants (bruit, pollution…).

L'énergie nucléaire n'intervient que faiblement dans le réchauffement climatique, mais soulève des préoccupations importantes sur la question de la sécurité des centrales, de l'élimination des déchets radioactifs et de sa dépendance vis-à-vis de la ressource en uranium. L'insécurité des approvisionnements en énergie fossile est, quant à elle, liée à la fois aux aléas géopolitiques des principaux pays fournisseurs et à l'épuisement (inévitable sur le long terme) des gisements.

En réponse à ce constat, les énergies renouvelables sont de plus en plus mobilisées pour assurer un rééquilibrage des modes de production, et ainsi une meilleure protection de l'environnement, en contribuant à la réduction des émissions de gaz à effet de serre (même si, en raison de leur caractère intermittent, certaines de ces technologies nécessitent la complémentarité d'autres énergies, y compris fossiles et nucléaires). Par ailleurs, ces énergies sont produites localement, limitant la dépendance aux importations d'autres pays et sont sources de création d'emplois.

Pour atteindre ce but, l'utilisation de ces énergies renouvelables doit être associée à des politiques d'économie d'énergie centrées sur l'efficacité énergétique et sur une diminution de la consommation.

Réduire la dépendance aux ressources non renouvelables et limiter les émissions de GES est devenu prioritaire dans le cadre de la lutte contre le changement climatique. Rappelons que celui-ci est une menace pour la biodiversité car, selon le rapport du GIEC, une augmentation de + 2°C entrainerait un risque d'extinction de 30 % des espèces. Or, parmi les nombreuses solutions existant pour atténuer le changement climatique, les sources d'énergie renouvelable peuvent jouer un rôle important.

Ces sources d'énergie dépendent des écosystèmes naturels comme les forêts, les océans et les fleuves et de leur fonctionnement. L'exploitation de ces ressources a un impact sur chacun des écosystèmes exploités. Les choix énergétiques doivent être faits avec une vision globale des différents enjeux afin que les impacts soient, locaux, compensables, et le plus faible possible. En effet, la réduction des émissions de gaz à effet de serre ne doit pas être réalisée au détriment de la biodiversité.

La France s'est donc engagée, dans le cadre de la loi de programme fixant les orientations de la politique énergétique (loi POPE du 13 juillet 2005), à diviser par quatre ses émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050.

Elle s'est aussi engagée aux échelles européenne et internationale : dans le cadre de l'adoption, sous présidence française, du paquet législatif « énergie-climat », la France s'est engagée sur une réduction de 14 % entre 2005 et 2020 des émissions de gaz à effet de serre des secteurs non soumis à la directive sur le marché des permis d'émissions (Directive SCE-QE). Cet engagement contribue à l'objectif européen de réduction de 20 % par rapport à 1990 pour la deuxième période d'engagement au titre du protocole de Kyoto (2013-2020). Aujourd'hui, la France prend une part active dans les négociations internationales sur le régime post-2020 et soutient le processus engagé suite à la Conférence des Parties de Cancun (COP 16) avec l'objectif de limiter à 2°C le réchauffement des températures[1] d'ici la fin du siècle par rapport à l'ère pré-industrielle. L'objectif de la France est de parvenir à un accord global ambitieux sur le climat lors de la Conférence des Parties de 2015, qu'elle accueillera à Paris.

En plus de ces objectifs, elle prévoit de développer les énergies renouvelables (EnR) pour atteindre en 2020 l'objectif de 23 % d'EnR dans la consommation totale d'énergie finale. Cela signifie d'une part maîtriser notre consommation, et d'autre part développer massivement la production à partir de sources renouvelables - de 20,6 Mtep en 2011 à 37 Mtep d'ici 2020.

La France a notamment mis l'accent sur le développement des énergies marines renouvelables (EMR), du fait de sa juridiction nationale sur de grandes surfaces maritimes et des nombreuses formes sous lesquelles l'énergie y est disponible. La France possède en effet la deuxième zone économique exclusive mondiale, d'une surface de 11 millions de km², répartie sur les quatre océans de la planète, et dont le potentiel énergétique est considérable et diversifié. Mais ces zones renferment de nombreux écosystèmes marins et côtiers à haute valeur patrimoniale (notamment 10 % des écosystèmes récifaux-lagonaires, 20 % des atolls du monde et 50 % de la biodiversité mondiale de mammifères marins) et ces écosystèmes se révèlent fragiles : les enjeux auxquels la France doit faire face sont donc complexes.

Le Comité français de l'UICN encourage une transition rapide vers des sources d'énergie durables, et souhaite mettre à disposition les connaissances existantes sur les impacts pour les écosystèmes des différentes alternatives aux énergies fossiles, et sur la manière de limiter ces impacts dès l'élaboration des stratégies (politiques, plans et programmes).

La question des mesures compensatoires environnementales n'est pas traitée à ce stade ; en effet, en Europe, peu de mesures compensatoires environnementales[2] ont actuellement été mises en œuvre en mer dans le cadre de projets d'EMR. Ce sujet fait l'objet de recherches très actives.

Ce travail vise notamment à :

› constituer un panorama de référence sur les interactions énergies marines renouvelables / écosystèmes marins et côtiers sensibles en France (état des lieux des pressions, menaces et opportunités),

› fournir une base solide pour guider les décisions dans le cadre des politiques de protection des écosystèmes et/ou de développement énergétique,

› aider à sensibiliser les acteurs de l'énergie et les décideurs à l'importance de la diversité biologique marine et aux menaces auxquelles elle est exposée.

L'étude s'intéresse à 5 types de technologie d'exploitation des énergies marines renouvelables : l'éolien offshore (fixé et flottant), l'hydrolien, l'énergie houlomotrice, l'énergie thermique des mers ainsi que l'énergie marémotrice. Il existe d'autres énergies issues de la mer (énergie osmotique, par exemple) mais, du fait de leur stade très peu mature, nous avons choisi de ne pas les développer dans ce rapport.

Ce travail concerne la métropole et l'outre-mer français.
Pour chaque type d'énergie sera développée une présentation du principe d'exploitation, ainsi que ses impacts avérés ou potentiels, négatifs comme positifs sur la biodiversité marine. La présentation des impacts s'appuie sur une étude réalisée par le MEDDE[3], une étude effectuée par l'UICN[4] et d'autres partenaires ainsi que sur des échanges avec des chercheurs français. Toutefois, il faut préciser que les connaissances dans ce domaine sont encore lacunaires ; elles sont basées sur les retours d'expérience de l'étranger confrontés à des écosystèmes particuliers et parfois très différents de ceux des eaux françaises, ce qui limite la transposition directe de tous les résultats.

On s'attachera aussi à différencier les phases de construction, d'exploitation et de démantèlement, qui n'impactent pas de la même manière les différents compartiments biologiques concernés. L'objectif est d'avoir une vision globale et stratégique de chaque filière et de mettre en regard leurs performances énergétiques et leurs impacts sur l'environnement.

Il sera ainsi possible, dans la partie « Recommandations », d'informer les décideurs sur la stratégie de développement des EMR qui impacterait le moins possible la biodiversité marine. ■

1 http://unfccc.int/files/meetings/cop_16/application/pdf/cop16_lca.pdf

2 En Belgique, le plan d'action PHOQUE vise à compenser indirectement les impacts des éoliennes en mer du Nord : http://www.ensembleautravail.be/article/60/plan-daction-phoque-dune-politique-environnementale-defensive-a-une-politique-environnementale-offensive-en-mer-du-nord/ Par ailleurs des mesures compensatoires ont déjà été mises en œuvre pour des aménagements portuaires (par exemple, Port 2000 au Havre).

3 MEDDE, 2012, Energies Marines Renouvelables, Etude méthodologique des impacts environnementaux et socio-économiques. Lien : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/120615_etude_version_finale.pdf

4 IUCN, 2010, Greening Blue Energy: Identifying and managing the biodiversity risks and opportunities of off shore renewable energy

Présentation des enjeux

Groupe d'huîtriers pies (Haematopus ostralegus) en vol © Benoît Dumeau / Agence des aires marines protégées

Enjeux énergétiques

Corynactis & laminaires © Frédéric Lechat

Réchauffement climatique et crise de la biodiversité

A l'échelle mondiale, nos besoins en énergie ne cessent d'augmenter. Actuellement, ceux-ci sont satisfaits à 81 %[5] par l'utilisation de combustibles fossiles (pétrole, charbon, gaz et nucléaire (uranium et plutonium). Cependant, ces combustibles ne sont pas inépuisables : au rythme où nous les consommons actuellement, les réserves de pétrole pourraient être épuisées dans les prochaines décennies et le gaz d'ici deux à trois siècles. Par ailleurs, l'utilisation de ces combustibles fossiles est majoritairement[6] responsable du phénomène du changement climatique, lié au rejet dans l'atmosphère de gaz à effet de serre.

Les impacts du changement climatique se font déjà sentir, avec une augmentation de 0,85°C de la température globale moyenne à la surface du globe au cours de la période 1880-2012[7] (GIEC, 2013). Les divers modèles du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) prévoient une augmentation allant de 1,5 à plus de 4°C pour la fin du XXIe siècle par rapport à l'ère préindustrielle[7]. L'augmentation de la température sur le globe aura de multiples impacts difficiles à estimer, du fait de sa rapidité surtout. Les impacts sont déjà perceptibles sur certains écosystèmes (blanchissement des coraux, réchauffement de l'océan superficiel, acidification des océans, dépérissement des écosystèmes forestiers, fonte des glaciers, modification des aires de répartition de certaines espèces, développement d'espèces exotiques envahissantes…), mais il est encore difficile aujourd'hui, malgré les différents scénarios développés, d'estimer l'ampleur des impacts que cela pourra avoir sur la biodiversité, les écosystèmes et les services qu'ils fournissent. Le rapport du GIEC estime cependant qu'une augmentation de 2°C mettrait en péril 30 % des espèces à l'échelle mondiale, faisant du changement climatique l'une des principales menaces pesant sur la biodiversité dans les décennies à venir. Cet impact sera beaucoup plus important sur les écosystèmes à capacité limitée d'adaptation, tels que les récifs coralliens.

L'Homme sera aussi impacté directement : selon les prévisions du GIEC, le niveau marin moyen pourrait augmenter de 26 à 82 cm d'ici 2100[8]. Cette hausse dépasserait le mètre dès le début du 22ème siècle et pourrait atteindre 3m en 2300 (ce qui pourrait toucher 270 millions de personnes vivant dans les zones côtières[9]). D'ores et déjà, il est possible d'associer à l'échelle mondiale certaines migrations humaines au réchauffement climatique. Ce phénomène touche souvent des populations déjà fragilisées par d'autres catastrophes naturelles.

Le réchauffement climatique aura probablement [10] comme conséquence une augmentation des phénomènes climatiques extrêmes, en intensité et en fréquence, causant des catastrophes dramatiques sur le plan humain, environnemental et économique.

Deux catégories de réactions sont alors envisageables, sans exclusivité :

› L'atténuation : cela implique en premier lieu la diminution des émissions de gaz à effet de serre affectant le climat. La sobriété et l'efficacité énergétique sont pour cela incontournables. Le développement des énergies renouvelables en mer constitue également une mesure forte d'atténuation.

› L'adaptation : cette notion implique de diminuer la vulnérabilité et d'améliorer la résilience des systèmes naturels et humains face aux conséquences du changement climatique. Les solutions basées sur la nature (nature based solutions) promues par l'UICN en sont une réponse. La préservation des mangroves, par exemple, permet de limiter l'impact des tempêtes.

Ces approches permettent de limiter les effets et de limiter les risques associés aux changements climatiques.

La nécessité d'une transition énergétique et le potentiel des EMR

LA QUESTION EST POSÉE SUR LA SCÈNE INTERNATIONALE… PUIS À L'ÉCHELLE DE CHAQUE PAYS

Face au constat du changement climatique et de l'épuisement programmé des ressources fossiles, il est apparu à l'échelle mondiale la nécessité d'une transition énergétique. Celle-ci est encore plus urgente pour les pays qui, comme la France, possèdent peu de ressources d'énergies fossiles exploitables. Ce constat n'est pas nouveau, et de nombreux acteurs du monde politique et scientifique ont tiré la sonnette d'alarme dès la première crise du pétrole en 1973.

La loi de Programmation fixant les Orientations de la Politique Energétique (loi POPE du 13 juillet 2005) avait déjà confirmé, outre l'importance donnée à l'utilisation rationnelle de l'énergie, l'intérêt du développement des énergies renouvelables. Celui-ci répond à un double enjeu :

› réduire la dépendance énergétique de la France : à moyen terme, les énergies renouvelables constituent des alternatives stratégiques précieuses dans nos choix énergétiques (rappelons que l'uranium aussi est importé).

› contribuer à satisfaire les engagements internationaux de réduction de gaz à effet de serre de notre pays (accords de Kyoto signés en 2002, engageant la France à diviser par quatre ses émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050, afin de ramener à cet horizon ses émissions annuelles à un niveau inférieur à 140 millions de tonnes équivalent CO_2), mais aussi à nos engagements européens.

En effet la France concourt à la réalisation de l'objectif d'amélioration de 20 % de l'efficacité énergétique de l'Union Européenne (paquet Énergie-Climat européen adopté en 2008) et s'engage à porter la part des énergies renouvelables à au moins 23 % de sa consommation d'énergie finale d'ici à 2020 (Loi Grenelle 1 en 2009).

Dans ce programme, il est prévu que 3 % de la consommation électrique totale nationale proviennent d'énergies marines renouvelables à l'horizon 2020. Notons que la puissance installée des EMR françaises ne représente en 2013 que 0,1 % de la consommation totale (essentiellement par l'usine marémotrice de la Rance).

DIFFÉRENTS SCÉNARIOS DE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES EN MER

Face à ces enjeux, la France s'est interrogée sur les potentiels dont elle disposait pour atteindre les objectifs qu'elle s'est fixée. Le début des années 2010 a vu la naissance de divers scénarios, tels que le scénario Négawatt[11] et le scénario du WWF[12].

Ces scénarios se basent d'abord sur une diminution de notre consommation tout en proposant un mix de production d'énergies renouvelables, misant principalement sur la biomasse et l'éolien pour Négawatt, et sur le solaire pour WWF. Les énergies marines renouvelables, hors éolien offshore, n'occupent qu'une place très modeste dans ces scénarios ; ceci s'explique par le souci des auteurs de ne mettre en avant que des technologies validées au niveau industriel à grande échelle.

L'Ifremer[13] a lancé en mars 2007 un travail de réflexion prospective à l'horizon 2030 sur ces formes d'énergies. Appuyés par le bureau d'étude Futuribles, une vingtaine de partenaires français représentant les principaux acteurs du secteur ont participé à ce travail. Leurs objectifs étaient d'identifier les technologies, préciser les conditions socio-économiques de leur émergence et leur compétitivité et d'estimer leurs impacts respectifs sur les énergies et sur l'environnement.

> « Le rapport du GIEC estime qu'une augmentation de 2°C mettrait en péril 30 % des espèces à l'échelle mondiale.

5 Agence Internationale de l'Energie, 2011.
6 5ème rapport du GIEC, résumé pour décideurs (en)
7 5ème rapport du GIEC, résumé pour décideurs (en)
8 5ème rapport du GIEC, résumé pour décideurs (en)
9 Estimation pour 2010, chiffre en forte augmentation, avec +95 % entre 1970 et 2010.
10 De peu probablement à très probablement, selon le type d'événements extrêmes considérés.
11 NégaWatt, 2011, Scénario NégaWatt 2011 : Dossier de synthèse
12 WWF, ECOFYS, OMA, 2011, Rapport énergie : 100 % d'énergies renouvelables d'ici 2050
13 Ifremer (Ouvrage collectif coordonné par Michel Paillard, Denis Lacroix, Véronique Lamblin), 2009. Les énergies renouvelables marines : synthèse d'une étude prospective à l'horizon 2030. 336 p.

Contrairement au choix des scénarios Négawatt et WWF, l'étude de l'Ifremer misait sur des technologies encore éloignées de la maturité, notamment les biocarburants algaux, mais a semble-t-il sous-estimé le développement de l'éolien flottant.

Ces scenarios ont été pris en compte et ont permis d'alimenter nos réflexions.

La stratégie française pour le développement des EMR a été depuis développée dans un rapport CGEDD/CGEIET de mars 2013[14]. Nous y reviendrons plus loin dans ce travail. ■

Enjeux de conservation du milieu marin

© Demeyere

Présentation générale des habitats marins et côtiers

Les habitats marins et côtiers français présentent une grande biodiversité, ce qui confère à la France d'immenses ressources, mais aussi d'importantes responsabilités. La France est représentée dans quatre des cinq océans mondiaux, grâce à ses territoires ultramarins, et possède la deuxième plus importante zone économique exclusive mondiale (celle-ci étant située à 97 % en outre-mer).

Le littoral métropolitain est composé de nombreux écosystèmes : environ 1950 km de côtes sableuses (35,2 % du linéaire total), 1300 km de marais et de vasières (23,7 %) et 2 250 km de côtes rocheuses (41 %, dont 13 % de falaises)[15].

À ces chiffres, il convient d'ajouter 1 180 km pour les départements d'outre-mer et plus de 3 800 km pour les collectivités d'outre-mer.

Banc de sars © Frédéric Lechat

Composé des compartiments benthique, pélagique, intertidal et aérien, le milieu marin offre une multitude d'habitats allant des eaux peu profondes de la zone côtière aux grandes profondeurs des fosses abyssales. En fonction de la profondeur, de la nature des fonds, de la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau (limitée à quelques dizaines de mètres au maximum) et de la présence de nutriments, les organismes vont se répartir dans le milieu suivant les conditions nécessaires à leur développement.

Mais la biodiversité marine est sans aucun doute moins bien connue que la biodiversité terrestre et dulçaquicole. On estime aujourd'hui que l'on a décrit moins de 10 % des espèces marines. Les pressions anthropiques qui s'exercent sur ces

milieux se font de plus en plus fortes et les études montrent que ces milieux subissent aujourd'hui des dommages dont certains pourraient être irréversibles : acidification liée au changement climatique, pollutions, destruction d'habitats rares…

Le littoral notamment est un territoire très convoité, que ce soit en métropole ou outre-mer, et en danger : pression démographique (densité 2,5 fois supérieure au reste de la France en métropole) et touristique, aménagements côtiers, urbanisation croissante, disparition de milieux naturels particulièrement importants et sensibles, pollutions… Ces espaces nécessitent une protection particulière, assurée par quelques réglementations régulièrement menacées (notamment la Loi littoral et certaines catégories d'aires marines protégées, notamment les espaces du Conservatoire du Littoral, les arrêtés de protection de biotope, etc.).

Quelques habitats marins patrimoniaux[16]

RÉCIFS DE CORAUX FROIDS

Moins connus que les coraux tropicaux, les récifs de coraux froids sont présents dans tous les océans, de 50 à 6 000 m de profondeur. Ils se développent notamment dans l'Atlantique Nord, dans des eaux ayant une température comprise entre 4 et 8 °C. Au large de nos côtes, on les retrouve au niveau des tombants, en limite du plateau continental, principalement au nord du golfe de Gascogne et en mer Celtique, mais aussi en Méditerranée (dans certains canyons par exemple).

Lieu important de biodiversité, la communauté des récifs peut comporter trois fois plus d'espèces que celle des sédiments meubles environnants[17]. Ils servent d'abris à des poissons et de nombreuses espèces d'invertébrés y cohabitent : des crustacés et des mollusques, des éponges, des échinodermes et des vers.

CHAMPS DE LAMINAIRES[18]

Les laminaires forment d'immenses forêts sous-marines stratifiées à la manière des forêts terrestres, où chaque strate contribue à fournir alimentation, abri et ancrage à une faune et une flore très diversifiées.

Herbier de zostère marine (Zostera marina) et maërl (Phymatolithon calcareum) en Iroise
© Yannis Turpin / Agence des aires marines protégées

Ces forêts représentent pour les zones côtières tempérées à froides une valeur patrimoniale équivalente à celle des mangroves ou des récifs coralliens.

Elles sont susceptibles d'être présentes sur les fonds rocheux de 0 à plus de 30 m de profondeur. Emblématiques des eaux bretonnes, elles y constituent un des gisements les plus importants d'Europe.

Les laminaires sont très sensibles aux perturbations, ne tolérant ni les variations de température ou de salinité (Birkett et al. 1998), ni l'augmentation de la turbidité. Au niveau européen, elles ont été retenues comme indicateur de qualité écologique des Eaux côtières pour la Directive Cadre Eau (DCE).

BANCS DE MAËRL

Le terme de maërl désigne des algues rouges calcifiées qui vivent sur des sédiments sans y être fixées. Les accumulations peuvent être de quelques centimètres à plusieurs mètres et forment des bancs dont seules les algues de surface sont vivantes, celles en profondeur meurent et blanchissent. Suivant les conditions environnementales, les bancs de maërl sont situés de l'estran à 30 m de profondeur sur le littoral de la Manche et de l'Atlantique, devant les pointes et les caps, et jusqu'à 100 m de profondeur en Méditerranée.

L'architecture complexe des bancs détermine un grand nombre de niches écologiques. Ils forment un écosystème d'une grande diversité. L'Université de Bretagne Occidentale recensent ainsi déjà

14 MEDDE (Conseil général de l'environnement et du développement durable - CGEDD)/ Ministère de l'économie et des finances - Ministère du redressement productif (Conseil général de l'économie, de l'industrie, de l'énergie et des technologies - CGEIET), mars 2013. Rapport de la mission d'étude sur les énergies marines renouvelables, 104p.

15 IGN, BD Carto®, 2006, Traitements : SOeS / Occupation du sol sur le littoral

16 Commissariat général au développement durable - Service de l'observation et des statistiques, Mai 2011, Références : Environnement littoral et marin, Chapitre II : biodiversité et espaces protégés

17 Bajjouk T., Derrien S., Gentil, F., Hily C. & Grall J., 2010, Typologie d'habitats marins benthiques : analyse de l'existant et propositions pour la cartographie. Habitats côtiers de la région Bretagne - Note de synthèse n° 2, Habitats du circalittoral. Projets REBENT-Bretagne et Natura 2000-Bretagne.

18 IFREMER/DIREN-Bretagne, avril 2009, Fiche de synthèse d'habitat « Laminaires » – REBENT

1 500 espèces vivant sur le maërl des côtes bretonnes[19] (mais le nombre total d'espèces est estimé entre 1 800 et 2 000). On y trouve des concentrations importantes d'espèces à grande valeur commerciale, mollusques (coquilles Saint-Jacques, praires, pétoncles et palourdes) et poissons (bars, daurades).

Gros plan sur une coquille Saint-Jacques (Pecten maximus) © Yannis Turpin / Agence des aires marines protégées

Il existe également des bancs de très grande taille en Méditerranée, en Corse, en Espagne, à Malte, en Italie…

HERBIERS DE ZOSTÈRES

Les zostères sont les deux seules plantes à fleurs vivant en milieu marin sur les façades Manche – mer du Nord et atlantique. *Zostera noltii* se développe dans la zone intertidale alors que *Zostera marina*, plus grande, pousse du bas de l'estran à une dizaine[20] de mètres de profondeur.

On les trouve sur les estrans sableux à sablo-vaseux et abrités, surtout dans les grandes baies, les golfes et les estuaires, de l'ouest Cotentin à Arcachon. Les deux principaux sites sont le bassin d'Arcachon où les surfaces concernées ont nettement diminué ces dernières années (près de 7 000 ha d'herbiers, le plus grand site d'Europe occidentale) et le golfe du Morbihan (800 ha de zostères marines et 530 ha de zostères naines). On en retrouve aussi en Méditerranée, principalement dans les lagunes. Munies de puissants rhizomes structurant le sédiment, ces plantes servent de support à des invertébrés et des algues que l'on ne trouverait pas sur des substrats meubles en leur absence. Formant des écosystèmes complexes, les herbiers et les communautés d'invertébrés associées représentent une ressource alimentaire importante pour de nombreux juvéniles de poissons, et de crustacés et servent aussi de lieu de reproduction. Parmi eux, de nombreuses espèces ont une grande valeur économique comme les plies, les rougets ou les crevettes.

Par ailleurs, plusieurs oiseaux comme le canard siffleur et la bernache cravant se nourrissent de zostères.

HERBIERS DE POSIDONIE

Espèce protégée (arrêté ministériel du 19 juillet 1988), la posidonie (*Posidonia oceanica*) est une plante à fleur qui forme de vastes herbiers sur le littoral méditerranéen, et dont les fonctions écologiques sont proches de celles des zostères. Elle se développe de 0 à 30-40 m de profondeur.

Ces herbiers fixent les sédiments par leurs rhizomes et ont une production primaire importante. Les feuilles qui se détachent viennent nourrir et stabiliser les laisses de mer mais sont aussi une source de carbone pour d'autres écosystèmes comme les canyons. De très nombreuses espèces utilisent les herbiers comme refuge, frayère et nurserie dont certaines à forte valeur économique. On estime que 20 à 25 % des espèces animales de Méditerranée y sont observées.

Herbier de Posidonie © Boris Daniel / Agence des aires marines protégées

HERBIERS, MANGROVES ET RÉCIFS CORALLIENS ULTRAMARINS

Outre-mer, les herbiers, mangroves et récifs coralliens constituent une richesse exceptionnelle apportant de nombreux services écologiques aux populations voisines.

Ces trois milieux ont la particularité d'être interconnectés. Ainsi, mangroves et herbiers filtrent les eaux, fournissant une eau propice au développement des coraux. Les herbiers et mangroves sont des lieux de nurseries pour de nombreuses espèces de poissons qui vivent dans le complexe récifal. En retour, les récifs constituent comme des barrières physiques à la force des vagues et des courants, et offrent des eaux calmes nécessaires au développement des herbiers et mangroves. Cela signifie aussi que dès que l'un de ces milieux subit une pression, c'est tout l'écosystème marin local qui est fragilisé.

Biens et services fournis par les écosystèmes marins et côtiers

Le rapport sur l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire[21] (ou *MEA : Millennium Ecosystem Assessment*, 2005) désigne les biens et services écologiques, ou services écosystémiques, comme des « biens et services que les hommes peuvent tirer des écosystèmes, directement ou indirectement, pour assurer leur bien-être ». Schématiquement, il est possible de distinguer quatre grands types de services écologiques : les services de support (constituant les fonctions écologiques de base), les services de régulation (services directs des fonctions écologiques) et les services d'approvisionnement et culturels (services indirects des fonctions écologiques)[22].

Les milieux marins et côtiers offrent des biens et des services inestimables en termes d'alimentation, d'esthétique, de qualité de l'air et de l'eau, etc. Nous ne donnerons ici que quelques illustrations[23].

SERVICES DE RÉGULATION

Les organismes marins remplissent des fonctions d'autoépuration des eaux et contribuent ainsi au maintien de la qualité de l'eau, en retenant, recyclant ou détruisant les substances nocives ou en excès grâce à leurs processus métaboliques. Les lamellibranches (comme les huîtres, coques, moules, etc.), par exemple, sont capables de filtrer plusieurs litres d'eau par heure. Ces organismes sont des bio-épurateurs de l'eau, car ils concentrent les polluants dans leur chair. Certains microorganismes marins (champignons et bactéries) ont aussi la

capacité de dégrader les polluants[24]. En assurant partiellement ces fonctions de détoxification et de dégradation, les zones marines et côtières contribuent à procurer une eau de bonne qualité. Mais rappelons que l'écosystème doit être en bonne santé pour rendre ces services.

SERVICES D'APPROVISIONNEMENT

Les zones marines et côtières sont sources de nombreux produits alimentaires, grâce à la richesse du plancton à la base des chaînes alimentaires, ainsi qu'à la diversité des habitats qu'elles abritent. Près d'un milliard de personnes dépendent du poisson comme seule source de protéine animale disponible... Environ 85 millions de tonnes de poissons sont capturés chaque année au plan mondial.

Marins-pêcheurs à bord d'un chalutier dans la Manche (Parc naturel marin des estuaires picards et de la mer d'Opale) © Marie-Dominique Monbrun / Agence des aires marines protégées

La pêche commerciale française comptait en 2009[25] 7305 navires actifs, plus de 23 090 emplois dont 88 % en métropole[26].

Du fait de la richesse et la diversité des espèces présentes en milieu marin, on y trouve de nombreuses sources de composés utiles pour les activités humaines (agriculture, industrie, médecine). Actuellement, les algues présentent un intérêt croissant dans les applications biotechnologiques en agro-alimentaire, cosmétologie et pharmacologie, ainsi que pour la production de biocarburant (mais celle-ci nécessiterait des cultures très extensives). On en extrait par exemple des additifs utilisés comme stabilisateur, épaississant et gélifiant. Les écosystèmes marins abritent des richesses naturelles que nous commençons à peine à découvrir et dont la diversité génétique est intéressante pour la recherche de gènes de résistances, de médicaments, etc. L'industrie pharmaceutique a découvert dans les herbiers, éponges, mollusques et coraux des récifs, de multiples substances ayant des propriétés anticancéreuses, anti-inflammatoires et anticoagulantes.

SERVICES CULTURELS ET RÉCRÉATIFS

Les zones marines et côtières sont indéniablement des lieux récréatifs appréciés offrant de multiples opportunités pour les activités de loisirs et de tourisme : baignade, pêche de plaisance, nautisme, plongée sous-marine, char à voile, randonnées, observation d'espèces, etc. Le littoral français est une destination majeure des vacanciers, du fait de la beauté des paysages et des conditions climatiques favorables. En été, en France métropolitaine, 13 millions de touristes séjournent en bord de mer chaque année[27]. Les lieux les plus remarquables (Pointe du Raz, Mont Saint-Michel, Dune du Pilat, île de Porquerolles) sont parmi les composantes du patrimoine naturel les plus visitées. La plongée sous-marine et la pêche de loisir sont des activités importantes et génératrices de revenus.

La qualité des sites peut induire des retombées économiques locales considérables. Les lagons et les barrières de corail sont très attractifs d'un point de vue touristique ; on compte ainsi 55 000 plongées/an dans les récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie.

La mer et les espèces marines occupent aussi une place primordiale dans la religion de certaines communautés traditionnelles. Même dans nos sociétés modernes, la mer reste une source de spiritualité, de relaxation et nourrit l'inspiration de très nombreux artistes.

Préserver ces écosystèmes est donc primordial si nous voulons qu'ils continuent à remplir leurs fonctions. Pour cela il est nécessaire de minimiser les impacts affectant ces milieux et de les gérer durablement. ■

> « Les milieux marins et côtiers offrent des biens et des services inestimables en termes d'alimentation, d'esthétique, de qualité de l'air et de l'eau.

19 Source : Jacques Grall, Ingénieur de Recherche chargé de la coordination des séries Faune-Flore de l'observatoire de la Station Marine de Brest (IUEM)

20 http://doris.ffessm.fr/fiche2.asp?fiche_numero=695

21 Millennium Ecosystem Assessment (MEA), 2005, Ecosystem Wealth and Human Well-Being, Island Press

22 UICN France (2012), Panorama des services écologiques fournis par les milieux naturels en France – volume 1 : contexte et enjeux. Paris, France

23 UICN France (2013) - Panorama des services écologiques fournis par les milieux naturels en France - Volume 2.2: les écosystèmes marins et côtiers. Paris, France. A noter également, le projet VALMER, un projet européen rassemblant 11 partenaires et dont l'objectif est de déterminer comment une évaluation intégrée des services écosystémiques marins peut participer à la bonne gestion du milieu marin. Le projet se concentre sur six sites d'étude localisés dans la Manche occidentale pour en tirer des conclusions plus larges. L'Université de Plymouth est chef de file de ce projet qui aboutira à une meilleure compréhension des liens entre les services écosystémiques, leur évaluation, et une gestion efficace du milieu marin. Il est mis en œuvre du 1er septembre 2012 au 31 mars 2015. Lien : http://www.valmer.eu/?lang=fr

24 La biodégradation est une dégradation biologique effectuée par les êtres vivants ; due à l'abondance et à la variété des microorganismes dans le milieu considéré. L'attaque d'une molécule chimique par des microorganismes a pour aboutissement sa minéralisation et l'obtention de métabolites de faibles poids moléculaires.

25 http://agriculture.gouv.fr/la-flotte-et-l-emploi

26 Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche, 2011

27 Jean-Claude Jacob, 2009, Tourisme littoral (cf. « Le Tourisme de A à Z » : http://www.veilleinfotourisme.fr/le-tourisme-de-a-a-z-dossiers-de-veille-sectorielle--92226.kjsp)

Contexte règlementaire

© Martin

Les ressources des océans sont limitées. C'est pourquoi des approches complètes intégrées sont essentielles pour gérer les activités humaines. Les installations d'énergie renouvelable marine de grande échelle constituent un défi relativement nouveau pour des stratégies intégrées de gestion côtière et pour une planification marine spatiale. Le développement de parcs dans des eaux territoriales doit trouver sa place dans les approches de Gestion intégrée des zones côtières (GIZC) et dans les instruments de planification spatiale mis en œuvre en mer, le cas échéant.

Un certain nombre de textes ont été développés à l'échelle internationale, européenne et nationale, pour la gestion de l'espace marin et ses utilisations, y compris la navigation et le survol, l'exploration et l'exploitation de ses ressources, la conservation des ressources biologiques, la protection et la préservation du milieu marin et la recherche scientifique marine.

EMR et droit international de la Mer[28]

La Convention des Nations Unies sur le Droit de la Mer signée en 1982 à Montego Bay opère une codification du Droit de la mer ; elle a notamment édicté des règles relatives à l'utilisation de la mer et à l'exploitation de ses ressources de façon à permettre leur conservation et leur préservation. Ces règles et les droits et devoirs des Etats qui en résultent, varient en fonction des différents espaces maritimes sur lesquels ceux-ci exercent leurs compétences.

L'Etat côtier n'a de droit souverain en matière de développement d'énergie marine renouvelable que dans les espaces situés près de ses côtes (mer territoriale) et dans les espaces dits « sous juridiction nationale » (zone économique exclusive).

En ce qui concerne les eaux intérieures et la mer territoriale, la souveraineté de l'Etat implique le droit d'y exploiter les ressources énergétiques. La mer territoriale s'étend au maximum à 12 milles marins à partir des lignes de base.

L'article 56.1.a de la Convention mentionne les droits souverains de l'Etat côtier dans sa zone économique exclusive, concernant « la production d'énergie à partir de l'eau, des courants et des vents ». La ZEE est un espace d'une largeur de 200 milles au maximum calculée

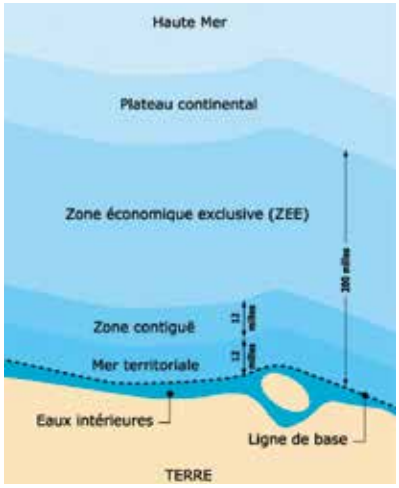


Figure 1. Les zones maritimes telles que définies par le droit international de la mer

à partir des lignes de base de l'Etat côtier. L'Etat doit aussi y assurer la protection de l'environnement. Les compétences correspondantes peuvent y être partagées avec l'UE, ou transférées à celle-ci.

Concernant le plateau continental, l'article 77 de la Convention qui énumère les ressources exploitables ne mentionne pas les EMR. Il n'a en effet pas vocation à réglementer le compartiment pélagique et encore moins l'espace aérien. Les installations au niveau du plateau

continental sont notamment régies par l'article 80 qui introduit, toute chose égale par ailleurs, une extension du régime applicable en ZEE (article 60).

En haute mer enfin, aucune disposition de la Convention sur le droit de la mer ne fait mention du droit d'exploitation des EMR. En revanche, l'exploitation du fond des mers et de ses ressources minérales qui ont été désignés par la communauté internationale comme « Patrimoine commun de l'humanité », fait l'objet d'un régime réglementé et encadré par l'Autorité Internationale des Fonds Marins qu'institue la Convention des Nations Unies pour le Droit de la Mer.

Législation européenne[29]

La législation de l'Union européenne (UE) en matière d'évaluation environnementale décrit les conditions minimales qu'un État membre doit respecter lorsqu'il établit un plan ou un programme, et qu'il peut exiger d'un développeur durant tout le cycle de vie d'un projet. Les informations qu'il doit fournir sont déterminées précisément par les lois nationales et par les conventions que le pays a signées.

L'UE dispose de plusieurs législations pertinentes concernant :

› l'atteinte du bon état écologique de l'ensemble des eaux marines d'ici à 2020 (Directive Cadre Européenne Stratégie pour le Milieu Marin – DCSMM n°2008/56/CE),

› la conservation de la nature et la protection d'espèces et d'habitats spécifiques (Directive Habitats, Faune, Flore n°92/43/CEE),

› les évaluations stratégiques environnementales / EES (Directive n°2001/42/CE concernant l'évaluation des incidences des plans et programmes sur l'environnement). Cette directive impose aux autorités qui établissent un plan ou un programme l'établissement d'un rapport sur les incidences environnementales (indiquant les incidences notables probables sur l'environnement et les solutions de substitution raisonnables) ainsi que la réalisation de consultations (du public, des autorités chargées des questions d'environnement et des autres États membres en cas d'incidences transfrontières notables). Le rapport sur les incidences environnementales et les résultats des consultations sont pris en compte avant l'adoption du plan ou du programme. Une fois que celui-ci est adopté, les autorités chargées des questions d'environnement, le public et tout État membre consulté sont informés, et les renseignements pertinents mis à leur disposition.

› et les évaluations des impacts environnementaux / EIE (Directive n°85/337/CEE, abrogée et remplacée par la Directive 2011/92/UE du 13 décembre 2011 concernant l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement). Cette directive prévoit notamment que « les projets susceptibles d'avoir des incidences notables sur l'environnement, notamment en raison de leur nature, de leurs dimensions ou de leur localisation, soient soumis à une procédure de demande d'autorisation et à une évaluation en ce qui concerne leurs incidences ». Cette législation communautaire est transposée en France à travers les dispositions du Code de l'environnement relatives aux études d'impact. Afin de déterminer le plus tôt possible les effets négatifs imprévus et d'évaluer l'intensité des effets prévus, il y a lieu d'assurer un suivi des incidences notables sur l'environnement à toutes les échelles.

En janvier 2014, la Commission européenne a présenté un plan d'action en deux temps pour accroître le développement des énergies marines et lever les principaux freins identifiés, d'ici 2020.
Entre 2014 et 2016, un forum réunissant tous les acteurs concernés par les énergies marines (industriels, Etats, recherche, UE, ONG) devra être mis en place afin d'améliorer la coordination entre politiques et industries et de trouver collectivement des solutions viables. La Commission y jouera un rôle de facilitation et de coordination. Ce travail collectif aboutira à la rédaction d'une feuille de route stratégique. Un deuxième forum abordera les problématiques administratives et financières. Un groupe de travail sera par ailleurs chargé de travailler sur les évaluations d'impact environnemental des installations existantes et futures, permettant également de faire le point sur les directives environnementales s'appliquant aux énergies marines, et leurs manques éventuels. Dans un deuxième temps (2017-2020), une initiative industrielle européenne pourrait être dé-

28 Beer-Gabel (J.), *Droit international et informatique juridique : dialogue sur le droit de la mer*, Paris : CNRS, 1995, 434 p.
29 IUCN, 2010, Greening Blue Energy, Ibid.

veloppée, basée sur un partenariat public-privé, pour fixer des objectifs clairs et partagés pour le déploiement industriel des énergies marines en Europe. Parallèlement, des lignes directrices pourraient être publiées afin de faciliter l'octroi des permis et alléger la charge administrative pour les autorités et les promoteurs de projets. La réalisation d'un bilan de ce plan d'action est prévu au plus tard en 2020.

Législation nationale

Différents textes concernent notre sujet.

LA STRATÉGIE NATIONALE POUR LA MER ET LE LITTORAL – APPLICATION DE LA DIRECTIVE « DCSMM »

La transposition de la Directive « DCSMM » en droit français s'effectue par l'établissement de Plans d'Action pour le Milieu Marin (PAMM) (art L 219-9 du Code de l'Environnement introduit par la loi du 12 juillet 2010), qui constituent le volet environnemental des futurs documents stratégiques de façade créés par l'art. L 219-3 de ce même code et qui déclinent eux-mêmes à l'échelle de chaque façade les objectifs de la Stratégie Nationale pour la Mer et le Littoral (art L 219-1).

Elaborés sous la responsabilité des préfets maritimes et de région, ces plans d'action pour le milieu marin doivent intégrer les éléments suivants (i) une évaluation initiale de l'état de la sous-région marine, (ii) une définition du bon état écologique de la sous-région, à atteindre pour 2020, (iii) la fixation d'objectifs environnementaux, (iv) un programme de surveillance et un programme de mesures.

Ces Plans d'Action Milieu Marin (PAMM) comportent notamment :

› une analyse des spécificités et caractéristiques essentielles et de l'état écologique de ces eaux,
› une analyse des principaux impacts et pressions, notamment dus à l'activité humaine, sur l'état écologique de ces eaux,
› une analyse économique et sociale de l'utilisation de ces eaux et du coût de la dégradation du milieu marin.

Le PAMM doit être élaboré sur la base d'une large concertation avec les acteurs maritimes et littoraux. Cette concertation est effectuée notamment au sein du Conseil Maritime de Façade (CMF), qui intègre également les établissements publics en charge de la mer et du littoral, les associations de protection de la nature et les usagers des milieux. Elle est suivie d'une consultation du public, à laquelle chaque citoyen peut participer.

Outre-mer, les collectivités territoriales élaborent avec l'Etat et dans le respect des compétences de chacun une stratégie à l'échelle de chaque bassin maritime ultramarin, le cas échéant transfrontalier, appelée document stratégique de bassin maritime. Un conseil maritime ultramarin est créé à l'échelle de chaque bassin maritime.

APPLICATION DE LA DIRECTIVE HABITATS EN FRANCE

Le réseau Natura 2000 en mer, français couvre actuellement une surface de 4,1 millions d'hectares avec 207 sites (148 mixtes et 59 entièrement marins). Il vise à constituer un réseau cohérent au regard des enjeux de sauvegarde de la biodiversité du territoire, comme l'impose la législation européenne. Il doit être complété notamment par des désignations de sites au large.

APPLICATION DE LA DIRECTIVE EES EN FRANCE

La directive a été transposée en droit français dans différents codes : ainsi, pour l'environnement, aux articles L. 122-4 à L. 122-11 et R. 122-17 à R. 122-24du code de l'environnement et, pour l'urbanisme, aux articles L. 121-12 à L. 121-15 et R. 121-14 à R. 121-17 du code de l'urbanisme, L. 4424-13, L. 4433-7, R. 4424-6-1, R. 4433-1 et R. 4433-1-1 du code général des collectivités territoriales.

L'évaluation environnementale du plan ou programme comprend un rapport en-

Hippocampe © Frédéric Lechat

vironnemental qui aux termes de l'article L. 122-6 du code de l'environnement identifie, décrit et évalue les effets notables que peut avoir la mise en oeuvre du plan ou du document sur l'environnement. Ce rapport présente les mesures prévues pour réduire et, dans la mesure du possible, compenser les incidences négatives notables que l'application du plan peut entraîner sur l'environnement. Il expose les autres solutions envisagées et les raisons pour lesquelles, notamment du point de vue de la protection de l'environnement, le projet a été retenu.

Le développement des énergies marines renouvelables a fait l'objet de deux appels d'offres de la CRE pour l'éolien offshore (lancés au titre du Code de l'Energie), couplés à des appels à manifestation d'intérêt pour les démonstrateurs. Les appels d'offre n'ont pas été soumis à l'Évaluation Environnementale Stratégique imposée pour les plans et programmes nationaux. Les évaluations initiales prévues dans le cadre de la DCSMM n'étaient pas disponibles au moment du lancement des deux premiers appels d'offres éoliens. Dans le futur, l'articulation entre ces documents stratégiques et le développement des énergies renouvelables en mer est appelée à être renforcée.

APPLICATION DE LA DIRECTIVE EIE EN FRANCE - RÉGLEMENTATION EN MATIÈRE D'ÉTUDES D'IMPACT

Cette Directive est transposée dans le droit français à l'article R122-2 du Code de l'Environnement créé par le Décret n°2011-2019 du 29 décembre 2011 qui précise que tout projet appartenant à la catégorie d'aménagements, d'ouvrages et de travaux « Energie » et à la sous-catégorie n°27 « Installations en mer de production d'énergie » est soumis à cette étude d'impact.

En cas d'impacts négatifs significatifs sur la biodiversité marine, l'IUCN France rappelle l'importance du respect de la séquence « éviter/réduire/compenser »[30] dans le but de concevoir les projets les moins impactants pour l'environnement. La mise en œuvre de la séquence est hiérarchique : on cherche prioritairement à éviter les impacts ; s'ils ne peuvent être évités des mesures sont prises pour les réduire ; enfin, en dernier ressort, les éventuels impacts résiduels significatifs n'ayant pu être évités ou réduits doivent être compensés (en dernier recours).

La séquence « éviter/réduire/compenser » est décrite dans la Directive EIE, qui demande aux développeurs de décrire les mesures envisagées pour éviter, réduire et, si possible, compenser les effets négatifs importants du projet sur l'environnement lors de l'évaluation des incidences environnementales du projet (dans le rapport d'Etude d'Impact Environnemental par exemple).

Le Ministère en charge de l'Ecologie a par ailleurs publié en octobre 2013 des lignes directrices pour clarifier l'application de la séquence « éviter/réduire/compenser »[31].

LA LOI LITTORAL

Aux termes des articles L.321-2 et R.321-1 du Code de l'Environnement, sont considérées comme communes littorales « les communes de métropole et des départements d'outre-mer riveraines des mers et océans, des étangs salés, des plans d'eau intérieurs d'une superficie supérieure à 1 000 hectares » mais aussi celles énoncées par l'article R.321-1 du code.

Face à la concentration croissante d'activités et au développement urbain des régions côtières, la loi Littoral (1986) établit en effet quatre objectifs :

- préserver les espaces rares, sensibles et maintenir les équilibres écologiques ;
- gérer de façon économe la consommation d'espace due à l'urbanisation et aux aménagements touristiques ;
- ouvrir plus largement le rivage au public ;
- accueillir en priorité sur le littoral les activités dont le développement est lié à la mer.

LA RÉGLEMENTATION APPLICABLE AUX INSTALLATIONS DANS LA ZONE ÉCONOMIQUE EXCLUSIVE

Dans le cadre de la préparation du projet de Loi Biodiversité (volet marin), le Ministère en charge de l'Ecologie est amené à rédiger des propositions qui clarifient, complètent et sécurisent le cadre juridique permettant le développement d'activités économiques dans la zone économique exclusive dans le respect de la biodiversité.

30 UICN France, 2011, La compensation écologique : État des lieux et recommandations. Paris, France

31 MEDDE, Octobre 2013, Lignes directrices nationales sur la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur les milieux naturels. Liens : http://www.developpement-durable.gouv.fr/Doctrine-eviter-reduire-et,28438.html et http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Ref_-_Lignes_directrices-2.pdf

L'archipel de Molène vu du ciel ©Julien Courtel / Agence des aires marines protégées

En effet, il est apparu nécessaire d'encadrer la création des futurs parcs EMR dans cet espace et plus globalement le développement des activités économiques (autres que les extractions minérales, minières et d'hydrocarbures, et les activités halieutiques et aquacoles, qui sont déjà couvertes par d'autres réglementations).

Ce texte viendra donc combler un vide juridique dans la réglementation, et permettra de renforcer la capacité de la France à assurer la protection de ses intérêts et à remplir ses engagements au regard du droit international[32] (Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, Convention sur la Diversité Biologique, Convention OSPAR, Convention de Barcelone, Conventions de Carthagène, de Nairobi, de Nouméa et d'Apia, convention CCAMLR) et du droit communautaire.

SPÉCIFICITÉS ULTRAMARINES[33]

Le littoral outre-mer n'est pas régi par les mêmes règles qu'en métropole et les dispositions applicables sont différentes entre les Départements d'outre-mer (DOM) et les Collectivités d'outre-mer (COM).

Dans les Départements d'outre-mer, la loi Littoral est applicable mais avec des spécificités. La constitution permet en effet des adaptations du droit dans les DOM.

Le domaine public dans les DOM n'est pas le même que celui de métropole : la zone des 50 pas géométriques subsiste avec un régime particulier. En Guadeloupe et Martinique, la loi prévoit ainsi dans cette zone des cessions de parcelles au bénéfice des communes, des organismes d'habitat social mais aussi d'occupants sans titre.

Mais avec l'accélération des régularisations et des occupations du littoral, apparait la menace de privatisation de l'accès au littoral et à la mer.

Dans les collectivités d'outre-mer, la compétence environnementale est locale (sauf à Saint-Martin), après transfert par une loi organique. Le principe de spécialité législative, selon lequel les lois nationales ne s'appliquent aux COM que lorsqu'elles le prévoient expressément, a écarté ces collectivités du bénéfice de nombreux pans de la législation environnementale. Lorsque la compétence « Urbanisme » a été transférée, la loi Littoral ne s'y applique pas. Or, bien souvent, le droit local n'a pas encore développé les dispositions nécessaires à la préservation de l'environnement côtier.

De plus, le droit communautaire ne s'applique pas partout non plus en Outre-Mer (différences entre les régions ultrapériphériques (RUP) de l'Union européenne au sens de l'article 349 du traité de Lisbonne, et des pays et territoires d'outre-mer (PTOM), régis par la IV^{e} partie du même traité).

De façon générale, une stratégie de développement adaptée à ces territoires apparaît aujourd'hui nécessaire.

DOCUMENTS NORMATIFS[34]

Des documents normatifs ont été produits par les gouvernements, donnant des informations spécifiques sur les processus d'évaluation et les méthodes de suivi des impacts environnementaux. En voici quelques exemples :

› Lignes directrices pour la conservation de la nature lors du développement de parcs d'éoliennes offshore – Royaume Uni - DEFRA 2005
› Orientations consolidées sur les considérations environnementales pour le développement de parcs d'éoliennes offshore – OSPAR 2008
› Lignes directrices sur le développement de l'énergie éolienne et les exigences de la conservation de la nature en UE – Commission européenne 2010

En France, plusieurs documents d'accompagnement ont également été rédigés :

› Le MEDDE (DGEC) a publié en 2012 une étude méthodologique sur les impacts environnementaux et socio-économiques des énergies marines renouvelables (361p.)[35]
› L'organisme France Energies Marines coordonne actuellement un guide d'évaluation des impacts environnementaux pour les technologies hydroliennes en mer (projet GHYDRO)[36]
› Le Projet MERiFIC a réalisé une synthèse documentaire des impacts environnementaux des énergies marines renouvelables, septembre 2012 (98p.)[37]
› L'Ifremer a publié un Protocole pour la réalisation des études d'impact et de surveillance des projets de sites d'implantation d'énergie renouvelable en mer, assorti de nombreuses recommandations[38].
› Le projet européen : Atlantic Power Cluster[39] rassemble des acteurs d'Irlande, d'Espagne, de France, du Portugal et du Royaume-Uni et a pour objectif de développer durablement le potentiel d'énergie renouvelable de l'environnement marin et côtier de ces régions. ■

> « Dans les Départements d'outre-mer, la loi Littoral est applicable mais avec des spécificités. La constitution permet en effet des adaptations du droit dans les DOM.

Mangroves © Ji-Elle

32 Lien : http://www.aires-marines.fr/Partager/Cooperation-regionale
33 Lien : http://www.uicn.fr/pdfs/plaquette_20ans_loi_litt.pdf
34 IUCN, 2010. Greening Blue Energy. Ibid.
35 Lien : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/120615_etude_version_finale.pdf
36 Lien : http://www.france-energies-marines.org/R-D/Perimetre-R-D-Recherche-sur-verrous-non-technologiques
37 Lien : http://www.merific.eu/files/2013/01/FR-3-2-1-full-PRINT-2.pdf
38 Lien : http://wwz.ifremer.fr/drogm/Cartographie/Plateau-continental/Energies-marines-renouvelables/Protocole
39 Lien : http://atlantic-power-cluster.eu/index.php/en/

Présentation des différentes filières EMR

© Sylvain Michel

Etat de la recherche

Ormeau © Frédéric Lechat

■ Cette étude concerne 5 types de technologie d'exploitation des énergies marines renouvelables : l'éolien offshore (fixé et flottant), l'hydrolien, l'énergie houlomotrice, l'énergie thermique des mers et l'énergie marémotrice.

Bien qu'étant encore à ses débuts en France, l'énergie éolienne offshore est actuellement, après l'énergie marémotrice[40], la technologie d'énergie renouvelable marine la plus développée et la plus mature, comparée, par exemple, aux énergies houlomotrice et hydrolienne, et les problèmes environnementaux associés sont donc mieux documentés.

Les recherches académiques sur les questions environnementales et écologiques liées au développement de l'éolien offshore sont principalement menées au Danemark, en Allemagne, au Royaume-Uni et en Suède[41], et plus récemment aux Pays Bas et en Belgique[42]. Cependant, la plupart des programmes de recherche n'ont été lancés que récemment, et nombre de contributions se limitent au développement de méthodes d'analyses des impacts. De plus, la majorité des études réalisées à ce jour se sont focalisées sur des espèces particulières, et non sur l'ensemble de leur écosystème. On dispose donc de peu d'informations concernant les effets sur des écosystèmes entiers.

Ces travaux ont fait apparaître des besoins de recherche supplémentaire sur certains thèmes, par exemple sur les effets du bruit et des champs électromagnétiques sur différentes espèces, ou encore sur les mécanismes qui sous-tendent les comportements d'évitement, dans le but de développer des stratégies d'atténuation appropriées.

En outre, il conviendrait de développer l'étude des bénéfices potentiels liés à l'encadrement et l'évolution des autres activités dans les parcs EMR, et à la fourniture d'habitats artificiels.

Enfin, il sera également nécessaire de développer des outils analytiques pour l'évaluation des effets en cascade sur les écosystèmes et des effets cumulés des EMR avec d'autres activités maritimes.

La transposition au milieu marin des résultats obtenus pour les parcs éoliens terrestres n'est par ailleurs pas pertinente. L'environnement marin diffère fondamentalement des milieux terrestres, non seulement par les types d'organismes susceptibles d'être affectés, mais aussi en raison de facteurs physiques (ex. propagation des sons) et biologiques (ex. régulation des flux de nourriture et d'énergie et dispersion des jeunes). Il n'est pas non plus possible de transposer simplement les études réalisées pour d'autres activités maritimes, les parcs éoliens marins différant des autres industries mécaniques marines notamment par leurs techniques d'implantation, les superficies couvertes et par leurs facteurs de perturbation. Il est toutefois possible de trouver, par exemple dans les secteurs du pétrole et du gaz ou de l'extraction de granulats, des informations sur les perturbations environnementales potentielles et des pistes de réflexion en matière de procédés d'atténuation et de restauration. ■

Techniques, conditions nécessaires et potentiels en France

© Martin

Le potentiel énergétique des océans est considérable. En effet, à l'échelle mondiale, les océans couvrent 71 % de la planète et reçoivent une grande part du rayonnement solaire. Ce dernier, de très loin la principale source d'énergie dans les océans, est à l'origine des vents, vagues et houles, courants thermohalins et gradients de température et de salinité. Les océans reçoivent par ailleurs l'énergie des marées et l'énergie géothermique.

Divers systèmes ont été développés pour exploiter cette énergie. Certaines techniques sont actuellement utilisées, d'autres sont encore à l'essai ou font l'objet de recherches. Nécessitant chacune des conditions physiques bien particulières, les différentes filières n'ont pas le même potentiel de développement dans toutes les eaux sous juridiction française.

Eolien offshore (posé et flottant)

DESCRIPTION TECHNIQUE SUCCINCTE

Actuellement, l'éolien posé est la technique la plus avancée dans le domaine des énergies marines renouvelables, et la seule développée à l'échelle industrielle en France depuis la construction de l'usine marémotrice de la Rance.

L'énergie éolienne offshore, sur le même principe que l'éolien terrestre, utilise l'énergie cinétique du vent pour la production d'électricité. Les éoliennes sont composées d'un mât qui peut être fixé au fond (technique utilisée actuellement) ou à un support flottant (technique en cours de développement) et qui supporte une turbine munie d'un rotor comportant 2 ou plus souvent 3 pales.

Le courant électrique est ensuite acheminé vers le réseau terrestre par des câbles sous-marins.

Les vents marins plus forts et moins perturbés qu'à terre sont favorables à l'exploitation de l'énergie éolienne. Cependant les défis techniques sont importants, liés à l'environnement marin, à la maintenance, aux transports, à la logistique et aux technologies de construction.

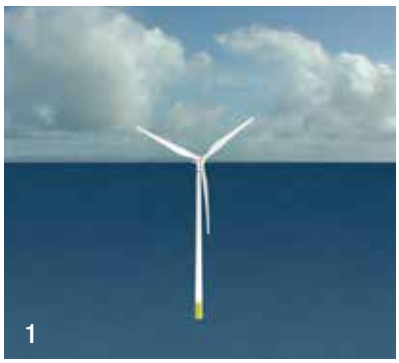
Les performances et les tailles des éoliennes ne cessent de progresser : certaines machines pourront prochainement atteindre 8 MW. En France, les parcs à venir auront une puissance installée allant

40 En effet l'énergie marémotrice est exploitée en France depuis 1966 (usine de La Rance), elle est donc plus développée que l'éolien offshore, et l'impact environnemental est bien documenté.

41 IUCN, 2010, Greening Blue Energy. Ibid.

42 Sur les études scientifiques en Belgique : Environmental impact of offshore wind farms "learning from the past to optimise future monitoring programmes" : http://www2.mumm.ac.be/winmonbe2013/report.php

de 450 à 500 MW et seront composés d'une centaine d'éoliennes chacun. A titre de comparaison, les projets de futurs parcs éoliens pourraient cumuler une puissance totale installée de 9 GW au Royaume-Uni à l'horizon 2020[43]. Pour des raisons aérodynamiques, l'espacement des éoliennes dans ces parcs est de l'ordre du kilomètre, ce qui correspond à une puissance installée de l'ordre de 5 MW par km² ; soit environ 100 km² pour un parc de 500 MW, dont moins d'un centième est effectivement occupé par les fondations[44]. A titre de comparaison, les surfaces totales qui seront occupées par les parcs éoliens français en projet sont de 50 km² (Courseulles-sur-Mer pour 75 éoliennes), 65 km² (Fécamp pour 83 éoliennes), 77 km² (Saint-Brieuc pour 100 éoliennes) et 78 km² (Saint-Nazaire pour 80 éoliennes).



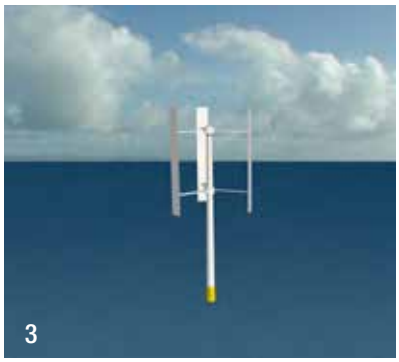


Figure 2a : Schéma des différents types d'éoliennes[45] : éolienne à axe horizontal à trois pales (1), éolienne à axe horizontal à deux pales (2), éolienne à axe vertical (3).

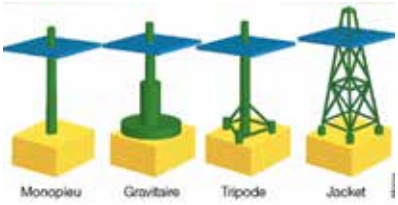


Figure 2b : Schéma des différents types de fondations *© Infomer*

L'éolien flottant, encore au stade de l'expérimentation, est une filière qui devrait permettre, à terme, d'exploiter des surfaces marines importantes à des profondeurs supérieures (à partir de 50 m jusqu'au-delà de 200 m), et de limiter ainsi les conflits d'usages sur les zones côtières déjà fortement convoitées. Plusieurs concepts de flotteurs sont en cours de développement (spar, tension legs, semi-submerged, damping pool) et les turbines associées pourraient différer radicalement des modèles d'éoliennes plantées (turbines à axe vertical).

POTENTIELS DE DÉVELOPPEMENT

Au sein de l'Union Européenne, les parcs éoliens marins fournissent aujourd'hui 0,3 % de la demande totale d'électricité : selon le rapport « *Oceans of Opportunity* » de l'Association européenne de l'énergie éolienne (EWEA), ce pourcentage pourrait atteindre 12 à 16 % d'ici 2030. Le potentiel de développement est donc énorme.

L'Ifremer estime dans son étude de prospective[46] que le potentiel de l'éolien offshore en France métropolitaine est de 150 TWh (4 000 MW).

La Commission éolienne du Syndicat des Energies Renouvelables (SER) a quant à elle proposé, en septembre 2013, une feuille de route[47], basée sur des hypothèses qui tiennent compte à la fois du potentiel maritime exploitable, de la capacité industrielle des acteurs de la filière et de la concertation indispensable entre tous les usagers de la mer. Sur cette base, dans une approche prudente, et tenant compte des difficultés qu'ont pu rencontrer d'autres projets éoliens en mer dans le monde, les travaux de la Commission aboutissent à la possibilité réaliste d'atteindre 15 GW en 2030 (sans compter l'éolien flottant, qui est le potentiel le plus important).

Notons que la Fédération Energie Eolienne a publié en juillet 2013 un programme d'actions visant un objectif similaire pour l'éolien posé et un objectif de 6 GW en 2030 pour l'éolien flottant. A cette occasion, France Energie Eolienne (FEE) a identifié un potentiel techniquement exploitable de 80 GW pour l'éolien posé et 122 GW pour l'éolien flottant[48].

Les atouts de la France en matière d'éolien en mer sont particulièrement forts : vaste espace maritime, savoir-faire industriel et énergétique, savoir-faire maritime, capacité portuaire. La France métropolitaine bénéficie de forts vents marins ainsi que de fonds de faible profondeur, favorables à l'exploitation de cette énergie.

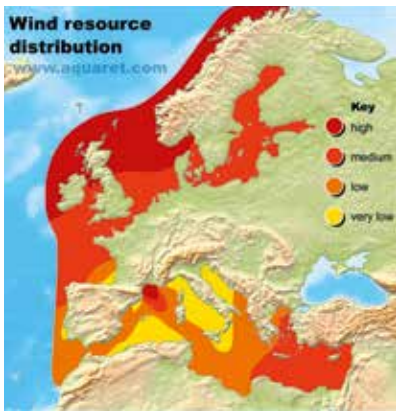


Figure 3 : Carte de la ressource éolienne marine en fonction de la vitesse du vent à 40 m au-dessus du sol[49].

L'appel d'offres lancé par le Gouvernement en juillet 2011 a constitué une première étape. Il va permettre l'implantation de près de 2 000 MW éoliens en mer répartis sur quatre sites : Courseulles-sur-Mer, Fécamp, Saint-Brieuc, Saint-Nazaire. La mise en service des parcs est prévue entre 2018 et 2020 par les conditions de l'appel d'offre[50]. Ce premier appel d'offres a permis de poser les jalons d'une nouvelle filière industrielle ; en effet, plusieurs usines sont en passe d'être construites sur le territoire français.

Un deuxième appel d'offres a été lancé au mois de mars 2013, portant sur deux zones (Tréport, îles d'Yeu et de Noirmoutier). La mise en service de ces parcs, pour une puissance maximale de 1 000 MW, est prévue entre 2021 et 2023.

Outre-mer, le potentiel de développement de la filière éolien offshore est faible compte tenu notamment de la bathymétrie, mais aussi des zones sismiques et cycloniques ; mais le potentiel exploitable

est néanmoins significatif vis-à-vis des besoins locaux (bien qu'il soit cependant peu probable que le potentiel techniquement exploitable permette à lui seul l'autonomie de ces îles).

Des avancées techniques sont par ailleurs à noter ces dernières années du côté de l'éolien flottant. Cette technologie en cours de maturation permettrait l'exploitation de zones situées beaucoup plus au large, où les vents sont importants et où la profondeur est un facteur limitant pour l'implantation d'éoliennes posées (en Méditerranée notamment). Cette technologie présente par ailleurs des avantages intéressants dans le cadre de la réduction des impacts sur les écosystèmes marins.

Dans le cadre des Investissements d'avenir, l'AMI Énergies Marines, piloté par l'ADEME a notamment permis de financer deux projets de démonstration dans le secteur de l'éolien offshore flottant :

- Le premier démonstrateur du projet WINFLO sera testé à partir de 2015 au large des côtes françaises (essais à Groix) et les premières pré-séries pourraient être fabriquées en 2016, en fonction des résultats de ces essais.
- L'éolienne flottante développée dans le cadre du projet VERTIWIND présente un axe vertical pour accroître sa stabilité. L'éolienne disposera ainsi d'une flottaison ne nécessitant qu'un tirant d'eau d'une dizaine de mètres. Le démonstrateur sera expérimenté en Méditerranée au large de Fos-sur-mer, où un parc expérimental de 13 machines est déjà à l'étude avec le soutien du fonds européen NER300.

Le projet SEMREV de recherche expérimentale (Ecole Centrale de Nantes) devrait par ailleurs être installé prochainement au large du CROISIC.

Hydrolien[51]

DESCRIPTION TECHNIQUE SUCCINCTE

Les hydroliennes sont des turbines immergées ou semi-immergées mises en mouvement grâce à l'énergie cinétique des courants marins. Les structures utilisant l'énergie cinétique des courants peuvent se présenter sous différentes formes : hydrolienne à axe vertical ou horizontal, mais aussi du type « roue à aube » ou dispositifs oscillants. Comme les éoliennes, les turbines peuvent être installées sur des supports fixés au fond ou flottant en surface. Les systèmes fixés peuvent être entièrement sous-marins ou pourvus d'un pylône qui émerge.

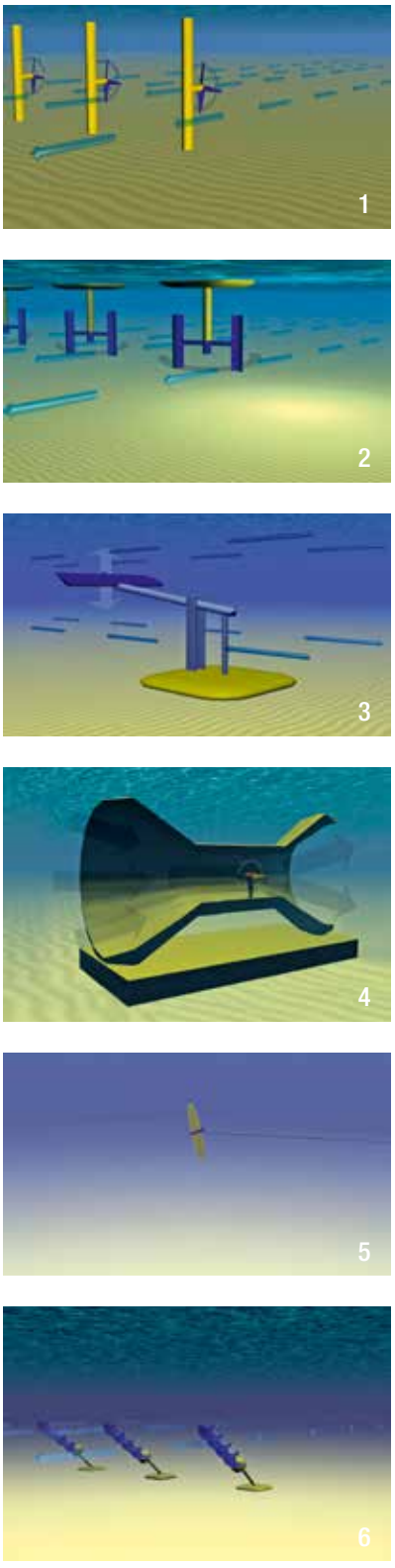


Figure 4 : Schéma des différents concepts hydroliens[52] : turbines à axe horizontal (1), turbines à axe vertical (2), hydroptères alternatifs (3), dispositifs à effet Venturi (4), kite-de-marée (5), vis d'Archimède (6).

> « Au sein de l'Union Européenne, les parcs éoliens marins fournissent aujourd'hui 0,3 % de la demande totale d'électricité.

43 Selon l'article "New UK offshore wind farm licences are announced" de la BBC.
44 Il faut toutefois tenir compte de la surface nivelée autour des fondations, des protections contre l'affouillement et des passages de câbles.
45 www.aquaret.com
46 IFREMER, 2009, Ibid.
47 Syndicat des Energies Renouvelables, 2013, Une feuille de route pour l'éolien en mer : 15 000 MW en 2030.
48 Lien : http://fee.asso.fr/politique-de-leolien/eolien-en-mer/
49 www.aquaret.com
50 Le cahier des charges impose 20 % de puissance opérationnelle en avril 2018, 80 % en avril 2019 et 100 % en avril 2020.
51 On ne traite ici que des hydroliennes utilisant les courant de marée ; et non les courants thermohalins au large.
52 www.aquaret.com

Les courants associés à la marée étant prédictibles, la production d'électricité associée peut être prédite avec une bonne précision. La densité de l'eau étant 800 fois supérieure à celle de l'air, les hydroliennes installées dans les zones de courants forts ont des dimensions plus faibles que celle des éoliennes de même puissance.

Hydroliennes OpenHydro © EDF / TOMA

POTENTIELS DE DÉVELOPPEMENT

Située dans une des zones où les marées sont les plus importantes dans le monde, la France possède le deuxième potentiel d'énergie hydrolienne en Europe, juste derrière le Royaume-Uni. L'Ifremer estime dans son étude de prospective[53] que le potentiel de l'hydrolien en France métropolitaine est de 10 TWh (400 MW), ce qui représente 15 fois moins que le potentiel de l'éolien flottant.

Le potentiel métropolitain français est situé dans des zones à marée où la vitesse moyenne du courant est supérieure à 1,5 m/s, comme au niveau des caps ou encore des goulets entre les îles et le continent, pour l'essentiel en Manche. Outremer, le potentiel de développement de la filière est faible. Les zones propices sont restreintes (ex : passes de lagons, où les courants sont permanents et parfois très intenses) mais permettraient une production décentralisée (ce qui peut intéresser certains territoires français ultramarins).

Figure 5 : Carte des ressources hydromotrices sur la base de la vitesse des courants[54].

En France, il n'existe aujourd'hui aucune hydrolienne opérationnelle assurant une production commerciale. Cependant, dans les années à venir, les pales de dizaines d'hydroliennes pourraient tourner au large des côtes françaises. Le 30 septembre 2013, un appel à manifestations d'intérêt (AMI) a en effet été lancé par le gouvernement, destiné à soutenir l'installation de quatre parcs pilotes. Deux sites ont été retenus : le Raz Blanchard, à la pointe Nord-Ouest du Cotentin et le passage du Fromveur au large du Finistère (ces deux zones concentrant 80 % du potentiel énergétique d'exploitation des courants marins en France).

Le site de Paimpol Bréhat, au large de Ploubazlanec dans les Côtes d'Armor en Bretagne, fait depuis l'été 2012 l'objet de tests en conditions réelles.

Marémoteur

DESCRIPTION TECHNIQUE SUCCINCTE

Héritières des moulins à marée répandus sur les côtes bretonnes, les usines marémotrices telles que celle de la Rance se présentent sous la forme d'un barrage permettant la formation d'un bassin. L'énergie marémotrice utilise la différence de hauteur d'eau entre le bassin et la mer, fonction de la marée. Les installations peuvent utiliser tout le cycle (marée montante et descendante), ou seulement une partie du cycle. Ce type de système exige des conditions très particulières, puisqu'il faut à la fois des marées de forte amplitude et une baie ou un estuaire favorable à la création d'un barrage délimitant une surface de bassin suffisamment importante.

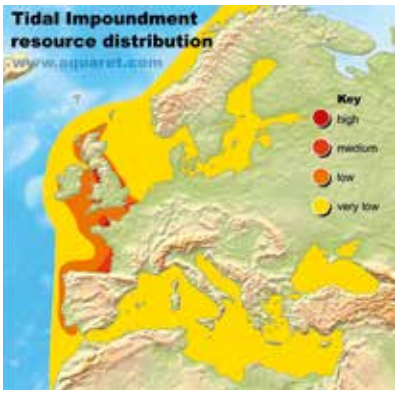


Figure 6 : Carte des ressources marémotrices en fonction de l'amplitude des marées[55].

POTENTIELS DE DÉVELOPPEMENT

L'usine de la Rance est la plus ancienne au monde et la seule en France, elle a une puissance de 240 MW. Installée depuis 1966, elle permet de bénéficier d'un retour d'expérience important sur cette technologie. Actuellement, aucun autre projet d'usine marémotrice ne semble se développer en France, les rares sites propices à ce type d'installation, ainsi que les impacts sur l'environnement des cours d'eau et des milieux marins impliqués, ne favorisent pas le développement d'autres projets sur nos côtes.

Il est également proposé de développer des bassins marémoteurs adossés à la côte[56], dans de grandes baies et non dans des estuaires : alternativement, ces gigantesques bassins pourraient permettre de canaliser le flux de la marée vers des parcs hydroliens répartis le long de la digue. Ces projets n'ont pas fait à ce jour l'objet d'études environnementales, et nécessiteraient des travaux très importants, qui auraient également un impact sur les milieux marins (extraction de granulats pour les digues…).

Enfin, des projets concernant des lagons artificiels de taille plus limitée (bassins portuaires…) sont à l'étude pour exploiter l'énergie des marées.

Houlomoteur

DESCRIPTION TECHNIQUE SUCCINCTE

Les dispositifs houlomoteurs utilisent l'énergie des vagues et de la houle pour produire de l'électricité. De très nombreux procédés ont été imaginés pour exploiter cette ressource énergétique : les structures flottantes (telles que Pelamis, utilisant la mise en mouvement par la houle d'une structure articulée), les colonnes d'eau oscillantes (utilisant la compression de l'air due à la variation du niveau d'eau dans un compartiment pour actionner une turbine), les systèmes à déferlement, les systèmes immergés posés au fond, les systèmes articulés (projet EMACOP[57] porté par le CETMEF : systèmes adossés à une digue, muni d'un bras articulé relié à un flotteur), etc.

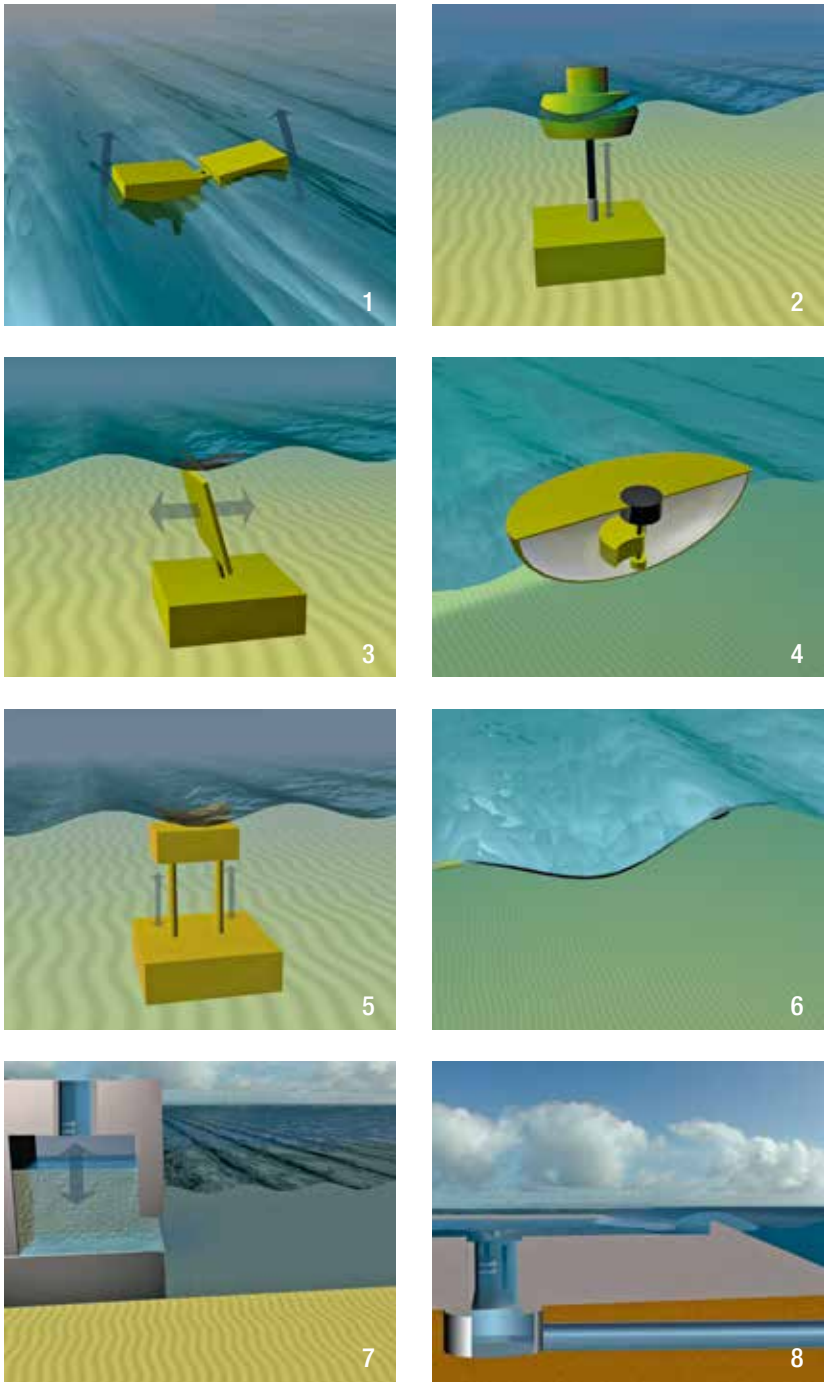


Figure 7 : Schéma des différents concepts houlomoteurs[58] : atténuateurs (1), absorbeurs de houle (2), convertisseurs du mouvement oscillatoire des vagues (3), dispositifs de rotation (4), dispositifs basés sur les pressions différentielles (5), dispositifs basés sur l'ondulation (6), colonnes d'eau oscillante (7), dispositifs de débordement (8).

La plupart de ces dispositifs sont destinés à une installation en mer, sauf ceux à déferlement, à colonnes d'eau oscillantes et à bras articulés, qui peuvent également être installés sur la côte.

POTENTIELS DE DÉVELOPPEMENT

L'Ifremer estime dans son étude de prospective[59] que le potentiel houlomoteur en France métropolitaine est de 40 TWh (200 MW), alors que l'ADEME, dans sa feuille de route, estime que le potentiel techniquement exploitable en France métropolitaine atteint une puissance de 10 à 15 GW[60], essentiellement sur la façade Atlantique.

> « La France possède le deuxième potentiel d'énergie hydrolienne en Europe, juste derrière le Royaume-Uni.

53 IFREMER, 2009, Ibid.
54 www.aquaret.com
55 www.aquaret.com
56 Intervention de F. Lempérière (Hydrocoop) au colloque de la SHF « EMR 2013 ». Lien vers le site d'Hydrocoop : http://www.hydrocoop.org/fr/publications.php#maremotrice
57 Lien : http://www.letelegramme.fr/iggenerales regions/finistere/energies-marines-le finistere-a-la-pointe-de-la-houle 10-12-2013-2332304.php?utm_source= rss_telegramme&utm_medium=rss&utm_ campaign=rss&xtor=RSS-24
58 www.aquaret.com
59 IFREMER, 2009, Ibid.
60 ADEME, 2010. Feuille de route sur les énergies renouvelables marines.

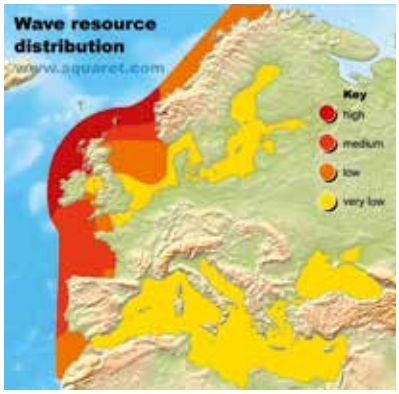


Figure 8 : Carte des ressources houlomotrices en fonction de la taille de la houle et des vagues soulevées par le vent[61].

Aucun dispositif houlomoteur n'est à ce jour installé sur les côtes françaises, mais divers projets se développent en métropole et outre-mer. On peut notamment citer le projet SEA-REV de l'Ecole Centrale de Nantes qui développe un système flottant possédant une partie lestée mise en mouvement par la houle à la manière d'un pendule. DCNS et Fortum projettent également un parc-pilote basé sur le système Wave Roller qui serait installé en baie d'Audierne, dans le sud du Finistère. Le CETMEF travaille quant à lui à l'identification de sites propices pour des dispositifs houlomoteurs intégrés dans les digues portuaires, utilisant le concept de colonne d'eau oscillante ou de flotteur articulé.

Outre-mer, le potentiel houlomoteur est notable notamment dans les îles exposées à la houle océanique. Des projets utilisant les systèmes Pelamis et CETO (système de bouées immergées mises en mouvement par la houle) pourraient voir le jour sur les côtes réunionnaises. Un prototype CETO taille réelle est en cours d'installation et les essais seront réalisés en 2014.

Projet « Houles Australes » (EDF EN) © Energies Reunion

Il y a aussi un fort potentiel en Polynésie et Nouvelle-Calédonie et, plus localement, en Guadeloupe et Martinique.

Filières thermiques et Energie thermique des mers (ETM)

L'énergie thermique des mers est associée à l'absorption directe du rayonnement solaire par les eaux superficielles des océans. L'Union européenne utilise le terme énergie hydrothermique pour « l'énergie emmagasinée sous forme de chaleur dans les eaux de surface ».

DESCRIPTION TECHNIQUE SUCCINCTE

L'océan est stratifié thermiquement, les couches supérieures pouvant atteindre des températures élevées, notamment en zones intertropicales (plus de 24°C et jusqu'à 30°C), alors que la température est faible dans les couches profondes (environ 5°C aux environs de 1 000 m) ; on peut ainsi exploiter :

- soit la chaleur des couches supérieures : pompes à chaleur « PAC » pour le chauffage ;
- soit le froid des couches inférieures : « Sea Water Air Conditioning » SWAC pour le refroidissement ;
- soit enfin la différence de température entre les eaux de surface et celles du fond : filière dite « ETM » pour « énergie thermique des mers » ou OTEC « Ocean Thermal Energy Conversion » qui utilise une machine thermique (pompe surface-fond, échangeur et turbine génératrice) et qui vise la production d'électricité.

Contrairement à la plupart des autres EMR, la production ETM est stable, prévisible et continue 24h/24, et pourrait ainsi se substituer directement aux centrales thermiques dans les zones insulaires isolées.

Les centrales ETM peuvent être de trois types : en cycle ouvert, en cycle fermé, ou en cycle hybride. En cycle ouvert l'eau pompée en surface passe dans un évaporateur où la pression est faible afin d'abaisser le seuil d'évaporation du fluide ; la vapeur d'eau actionne une turbine attelée à un alternateur, puis est condensée au contact de l'eau froide pompée en profondeur. En cycle fermé (le plus courant et le seul réellement développé), on utilise un fluide caloporteur (ammoniac…) évaporé par la chaleur de l'eau de surface. Après avoir entraînée une turbine, la vapeur passe par un

Pelamis © Ocean Power Delivery

condenseur refroidi par l'eau froide du fond et retrouve son état liquide, et le cycle recommence (pompe de circulation). Le cycle hybride combine les deux principes pour produire de l'eau douce par condensation de vapeur d'eau de mer.

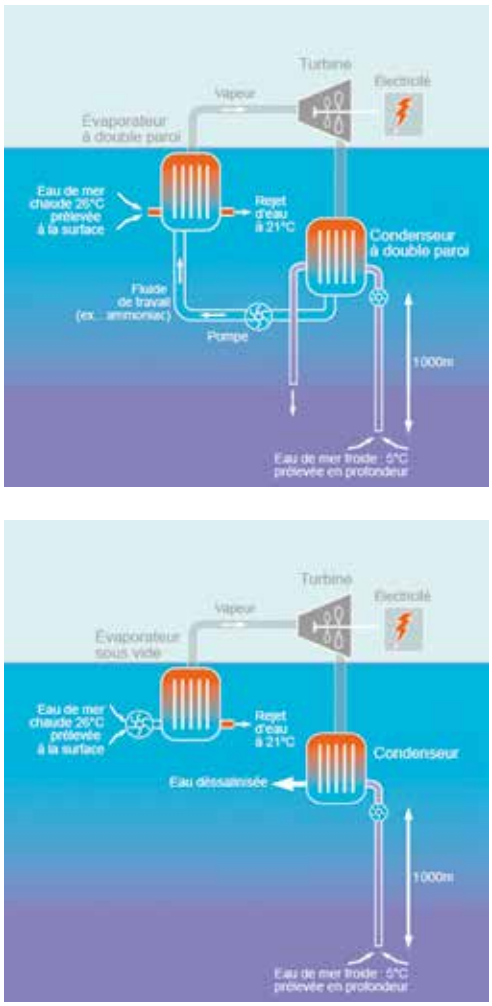


Figure 9 : Principe de fonctionnement de l'ETM, en cycle fermé (1) et ouvert (2)[62].

Cette technique nécessite le pompage de grands volumes d'eau, à l'aide de tuyaux ayant un diamètre de plusieurs mètres.

POTENTIELS DE DÉVELOPPEMENT

La technique d'exploitation du gradient thermique n'est pas récente, puisque le procédé a été expérimenté pour la première fois en 1930. En métropole où la température de surface est peu élevée, l'exploitation de l'ETM ne serait pas possible car il faut un gradient de température proche de 20°C pour obtenir un rendement suffisant.

La zone intertropicale est en revanche particulièrement propice au développement de la filière ETM, mais aussi de la filière SWAC pour la climatisation, avec des eaux de surfaces atteignant une température d'environ 25°C alors que la température à 1 000 mètres est de l'ordre de 5°C. A la Réunion, un prototype à terre ETM à échelle réduite a été installé à l'IUT de Saint Pierre, un important projet SWAC urbain est en cours afin de climatiser plusieurs bâtiments de Saint-Denis. Divers projets se dessinent au large de l'île de la Réunion, de Tahiti mais aussi de la Martinique (démonstrateur en taille réelle prévu par DCNS).

Quelques installations de climatisation par eau de mer à petite échelle ont vu le jour ou sont à l'étude (chauffage à la Seyne sur Mer et à Monaco). Un projet de climatisation par eau de mer est connu à Bora-Bora et un autre fonctionne déjà à Saint-Denis de La Réunion.

Selon le Rapport de la mission d'étude sur les énergies marines renouvelables[63], en France, le SWAC progresse ; il existe un important marché dans les zones tropicales mais également en métropole lorsque la climatisation est très utilisée. L'ETM est coûteux mais progresse avec un important marché de niche pour les zones insulaires.

Enfin, des projets littoraux avec Pompe à chaleur (PAC) marines utilisant de l'eau de mer existent déjà, pour la climatisation et le chauffage de bâtiments en bord de mer. Il y a des problématiques communes avec les SWAC sur les impacts, et une synergie à développer pour les questions d'adaptation des techniques venant du terrestre au milieu marin. ■

> « La technique d'exploitation du gradient thermique n'est pas récente, puisque le procédé a été expérimenté pour la première fois en 1930.

61 www.aquaret.com
62 http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/energie-thermique-des-mers-etm
63 CGEDD/CGEIET, mars 2013, Ibid.

Focus : Développement des projets « Energies marines renouvelables » à la Réunion

Prototype à Terre Energie Thermique des Mers (PAT ETM) - DCNS © Energies Reunion

La Réunion est impliquée depuis de nombreuses années dans le développement des Energies Marines puisqu'elle ambitionne d'être autonome en énergie à l'horizon 2030, donc 100 % EnR. A ce jour, 35 % de l'électricité est issue de sources renouvelables locales et plusieurs projets d'Energies Marines sont en phase de test.

Ainsi, concernant les projets thermiques, deux SWAC sont à l'étude, l'un dédié à un hôpital dans le Sud et l'autre à un réseau urbain de climatisation dans la capitale Saint-Denis. Un prototype à terre (PAT) ETM est opérationnel depuis mi 2012 pour réaliser des travaux de R&D sur le système énergie. Par ailleurs, deux projets houlomoteurs sont lancés, un prototype basé sur la technologie CETO, en cours d'installation, et un projet basé sur la technologie PELAMIS munie d'un système de stockage, stockage qui fait également l'objet d'essais en ce moment. A noter que la technologie hydrolienne ne peut se développer sur l'île en raison de courants de marée trop faibles : la Réunion ne peut donc pas bénéficier des aides nationales entreprises par l'Etat actuellement dans ce domaine.

Parmi les deux projets les plus avancés, le PAT ETM est né d'une convention signée entre la Région Réunion et DCNS, il a été financé par l'Etat via le plan de relance et par les co-maîtres d'ouvrage, Région Réunion et DCNS (concepteur du système). Une précédente convention avait permis de réaliser une étude de faisabilité pour une centrale ETM offshore. L'Université de la Réunion s'est elle aussi impliquée dans le projet en tant qu'exploitant de l'installation puisque le PAT ETM se situe sur un IUT et que des chercheurs de l'Université travaillent en collaboration avec DCNS pour réaliser des essais, le but de ces travaux étant de trouver un système énergie optimal qui sera installé dans les futures centrales en mer. Le PAT a fait l'objet d'une attention particulière sur la sécurité et sur l'acceptabilité locale, environnementale et réglementaire. Un travail de concertation avec les services de l'Etat a ainsi été réalisé en amont afin de mettre en place des procédures validées par tous les acteurs.

L'autre projet bien avancé est le projet Houles Australes basé sur la technologie CETO et porté par EDF EN. Là aussi la Région Réunion s'est positionnée comme co-maître d'ouvrage et des fonds issus du plan de relance ont permis de financer le projet. Le prototype échelle 1 mis en place actuellement fournira des données sur toute l'année 2014 ; il permettra ainsi de suivre les performances du système et d'évaluer les impacts environnementaux, ce dernier point faisant l'objet d'une volonté forte des co-maîtres d'ouvrage même si la réglementation est encore imprécise sur ce point actuellement. Un suivi des mammifères marins, fréquents dans la zone, est ainsi effectué avant les travaux, pendant les essais et après le démantèlement. Par ailleurs, des hydrophones permettront de mesurer précisément le bruit généré par le prototype durant la phase de test.

A travers ces projets et son expérience dans le domaine, la Réunion deviendra en 2014 l'antenne tropicale du projet national France Energies Marines.

Perche d'or ou empereur strié (Gnathodentex aurolineatus) devant des coraux et éponges © Jérôme Paillet / Agence des aires marines protégées

Evaluation des impacts des différentes filières EMR et recommandations

Dans les grottes de Crozon, au Cap de la Chèvre © Yannis Turpin / Agence des aires marines protégées

En explorant les impacts de l'exploitation des énergies marines, il est important de replacer les impacts locaux dans le contexte des impacts à plus grande échelle, voire mondiaux. Les changements climatiques représentent une menace croissante pour la biodiversité ; et l'énergie produite grâce à la mer peut permettre d'éviter une quantité substantielle d'émissions de gaz à effet de serre et de limiter les effets du changement climatique.

De plus, grâce au développement de ces énergies, il serait possible d'éviter par exemple les polluants toxiques liés à l'extraction, au transport et au raffinage des combustibles fossiles (pétrole, gaz naturel, schistes bitumineux et gaz de schiste) et les impacts environnementaux locaux dus à des installations hydroélectriques de grandes dimensions…

Ces avantages mondiaux et locaux (impacts positifs) doivent cependant être mis en balance avec les effets négatifs spécifiques que ces technologies peuvent avoir sur la vie marine.

Quelques remarques préalables…

› A ce jour, aucune éolienne offshore posée ou flottante, hydrolienne, ni système houlomoteur n'est installé en France pour une production commerciale.

› Nous bénéficions pour l'éolien posé du retour d'expérience de nos voisins européens, notamment les études menées sur les parcs danois (les plus anciens étant Horns Rev, Nysted), hollandais (par exemple, Egmond aan zee), belges (par exemple, Thorntonbank) et allemand (parc expérimental Alpha Ventus). La technologie « éolien posé » étant plus mature, la connaissance des impacts est également plus fine que pour les autres technologies.

› Notons que, dans ce rapport, ne sont mis en avant que les impacts (positifs ou négatifs) identifiés lors des phases de construction et d'exploitation. La question du démantèlement fait l'objet d'une fiche d'approfondissement spécifique. Par ailleurs, les impacts cumulés ne sont pas traités en détails. La question des synergies / conflits entre usages fait l'objet d'une fiche d'approfondissement spécifique.

Etrille ©Frédéric Lechat

Menace : Bruit et vibrations

© Alstom – Nicolas Job

Eolien offshore

IMPACTS IDENTIFIÉS LORS DE LA CONSTRUCTION

La phase de construction des parcs éoliens va inévitablement générer du bruit lors de la préparation du fond marin (ex. nivellement, qui peut inclure l'utilisation d'explosifs), de l'installation des fondations et du trafic des navires.

Le type de fondation (monopieux, tripodes, jacket et gravitaires pour l'éolien fixé) influe beaucoup sur les perturbations générées, ainsi que la technique d'installation : battage, forage, enfoncement vibratoire… La réalisation des fondations gravitaires est ainsi a priori moins bruyante que le battage des pieux pour les fondations qui peut causer des perturbations acoustiques importantes. L'installation de fondations par forage est aussi, en première approche, moins génératrice de bruit sous-marin que le battage de pieux. Les effets qui en résultent dépendent aussi d'un certain nombre d'autres facteurs, tels que la topographie et la composition du fond marin, le diamètre des pieux, le bruit ambiant déjà existant et les espèces marines présentes.

Généralement, les impacts du bruit devraient être temporaires. Mais les bruits causés lors du battage des pieux peuvent tuer ou blesser des poissons (en particulier ceux qui possèdent une vessie natatoire), des mammifères et des tortues de mer, provoquer des perturbations comportementales ou encore les pousser à abandonner ou déserter momentanément une zone qui peut s'étendre jusqu'à des dizaines de kilomètres du site de construction[64]. La délocalisation des espèces risque d'affecter gravement la fréquentation des lieux de frai et de nurseries si l'on n'applique pas les interdictions saisonnières adéquates. Les tortues marines peuvent être particulièrement sensibles à toute perte d'habitat, fût-elle temporaire : elles semblent, en effet, très peu flexibles quant à leurs schémas de distribution spatiale. Les larves et juvéniles de poissons pourraient être particulièrement vulnérables à de fortes expositions sonores. Les études réalisées sur quelques espèces n'ont pas mis en évidence de mortalité directe, mais les

64 IUCN, 2010, Greening Blue Energy. Ibid.

Parc C-Power à Thornton Bank (Belgique) © Sylvain Michel

effets à long terme sur la croissance des individus restent inconnus. De même, les secteurs abritant des mammifères marins résidents (colonies de phoques, population de cétacés sédentaires…) constituent un fort enjeu pour ce type de projet.

L'installation des structures gravitaires posées des éoliennes flottantes (ancrages) pourrait présenter des impacts sonores plus faibles, quoiqu'on manque à ce jour d'études comparatives précises. Par contre, la préparation du fond peut dans ce cas nécessiter des opérations de dragage produisant là aussi du bruit, néanmoins plus faible que le battage de pieux, et causant la remise en suspension des matériaux.

L'impact sur les organismes marins du bruit et des vibrations causés par les diverses activités maritimes (transport, pêche, prospection pétrolière, sonars civils et militaires) est relativement mal connu. Si des études[65] ont été faites sur le sujet, elles ne permettent pas à ce jour de conclusion définitive. Cela concerne notamment le seuil de tolérance au bruit de chaque espèce ainsi que leur comportement face à ces perturbations. Les études ont été menées principalement sur des mammifères (pinnipèdes et petits cétacés), dont le comportement est moins difficile à observer.

La réalisation d'études complémentaires est donc primordiale pour évaluer les réels effets des EMR.

Par ailleurs, les structures doivent être transportées par des navires, du port où elles sont stockées jusqu'au site d'installation. A cela s'ajoutent aussi les autres embarcations nécessaires à la préparation de la zone et à l'installation des structures. Tous ces navires sont eux aussi une source de bruit et de dérangement pour les organismes, qui s'ajoute au trafic préexistant.

IMPACTS IDENTIFIÉS LORS DE L'EXPLOITATION

Le bruit et les vibrations dus à la rotation des pales se propagent dans l'eau. Durant la phase d'exploitation, l'intensité du bruit est plus faible qu'au stade de la construction (et, de façon générale, plus faible que celle du bruit causé par d'autres activités maritimes telles que le transport ou associé à l'agitation naturelle à la surface) et ne semble pas provoquer de blessures chez les différents organismes. Du point de vue comportemental, les effets sur les mammifères marins et les poissons semblent faibles. Cependant, les retours d'expériences restent à compléter, certaines espèces pourraient y être plus sensibles et des études complémentaires permettraient de mieux définir les seuils de sensibilité des différentes espèces. D'après les informations disponibles, l'impact du bruit dans la partie aérienne sur les oiseaux et chiroptères semblerait faible, mais ces effets sont mal connus ; les chiroptères seraient principalement affectés par les variations brutales de pression au voisinage des pales.

Parc C-Power à Thornton Bank (Belgique) © Sylvain Michel

Hydrolien

IMPACTS IDENTIFIÉS LORS DE LA CONSTRUCTION

La présence de navires ainsi que la préparation du substrat pour accueillir des hydroliennes génèrent du bruit. Suivant le projet considéré, des actions mécaniques peuvent être nécessaires tel que le battage de pieux ou le forage s'il s'agit d'une hydrolienne fixée sur un mât. En comparaison, une hydrolienne installée par lestage et ne nécessitant pas d'opération particulière pourrait provoquer moins de bruit durant sa mise en place.

IMPACTS IDENTIFIÉS LORS DE L'EXPLOITATION

La rotation de la turbine sous l'action des courants induit des vibrations se propageant dans l'eau. La filière étant peu développée, on manque de connaissances sur les bruits associés au fonctionnement des hydroliennes.

On peut signaler à cet égard l'étude du prototype d'hydrolienne Sabella D3, im-

mergé dans l'Odet en Finistère Sud, qui n'a pas montré d'impacts significatifs sur le comportement des poissons fréquentant l'estuaire. Il faut rappeler que même en l'absence d'hydroliennes, les zones à fort courant sont déjà des zones de bruit hydrodynamique intense.

Houlomoteur

IMPACTS IDENTIFIÉS LORS DE LA CONSTRUCTION

Comme pour les dispositifs éoliens et hydroliens, les installations flottantes peuvent être acheminées du port où elles sont entreposées jusqu'au site d'installation par des navires. Cette source de bruit (plus faible que celle des navires commerciaux opérant à grande vitesse) n'est *a priori* pas une cause de blessures et de mortalité.

IMPACTS IDENTIFIÉS LORS DE L'EXPLOITATION

Le bruit mécanique généré dans les dispositifs houlomoteurs n'est sans doute pas plus important que le bruit émis par les bateaux lors de l'installation, ou que le bruit hydrodynamique naturel qui augmente fortement en présence de vagues.

Cependant, les parties mobiles du dispositif peuvent produire des bruits dans une gamme de fréquence très différente des bruits naturels, et leur intensité peut augmenter avec l'usure du système ou le développement du fouling. Les chaînes d'ancrages peuvent vibrer : cet impact est mal connu et les conséquences potentielles sur les organismes n'ont pas été identifiées.

Marémoteur

IMPACTS IDENTIFIÉS LORS DE LA CONSTRUCTION

Les centrales marémotrices ne nécessitent pas d'implanter des structures profondément dans le fond marin ou estuarien, si bien que leur construction est a priori moins génératrice de bruit sous-marin que d'autres types d'énergie. Cependant, la construction du barrage et des ouvrages provisoires mobilisent un grand nombre d'engins de levage et de navires spécialisés et mobilisent des quantités importantes de matériaux, ce qui engendre une augmentation significative du bruit durant tout le chantier.

IMPACTS IDENTIFIÉS LORS DE L'EXPLOITATION

Les turbines hydroélectriques peuvent produire un bruit notable lors de leur rotation, en particulier si, comme pour les autres technologies, les parties mécaniques sont usées, encrassées, ou si leur lubrification est insuffisante. Ces sons peuvent se propager dans l'eau sur plusieurs kilomètres, mais si la centrale est placée en estuaire, la topographie de celui-ci limite cette propagation à un secteur relativement étroit.

Houlomotrice Oyster 800 de Aquamarine Power sur le site d'essai « Bilia Croo » de l'EMER, îles Orcades (Ecosse) © Sylvain Michel

> « La réalisation d'études complémentaires est donc primordiale pour évaluer les réels effets des EMR.

65 Sur les EMR, on pourra (entre autres) citer les études :
› http://www.thecrownestate.co.uk/media/354803/amds-to-deter-marine-mammals-from-pile-driving-areas-at-sea.pdf
› http://www.subacoustech.com/information/downloads/reports/544R0424.pdf
› http://mhk.pnnl.gov/wiki/images/c/cc/Gordon_et_al._2007.pdf
› http://www.int-res.com/articles/meps_oa/m321p295.pdf
› http://archimer.ifremer.fr/doc/2007/rapport-2390.pdf

Sur le site de la Rance, les suivis effectués n'ont cependant pas montré de modifications des comportements des animaux liés au bruit.

Energie Thermique des Mers

IMPACTS IDENTIFIÉS LORS DE LA CONSTRUCTION

Les impacts sonores lors de la construction d'une centrale ETM flottante seront similaires à ceux de tous dispositifs flottants (éolien, hydrolien ou houlomoteur), si ce n'est que leur source sera localisée en un seul site, plutôt que dispersée en de nombreux points. On peut assimiler la génération de bruit sous-marin à celle de l'installation d'une plate-forme pétrolière flottante, à la différence que la centrale ETM sera sans doute plus proche de la côte, donc des écosystèmes du littoral. Dans le cas d'une centrale ETM à terre, l'impact sonore serait similaire à celui de la pose d'une canalisation sous-marine, mais celle-ci atteindrait une profondeur bien plus importante (1 000 m) que les canalisations de rejets (eaux usées, effluents industriels) ou de pompage (refroidissement, désalinisation).

IMPACTS IDENTIFIÉS LORS DE L'EXPLOITATION

Les bruits sous-marins induits par une centrale ETM seraient de deux types : bruit et vibrations de fonctionnement des échangeurs thermiques et transformateurs électriques dans la centrale (à l'intérieur de la plate-forme flottante) ; bruits générés par les conduites immergées (grincements) mesurant jusqu'à 1 000 m de long, accrus lors des périodes de fortes agitation en surface (cyclones). DCNS conduit une étude de modélisation des bruits générés par une centrale ETM flottante, pour son projet à la Martinique. Mais les effets de ces bruits sur la faune marine restent méconnus (notamment, pour les mammifères marins présents dans le sanctuaire AGOA).

Recommandations pour une prise en compte de la biodiversité[66]

Pour la préservation de la biodiversité marine et côtière, nous recommandons notamment :

› De développer les connaissances sur les impacts potentiels des mesures sismiques pendant la phase de prospection (mesures géotechniques).

Les ondes sonores (basses fréquences notamment) peuvent en effet se propager dans l'eau, sur plus d'une centaine de kilomètres. Elles constituent une pollution sonore qui est potentiellement nuisible à la faune aquatique, de la même façon que les nuisances sonores générées par un chantier EMR.

La sismique haute résolution associée à la géotechnique mobilise cependant de faibles énergies par rapport à la sismique pétrolière qui recherche des pénétrations très importantes, et dont certaines campagnes de prospection ont été associées à des échouages massifs de mammifères marins, et elle utilise des fréquences plus élevées qui se propagent peu ; néanmoins, il est possible qu'elle ait sur la faune des effets notables qu'il convient d'étudier, afin de pouvoir les limiter.

Grand dauphin (Tursiops truncatus) © NASA

› De prendre en compte la fréquentation de l'habitat et les schémas de migration des espèces sensibles lors de la construction des parcs d'EMR.

Tout d'abord, le choix de la période de construction peut permettre de minimiser certains impacts négatifs.

En évitant les périodes migratoires des mammifères marins ou encore les périodes de reproduction des espèces sensibles au bruit, on peut diminuer le nombre d'individus touchés ou leur dérangement durant les moments de leur cycle de vie nécessaires au maintien des populations.

Cette mesure n'est pas simple à mettre en œuvre : en effet, la principale saison de reproduction pour de nombreuses espèces des régions tempérées s'étend du printemps jusqu'au début de l'été, période qui correspond aux conditions favorables pour réaliser les opérations en mer. Il sera donc nécessaire de bien cibler, au cas par cas, les périodes critiques pour les espèces les plus sensibles ou à enjeux particuliers, de manière à minimiser globalement les impacts des opérations. Néanmoins, il faut garder à l'esprit qu'une réduction trop forte des fenêtres de travaux peut avoir pour conséquences de retarder le planning de construction, qui s'étendra alors sur de plus longues durées et impactera *in fine* plus longuement les espèces et habitats...

› De développer et de mettre en œuvre systématiquement les techniques éprouvées pour réduire les impacts sonores des travaux, comme par exemple :

Lorsque plusieurs options sont envisageables suivant les caractéristiques géologiques du fond, le choix du type de fondations peut aussi permettre de réduire les impacts acoustiques de la construction.

On peut aussi envisager de réduire la propagation sonore en formant un rideau de bulles autours des pieux, ou en enveloppant ces derniers dans un isolant acoustique. Ces technologies ne sont cependant pas encore éprouvées en mer à marée avec de forts marnages, comme en Manche et sur la façade Atlantique française, et leur efficacité dépend beaucoup des courants.

Sauts de grands dauphins (Tursiops truncatus) dans le Parc naturel marin d'Iroise © Sylvain Dromzée / Agence des aires marines protégées

D'autres mesures peuvent être prises afin d'inciter les organismes à s'éloigner de la source de bruit et éviter les blessures. C'est le cas du dispositif « pinger » qui émet des sons incitant les individus à s'écarter avant de commencer le battage des pieux par exemple. Cependant, l'efficacité de ces « effaroucheurs » acoustiques doit être bien vérifiée pour les espèces présentes et dans les conditions environnementales du chantier, car leur effet peut être nul, voire inverse suivant les animaux. Par exemple, le projet Ping-Iroise (PNMI) n'a montré aucun effet significatif de répulsion des marsouins et dauphins par les pingers fixés aux chaluts de pêche. Il y avait autant de captures accidentelles avec ou sans pingers. Par ailleurs, si la répulsion est efficace, il faut aussi s'assurer qu'elle n'induise pas une perte de zone fonctionnelle prolongée pour les espèces affectées (par exemple, abandon d'une aire d'alimentation).

L'augmentation graduelle de la force de battage des pieux (démarrage progressif ou « soft start ») est aussi un moyen de laisser le temps aux organismes (mammifères, aux grands pélagiques et aux tortues marines notamment) de s'éloigner avant l'émission maximale de bruit. Cependant, la preuve de leur efficacité est incertaine. Les individus pourraient s'habituer au bruit lors de l'augmentation progressive de celui-ci et ne pas avoir un comportement d'évitement de la zone.

› Assurer une surveillance visuelle (et acoustique) des zones de travaux pendant chaque opération susceptible de provoquer des dérangements ou des dommages aux organismes pélagiques (présence d'observateurs et d'opérateurs d'acoustique passive à bord des navires de construction, mise en place de protocoles de mitigation), comme pratiquée sur les campagnes sismiques ou pétrolières par exemple.

› L'effet de « barrière acoustique » engendré par les bruits sous-marins peut enfin être réduit en agissant sur le phasage des constructions de plusieurs parcs d'EMR situés dans une même région marine.

En décalant dans le temps les opérations bruyantes des différents projets, on permettrait aux animaux fuyant les perturbations de trouver une zone de repli. Cela nécessite une concertation entre les différents porteurs de projets, et que ceux-ci acceptent de modifier leur planning de travaux, malgré des contraintes opérationnelles généralement très tendues. ■

66 IUCN, 2010, Greening Blue Energy. Ibid.

Opportunité et menace : Modification de l'habitat

Raie torpille © Frédéric Lechat

Eolien offshore

IMPACTS IDENTIFIÉS LORS DE LA CONSTRUCTION

> Permanente :
Modification des fonds

La préparation du fond à l'installation des structures entraîne un impact mécanique perturbant le benthos. Le substrat est détruit localement par le forage, le dragage lors du nivellement de terrain, la pose de matériaux anti-affouillement, et sur l'emprise au sol des fondations d'éoliennes installées. L'excavation des fonds liée aux fondations (de l'ordre de 8 m de diamètre sur 20 à 30 m de profondeur) et les tranchées réalisées pour l'enfouissement des câbles (sur plusieurs centaines de kilomètres au total) peut détruire localement le benthos[67], et produiront des quantités de sédiments dont le devenir impactera les habitats.

Il faut tempérer cet impact selon le type de fondation : une éolienne à base gravitaire aura vraisemblablement une emprise au fond plus importante qu'une éolienne flottante ancrée.

Cette destruction peut cependant être suivie d'une recolonisation, notamment sur des fonds meubles à résilience élevée. Mais si des structures artificielles ont remplacé le substrat meuble, celles-ci seront colonisées par des espèces typiques des substrats durs, aboutissant à un écosystème très différent de l'état originel.

La résilience est bien plus faible dans le cadre d'habitats rocheux de type récifs. Nous insistons notamment sur le rôle et l'intérêt des macroalgues, en particulier les forêts de laminaires[68] décrites comme faisant partie des habitats les plus dynamiques et de la plus haute diversité biologique de la planète (Brikett et al., 1998) (Noderhaug et al., 2007).

> Temporaire :
Remise en suspension des matériaux : poissons, benthos, plancton, organismes filtreurs

Le remaniement du fond nécessaire à la préparation du substrat pour accueillir les éoliennes ou pour l'enfouissement des câbles induit un autre impact localisé, celui de la remise en suspension temporaire des matériaux, pouvant impacter divers compartiments biologiques.

Ce phénomène, en augmentant la turbidité, empêche la pénétration de la lumière dans la masse d'eau. Or celle-ci est essentielle au développement de phytoplancton et la baisse de la photosynthèse peut freiner leur développement.

La turbidité affecte aussi le développement des macroalgues, d'autant plus lorsque les travaux ont lieu au printemps lors de leur croissance.

Une turbidité élevée peut par ailleurs entraîner le colmatage des branchies des poissons.

Les organismes filtreurs sont eux aussi touchés : notamment, l'appareil digestif des hydraires et des bryozoaires peut être impacté par l'absorption de ces particules. De plus, le dépôt de ces matériaux sur le fond peut recouvrir les organismes qui y vivent. Il faut noter que la zone impactée par la remise en suspension des matériaux, ainsi que leur dépôt, dépend des effets importants de la houle, de la

force et de la direction des courants présents dans la zone, ainsi que de la nature des matériaux.

Les sédiments remis en suspension peuvent contenir divers polluants (métaux lourds, dérivés d'hydrocarbures comme les HAP, pesticides, etc.), lesquels risquent de se disperser dans l'eau et de contaminer les organismes vivants. Ce risque est particulièrement élevé si le site d'implantation se trouve proche d'un estuaire, d'un grand port ou d'une zone d'immersion de sédiments portuaires.

IMPACTS IDENTIFIÉS LORS DE L'EXPLOITATION

> Permanente : Perturbation des régimes hydro sédimentaires

La pose de structures dans la colonne d'eau peut modifier localement les courants. En substrat meuble, il y a un risque de creusement en amont et de dépôt en aval où les courants sont freinés. La mise en place de blocs rocheux à la base des éoliennes fixées permet une protection contre le creusement à proximité des fondations. Cependant, la diminution de la vitesse des courants en aval des structures favorise le dépôt de particules que le dispositif ne peut empêcher. Le risque lié à ces dépôts est le recouvrement des habitats présents autour des fondations.

Par ailleurs, l'accumulation de matière organique (et éventuellement la diminution d'oxygène qui l'accompagne) est due au développement important du biofouling sur les fondations, lequel engendre (par l'activité de filtration des organismes fixés, leur biodépôts) un transfert de matière organique de la colonne d'eau vers le benthos ; mais cet impact n'aura lieu que dans les secteurs à faible hydrodynamisme. Les recherches menées montrent que cet impact pourrait être assez localisé (en fonction des courants), mais des recherches complémentaires sont nécessaires pour mieux connaître l'étendue de ces impacts au-delà des parcs éoliens.

> Permanente ou temporaire : Introduction de produits chimiques

Les peintures antifouling (peintures limitant le développement des organismes marins) ont un impact très négatif sur la faune environnante : ayant pour objectif de limiter le dépôt d'organismes marins, elles sont hautement toxiques pour ces derniers. Cependant, les enduits de nouvelle génération (par exemple, à base de silicone) sont bien moins toxiques que les précédents.

Notons que ces biocides sont utilisés aussi sur les navires et plus généralement sur beaucoup de structures artificielles en mer, et que l'utilisation d'antifouling est réglementée. Des recherches sont en cours dans le but d'utiliser des composés naturellement produits par les organismes marins dans ces peintures.

On notera qu'existent également des risques de pollution avec les lubrifiants chimiques (huiles) utilisés, notamment en cas de rupture accidentelle d'un circuit, bien que leur utilisation soit réglementée et qu'ils doivent être facilement biodégradables. Les risques existent également lors des opérations de maintenance. Cette huile doit normalement être récu-

> « La résilience est bien plus faible dans le cadre d'habitats rocheux de type récifs.

Homard © Frédéric Lechat

67 L'enfouissement se fait essentiellement pour protéger les câbles contre les activités de pêche : dragage et chalutage, qui ont elles-mêmes potentiellement un impact sur le benthos.

68 Brikett et al.,1998 et Noderhaug et al., 2007 ; données synthétisées par J.C. Ménard, Estuaires Loire Vilaine

pérée et détruite par des établissements spécialisés dans le traitement de matières hautement polluantes.

Les dispositifs anti-corrosion (protections cathodiques) diffusent des oxydes provenant des anodes métalliques (cuivre, zinc, aluminium, …). Il est possible que l'accumulation de ces substances dans les sédiments et dans l'eau ait des conséquences sur les animaux benthiques, mais aucune étude n'a pour l'instant permis de le vérifier.

Les produits chimiques peuvent aussi être introduits dans le milieu par des pollutions accidentelles, suite à une erreur de manipulation lors des opérations de maintenance, une collision entre deux navires ou un navire et une éolienne.

> **Permanente :**
Champs électromagnétiques (CEM)

Les CEM sont générés par les câbles entre génératrices et boîte de jonction électrique, par la station de transformation électrique (surtout si elle est immergée), et par les câbles de transport à très haute tension (plusieurs dizaines de milliers de volts). Ces câbles peuvent être installés dans le sous-sol (ensouillés), posés sur le fond ou en pleine eau (pour les dispositifs flottants). Le champ magnétique (CM) est maximal à la surface du câble et il augmente avec l'intensité du courant transporté. Il décroit rapidement avec la distance au câble. Aussi est-il plus fort au voisinage d'un câble en pleine eau ou posé au fond. A l'inverse, il est moins fort lorsque le câble est ensouillé ou recouvert. Le câble n'émet pas de champ électrique, celui-ci restant piégé à l'intérieur du câble, par l'écran métallique externe.

Les effets à long terme des CEM sont mal connus pour la plupart des groupes d'organismes marins (cétacés, élasmobranches, crustacés, etc.). Bien que des câbles sous-marins de transport d'électricité soient installés depuis des décennies (connexion des îles insulaires), on ne dispose que de quelques études, telles que celles sur les effets des champs magnétiques générés le long d'un câble d'éolienne offshore du parc Nysted sur plusieurs espèces de poissons[69]. Pourtant, de nombreux groupes d'animaux sont sensibles à d'infimes variations des champs magnétiques (cétacés) ou électriques (élasmobranches). Notons que des champs électriques peuvent être induit dans le corps des animaux lors de leur passage dans le champ magnétique produit par le câble. Il convient aussi de différencier les CEM[70] associés aux courants alternatifs et continus, dont les intensités et les portées sont très différentes.

Hydrolien

IMPACTS IDENTIFIÉS LORS DE LA CONSTRUCTION

> **Permanente :**
Dégradation des fonds benthos

Là encore il faut considérer l'emprise au sol de la structure elle-même. Cela concerne aussi l'ancrage des câbles électriques : en présence de forts courants le substrat est principalement dur (généralement rocheux) et l'ensouillage des câbles n'est donc pas possible, ni d'ailleurs forcément nécessaire (pas de dragage et de chalutage dans ces zones). Les impacts sur le benthos sont liés à une destruction des milieux concernés et à un déplacement éventuel des espèces les plus mobiles. Les habitats benthiques ont des capacités de résilience très différentes.

> **Temporaire :**
Remise en suspension des matériaux

Selon le projet considéré, si des opérations de remaniement du fond ont été effectuées cela implique la remise en suspension de matériaux. Les zones propices aux hydroliennes étant des zones de fort courant, la quantité de matériaux mobilisables est généralement limitée, mais les effets de leur remise en suspension pourraient se faire sentir assez loin.

IMPACTS IDENTIFIÉS LORS DE L'EXPLOITATION

> **Permanente :**
Perturbations des régimes hydro sédimentaires

Le fonctionnement des hydroliennes induit une modification de l'hydrodynamisme en aval des structures (effet de sillage). L'hydrolienne captant une partie de l'énergie, ce changement favorise la sédimentation des particules transportées par la masse d'eau sous l'influence des courants. Les modifications hydro sédimentaires peuvent modifier localement les habitats benthiques concernés dans le cas de déploiement d'hydrolienne à échelle commerciale. Cependant, les retours d'expériences sont peu nombreux, et ce phénomène est mal connu dans le cas des hydroliennes.

Pour un parc commercial, composé de très nombreuses hydroliennes, l'effet sur le transit sédimentaire pourrait avoir une longue portée et perturber des habitats éloignés de plusieurs kilomètres (par exemple, des dunes hydrauliques, ayant une fonction essentielle de nourricerie pour certaines espèces de poissons).

© EDF / TOMA

Usine marémotrice de la Rance © Y. Le Gal - EDF

> **Permanente ou temporaire : Introduction de produits chimiques**[71]

Les hydroliennes sont susceptibles d'entraîner des impacts liés aux traitements anti-fouling, nécessaires pour empêcher la colonisation des machines par des organismes marins, ou aux dispositifs anticorrosion.

Les autres risques de pollution chimiques pourraient être limités.

Marémoteur

IMPACTS IDENTIFIÉS LORS DE LA CONSTRUCTION

> **Permanente : Perturbation du régime hydrodynamique**

La construction d'une usine marémotrice implique d'importants travaux ; on peut illustrer cette phase avec le cas de la Rance. A l'époque (il est probable que l'on procéderait différemment aujourd'hui), l'estuaire a été fermé pour la construction de l'usine marémotrice, pour cela, deux dispositifs ont été installés en amont et en aval afin de construire le barrage. Cette fermeture de l'estuaire a duré trois ans : durant ces années le fonctionnement de l'estuaire a été grandement modifié. La marée n'influant plus directement sur l'estuaire, on a assisté à la dessalure de celui-ci par le débit de la Rance. La stabilité de la masse d'eau aux alentours de la côte 8 m CN a entrainé une modification des habitats situés entre 8 et 13,5 m en habitats terrestres et une forte réduction de l'estran. Les organismes sont très sensibles à la modification de la concentration en sel dans leur milieu. Ils sont adaptés à certaines conditions qui déterminent leur survie.

> **Permanente : Destruction des habitats**

L'emprise physique des ouvrages provisoires au sol ainsi que l'exondation de certaines surfaces de l'estuaire conduit à la destruction des habitats qui s'y trouvent. Or les estuaires sont des zones de grande valeur écologique, et ces habitats peuvent être des zones de nourriceries ou de frayères ; leur disparition met ainsi en péril les espèces qui en dépendent.

Transformant l'écosystème de la Rance, le barrage est responsable de son envasement progressif. Certaines espèces ont disparu (lançon, plie) mais d'autres sont depuis revenues (bar, morgate).

En fait la faune s'est totalement transformée puisque les espèces plus petites et plus rapides constituent la majeure partie de la faune, leur vivacité permet de passer à travers les hélices du barrage, chose impossible pour les espèces plus lentes (bien qu'un veau-marin et un petit marsouin aient réussi à passer). On note la présence d'espèces de poissons telles que dorade (grise et royale), mulet (lippu et doré), raie (bouclée et fleurie), lieu

69 Gill, A.B., Huang, Y., Gloyne-Philips, I., Metcalfe, J., Quayle, V., Spencer, J. & Wearmouth, V., 2009, COWRIE 2.0 Electromagnetic Fields (EMF) Phase 2: EMF-sensitive fish response to EM emissions from sub-sea electricity cables of the type used by the offshore renewable energy industry. Commissioned by COWRIE Ltd (project reference COWRIE-EMF-1-06).

70 France Energie Marine (FEM), non publié, Guide GHYDRO, chapitre dédié aux CEM.

71 Par exemple, le parc d'hydroliennes prévu au large de Paimpol-Bréhat ne devrait comporter ni multiplicateur, ni système de refroidissement, ni transmission mécanique ou d'électronique de puissance, ni de fluide lubrifiant ou réfrigérant. Le convertisseur off-shore serait quant à lui hermétique et donc non susceptible d'affecter le milieu environnant (sauf défaut d'étanchéité ou fuite). Il contiendrait environ 4 m^3 d'un réfrigérant non toxique et biodégradable.

jaune, vieille et même depuis quelques années de petits sars.

IMPACTS IDENTIFIÉS LORS DE L'EXPLOITATION

> **Permanente :**
> **Perturbations hydro sédimentaires**

La production d'électricité par une usine marémotrice nécessite une différence de niveau d'eau de part et d'autre du barrage. Pour obtenir cette différence, on agit notamment sur la retenue d'eau, ce qui modifie les périodes d'immersion et d'exondation naturelles associées à la marée. De ce fait, lorsque l'on retient l'eau dans le bassin, les particules en suspension ont tendance à sédimenter plus rapidement en absence de courants ; on assiste alors à un processus d'envasement en amont de ces ouvrages. Parallèlement, il a été démontré que la grande majorité des sédiments sont d'origine marine, or les volumes d'eau de mer entrant à chaque marée ont diminué en raison du fonctionnement de l'ouvrage, le volume de matières en suspension qui pourraient se déposer a donc diminué. Si un envasement en queue de retenue et dans les zones calmes de l'estuaire de la Rance est indéniable, il est tout à fait comparable à ce qui se passe dans les estuaires voisins similaires. Un dépôt important de vase sur un autre type de milieu le détruit et fait ainsi disparaître une zone où certaines espèces venaient se nourrir.

Une étude réalisée par P. Le Mao[72] (à partir de captures de poissons dans l'estuaire de la Rance entre 1982 et 1984) a démontré l'impact des variations brusques de niveaux sur certaines populations d'invertébrés et de poissons. Depuis, l'exploitation de l'usine marémotrice a été modifiée pour limiter les variations de niveaux d'une marée à l'autre à des valeurs présentes dans le milieu naturel.

A la Rance, l'écosystème modifié a subi une phase de stabilisation de plusieurs années après la construction, avant d'atteindre tout de même un équilibre écologique (bien que différent de celui qui prévalait avant la construction)[73].

> **Permanente ou temporaire :**
> **Introduction de produits chimiques**

Une partie des éléments métalliques immergés doivent recevoir un anti-fouling, avec les impacts déjà développés plus haut dans cette étude. Toutefois, la protection cathodique (active ou passive) a permis de réduire les surfaces peintes.

Houlomoteur

IMPACTS IDENTIFIÉS LORS DE LA CONSTRUCTION

> **Permanente :**
> **Dégradation des fonds**

Ceci concerne le plus souvent les dispositifs flottants, les dispositifs fixés sur le fond ou les systèmes de colonnes d'eau oscillante. Les systèmes flottants nécessitent des points d'ancrage sur le fond ; cependant ces derniers occupent une surface réduite, et la profondeur peut être assez importante (effet sur le benthos réduit). Pour les systèmes à colonne d'eau oscillante, leur installation peut se faire sur des ouvrages préexistants ce qui minimise la surface naturelle pouvant être artificialisée par la construction. Cependant, du fait de la diversité des procédés d'exploitation de l'énergie des vagues et de la houle, l'emprise sur le fond peut être très différente d'un projet à l'autre.

IMPACTS IDENTIFIÉS LORS DE L'EXPLOITATION

> **Permanente :**
> **Perturbations hydro sédimentaires**

Les installations houlomotrices, en prélevant une partie de l'énergie de la houle et en modifiant ses conditions de propagation, peuvent aussi modifier le transport sédimentaire. En effet, houle et courants interagissent, si bien que toute perturbation de la houle est susceptible d'affecter le transport de sédiment par les courants (par exemple, dérive littorale). La houle et les vagues agissent aussi sur les processus de remise en suspension et de dépôt des sédiments. En première approche, les machines houlomotrices réduisent l'agitation de la surface et de la colonne d'eau, favorisant le dépôt de sédiment.

> **Permanente ou temporaire :**
> **Introduction de produits chimiques**

Les installations houlomotrices soulèvent elles aussi la question de la pollution chimique liée aux traitements anti-fouling et aux systèmes anticorrosion.

Il existe également, dans le cas de certains types (Pelamis par exemple), des risques de pollution par les huiles utilisées par les moteurs hydrauliques et dans les accumulateurs.

Filières thermiques et Energie thermique des mers (ETM)

IMPACTS IDENTIFIÉS LORS DE LA CONSTRUCTION

> **Permanente :**
> **Dégradation des fonds**

La dégradation des fonds dépend surtout du lieu d'implantation de la centrale ETM. Une centrale à terre implique le déploiement d'un tuyau de gros diamètre depuis le rivage sur le fond pour atteindre les eaux froides situées à environ 1 000 mètres de profondeur, avec des impacts potentiellement très lourds si l'on considère une installation à l'intérieur (ou en bordure) de lagons, et la présence de récifs de coraux.

L'emprise au sol de ces structures, ainsi que le dispositif d'ancrage associé, sont à considérer. Les centrales flottantes seront ancrées au fond (par exemple par des chaînes).

> **Temporaire :**
> **Remise en suspension des matériaux**

Toutes les opérations mécaniques mettant en mouvement le fond induisent une remise en suspension des matériaux dans la colonne d'eau. En fonction des projets, les impacts sont variables mais concerneront le colmatage du système respiratoire des poissons, la diminution de la photosynthèse du phytoplancton et l'affectation de son développement, mais aussi des impacts sur les invertébrés benthiques filtreurs fixés.

IMPACTS IDENTIFIÉS LORS DE L'EXPLOITATION

> **Permanente ou temporaire :**
> **Introduction de produits chimiques**

Le système permettant d'exploiter le gradient thermique des mers nécessite par ailleurs de travailler avec un fluide comme l'ammoniac. On ne peut pas négliger ce point : une fuite importante de ce fluide

Récif corallien en Martinique © Thomas Abiven

dans le milieu serait certainement très grave, au vu des quantités, pour les organismes.

Pour lutter contre le problème marin récurrent de la bio salissure et améliorer le rendement de la machine, on utilise par ailleurs une dose de biocide (0,02 ppm concentration molaire journalière) qui est cinq fois en dessous du seuil règlementaire américain. Aujourd'hui, la dose en biocide devrait être réduite à 0,01 ppm, soit 10 fois en dessous du seuil règlementaire américain.

> Permanente : Aspiration des organismes

L'exploitation du gradient thermique entre la surface et le fond des océans nécessite le pompage d'un grand volume d'eau froide et d'eau de surface. L'aspiration peut entraîner divers organismes. Il faut différencier ceux n'ayant pas la capacité de fuir (plancton, larves et juvéniles) et ceux pouvant nager et lutter contre cette aspiration. Les organismes touchés sont ceux présents aux profondeurs de prélèvement concernées : le pompage se fait généralement vers 100 m de profondeur (au-dessus de la thermocline) et aux environs de 800 - 1 000 m (généralement en pleine eau). De plus, une maille de filtration permet aux plus gros organismes de ne pas être entraînés dans le circuit. Les individus aspirés vont subir des chocs mécaniques contre les parois des conduits, de pressions mais aussi de températures. Le plancton peut être touché par la mortalité d'une partie des individus. Pour la macrofaune, leur taille vis-à-vis de la maille de filtration ainsi que leur vitesse de nage détermineront s'ils seront entraînés dans les conduits de prélèvement. On connaît encore peu la mortalité induite par ce procédé : les données sont pratiquement inexistantes.

> Permanente : Variation de température

On estime à environ 4°C la différence de température entre les eaux pompées en surface et les eaux rejetées dans le milieu. Les organismes peuvent être sensibles aux variations thermiques, qui peuvent influer sur le développement des populations ainsi que sur la présence des espèces. Il est donc important de bien choisir le point de rejet des eaux : il doit tenir compte de la température des eaux du milieu récepteur, mais aussi prévoir le comportement du panache de rejet, s'il coule du fait de sa densité plus élevé et s'il est dilué dans la masse d'eau grâce aux conditions hydrodynamiques. L'organisation des espèces dans la colonne d'eau dépend notamment de la température du milieu. Ainsi, il est important de minimiser la différence de température qu'il peut y avoir entre les eaux de rejet et le milieu récepteur, par exemple en rejetant l'eau refroidie à la profondeur correspondant à sa température.

72 Le Mao P., 1985, Peuplements piscicole et teuthologique du basin maritime de la Rance, impact de l'aménagement marémoteur, ENSAR, 125p.

73 Trigui Rima-Jihane, Desroy Nicolas, Le Mao Patrick, Thiebaut Eric, 2011, Preliminary results on long-term changes of estuarine benthic communities 45 years after the implementation of a tidal power station in the Rance basin. Colloque scientifique du golfe normand-breton "Biodiversité, écosystèmes et usages du milieu marin : quelles connaissances pour une gestion intégrée du golfe normand-breton ?" 02 et 03/11/2011, Saint-Malo. http://archimer.ifremer.fr/doc/00156/26692/

> **Permanente : Upwelling artificiel**

Les eaux situées en profondeur sont riches en nutriments nécessaires au développement du plancton. Lorsque l'on pompe l'eau froide (seulement en circuit ouvert), on induit des rejets d'eaux riches en nutriments dans un niveau supérieur de la colonne d'eau. Lorsque les conditions de luminosité ainsi que l'apport de nutriments sont réunis, cette action peut favoriser le développement du plancton ainsi que leurs consommateurs. Le phénomène naturel correspondant d'upwelling est bien connu par les pêcheurs : ces zones riches en nutriments sont favorables à la présence de poissons qui viennent s'y nourrir.

Cependant, lorsque l'enrichissement des eaux est trop important et que les nutriments sont présents en excès, il peut y avoir un bloom phytoplanctonique (qui n'est pas forcément nocif, mais modifie l'écosystème). Il est donc important de tenir compte de l'apport en nutriment par les eaux de rejets, car ce phénomène peut entraîner un appauvrissement des eaux en oxygène. Les conditions d'anoxie peuvent provoquer la mort de certains organismes tels que les poissons. Ce phénomène pourrait aussi favoriser la prolifération de micro-algues toxiques (telles que *Dinophysis, Pseudonitchia, Alexandrium*, etc.).

Recommandations pour une prise en compte de la biodiversité[74]

Pour la préservation de la biodiversité marine et côtière, nous recommandons :

› De développer et de mettre en œuvre les méthodes existantes pour atténuer l'érosion du fond marin, due aux mouvements de l'eau autour des fondations des turbines : emplacement de rochers et gravier à la base, matelas anti-érosion... Ce paramètre est cependant généralement intégré aux critères de conception, car l'érosion du fond marin est un critère technique de conception des fondations. Ces mesures coûteuses et pas toujours performantes ne sont par ailleurs pas nécessaires pour toutes les fondations (p. ex. si l'on utilise des fondations « jacket »).

› De développer et de mettre en œuvre les méthodes existantes pour atténuer la remise en suspension de sédiment durant l'installation (lors du nivellement du sol, de l'ensouillage des câbles) et limiter la modification du régime hydro-sédimentaire (par le choix de fondations surélevées par rapport au fond marin ou de faible emprise).

› Pour limiter les risques de pollution avec les produits chimiques et les lubrifiants, des solutions technologiques existent avec la double étanchéité des installations immergées et la mise en place de bacs de récupération. ■

Seiche © Boris Daniel / Agence des aires marines protégées

Menace : Effet barrière et risques de collisions[75]

© Le Roux- EDF

Eolien offshore

Du fait de sa simple présence physique, un parc éolien constitue une barrière au passage de diverses espèces, avec un risque de collision. L'effet « barrière » ne s'applique pas qu'aux migrations, mais aussi aux déplacements quotidiens entre zones de repos, d'alimentation, de nourrissage.

Les obstacles sous-marins sont fixes et de faible surface, mais la partie aérienne des éoliennes soulève notamment une inquiétude pour les oiseaux et les chiroptères.

Les chauves-souris sont particulièrement exposées aux collisions de nuit, car l'éclairage des éoliennes (imposé par la réglementation maritime et aérienne) peut attirer les insectes dont elles ne nourrissent jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres au large.

Concernant les risques de collisions entre les oiseaux et des éoliennes, les recherches en la matière sont encore très lacunaires. Une récente étude[76] indique que la majorité des collisions se passent quelques jours par an, lorsque la navigation des oiseaux est gênée par de mauvaises conditions météorologiques, ce qui fragilise les prévisions.

De même, plusieurs espèces d'oiseaux semblent éviter les parcs d'éoliennes pendant leur migration. Néanmoins, la plupart des migrations sont effectuées de nuit et les oiseaux peuvent alors être attirés par le balisage lumineux des parcs éoliens imposé par la réglementation. Des études ont montré que le nombre d'eiders et d'oies qui traversaient les zones où sont implantés des parcs d'éoliennes avait été divisé par 4 ou 5 après leur construction Cependant, au regard de la durée de la migration, les pertes d'énergie que l'on peut attribuer à l'effet de barrière que constitue un parc éolien et au contournement d'un tel parc semblent faibles. Ce détour ne semble pas augmenter le risque de mortalité durant la migration. Cette conclusion doit être nuancée dans le cas où de nombreux parcs éoliens sont situés dans un couloir migratoire (par

74 IUCN. 2010, Greening Blue Energy. Ibid.
75 IUCN, 2010, Greening Blue Energy. Ibid.
76 FARQUE P., 2013. Interactions entre oiseaux marins et parcs éolien en mer : connaissances, contexte et solutions sur les côtes françaises – Action 3.C – Report from FAME Project. LPO-SEPN.

exemple, en mer du Nord) : la multiplication des contournements pourrait résulter en un impact significatif sur le taux de survie de certaines espèces. D'autre part, si un parc est situé sur un point de passage obligé, tel qu'un détroit, le risque de collision lors de la migration pourrait être décuplé.

Il est important de préciser que selon l'espèce, la hauteur de vol diffère et le risque de collision avec les pales aussi. Les seuls coûts énergétiques estimés mesurables sont ceux d'espèces qui traversent une région de façon quotidienne, par exemple entre les sites de nourrissage et les lieux de repos ou de nidification. Dans ces cas, les parcs d'éoliennes peuvent causer la fragmentation d'unités écologiques cohérentes pour ces oiseaux.

Il a cependant été démontré que certaines espèces d'oiseaux marins (ex. les oiseaux plongeurs et les canards marins) évitent les parcs d'éoliennes (pas de données sur les autres systèmes), non seulement pendant leur construction mais aussi en phase de fonctionnement. L'importance des effets sur des assemblages locaux d'oiseaux dépend largement de la disponibilité pour les oiseaux d'habitats alternatifs.

Pour les mammifères marins, les impacts des perturbations sonores causées par des parcs d'éoliennes sur les communications et la navigation à longue distance sont pratiquement inconnus. En tout état de cause, il est clair que l'effet de « barrière acoustique » est plus important lors de la construction, d'où la nécessité d'éviter de planifier cette phase durant la saison des migrations. La multiplication de parcs éoliens séparés par de faibles distances pourrait provoquer une barrière migratoire pour les mammifères marins, en particulier dans des zones de passages stratégiques comme la Manche.

Par ailleurs, les impacts électromagnétiques des câbles pourraient générer des perturbations pour les mammifères marins qui se servent du champ magnétique terrestre pour s'orienter et migrer.

On peut aussi mentionner le risque de collisions avec les navires, susceptible d'augmenter si le trafic s'intensifie.

Concernant les mammifères marins et les poissons, les retours d'expériences ne révèlent pas de cas de collisions et de blessures associées à la structure elle-même. On estime qu'ils ont une capacité à détecter et à éviter ces installations (écholocation). Néanmoins, dans le cas de l'éolien flottant, les chaines reliant la partie flottante aux ancrages pourraient être sources de blessures. Les effets des champs électromagnétiques des câbles pourraient aussi constituer un obstacle aux déplacements de certaines espèces qui utilisent le champ magnétique terrestre pour s'orienter (cétacés, tortues) ou sont sensibles au champ électrique naturel (élasmobranches, par exemple).

Les tortues de mer, menacées dans le monde entier, pourraient être dérangées par les sons à basse fréquence qu'émettent les turbines. Elles font preuve d'une fidélité extrême envers leurs voies de migration, ce qui peut les rendre plus sensibles à ce genre de perturbation.

Ainsi, les comportements de contournement des parcs éoliens varient fortement selon l'espèce considérée. Des études restent nécessaires pour qualifier les effets barrières (visuel, acoustique, électromagnétique) associés aux parcs éoliens et leur impact sur les différentes populations d'animaux marins.

Hydrolien

Les hydroliennes constituent un obstacle dans la colonne d'eau avec lequel les mammifères marins, les poissons et

Envol d'un puffin cendré (Calonectris diomedea) © Steven Piel / Agence des aires marines protégées

© Piton-Rodriguez

les oiseaux plongeurs peuvent potentiellement entrer en collision. Ce risque dépend de la structure de l'hydrolienne, de son diamètre mais aussi de l'espèce considérée, selon sa taille, sa capacité à se déplacer et à identifier l'obstacle, ainsi que des conditions du milieu comme la vitesse des courants ou encore la visibilité. Le nombre de structures immergées est aussi un facteur à prendre en compte car il augmente la probabilité de rencontre avec les individus. Les risques de collisions ne sont pas inexistants et l'évitement des zones fréquentées par les mammifères marins pour l'implantation d'hydroliennes est à privilégier si possible.

Une hydrolienne de 16 m de diamètre (comme Open Hydro, TGL, etc.) fonctionnant à 15 tours par minute, a une vitesse en bout de pale de 12,5 m/s. Pour éviter les pales[77], les animaux doivent avoir une vitesse de nage du même ordre que le courant et être capables de détecter l'obstacle suffisamment tôt et d'anticiper la rotation des pales. Il est donc délicat d'évaluer les risques de collisions, pour un site particulier et les espèces qui le fréquentent, sans une expérimentation *in situ* préalable.

Marémoteur

Les ouvrages provisoires et nécessaires à l'assèchement d'une zone où se construit le barrage constituent des obstacles infranchissables au passage des individus d'un compartiment à l'autre. Un estuaire libre de toute construction permet notamment à certains poissons de passer de la mer à l'eau douce pour effectuer leur reproduction. La mise en place d'obstacles sur les cours d'eau constitue une barrière à la circulation de diverses espèces, susceptible d'affecter gravement leur taux de survie ou leur succès de reproduction.

L'étude réalisée par P. Le Mao[78] dans l'estuaire de la Rance a conclu que la composition et la diversité spécifiques des peuplements piscicoles et teuthologiques sont comparables à celles des peuplements homologues de Manche occidentale ; les populations étudiées sont animées de mouvements d'amplitude et d'intensité variables, et des échanges permanents ont lieu à tous les stades de développement entre la retenue et la mer ouverte ; le passage au travers des turbines s'effectue sans mortalité directe importante ainsi qu'en témoignent les prélèvements dans les pertuis et les multiples observations. Le barrage s'avère donc perméable à la vie, qu'il s'agisse d'organismes planctoniques ou d'animaux de plus grande taille (poissons, céphalopodes et même décapodes).

Lors du fonctionnement d'une usine marémotrice, des turbines immergées sont mises en mouvement par le flux d'eau allant d'un compartiment à l'autre. Cette rotation peut être source de blessures

77 Wilson et al., 2007 : Collision risks between marine renewable energy devices and mammals, fish and diving birds
78 Le Mao P., 1985, Ibid.

pour les poissons. De plus, l'ouvrage en lui-même constitue une barrière au déplacement des organismes, notamment ceux dont le cycle de vie est partagé entre les cours d'eau et le milieu marin.

Houlomoteur

Le risque de collision avec les structures houlomotrices pouvant entraîner la mort de poissons ou de mammifères marins semble faible. Cependant, la présence des chaînes d'ancrage peut être source de blessures chez ces organismes, en particulier si elles sont localisées dans des zones de déplacement privilégiées (voies de migrations, …).

On peut aussi mentionner le risque de collisions des mammifères marins avec les navires, susceptible d'augmenter si le trafic s'intensifie.

Recommandations pour une prise en compte de la biodiversité[79]

Pour la préservation de la biodiversité marine et côtière, nous recommandons :

› de prendre en compte les schémas de migration des tortues, des mammifères marins, des oiseaux, des chauves-souris et de certains poissons, quand ils sont connus,

› d'éviter les sites importants pour le repos, la reproduction et le nourrissage des oiseaux marins ainsi que les voies de déplacement entre ces sites. Cependant, dans de nombreux cas, ces habitats ne sont pas assez bien identifiés.
- En implantant les parcs par des profondeurs supérieures à 20 mètres, ou en évitant des habitats où la biomasse est élevée, il est possible d'épargner les sites de nourrissage benthiques des oiseaux marins.
- A titre d'illustration, selon un critère de la Convention de Ramsar appliqué communément, une zone peut être considérée comme importante pour une espèce si plus d'un pour cent de sa population y réside ou la fréquente. Il est possible d'obtenir les indices spécifiques de sensibilité détaillés pour les impacts des parcs d'éoliennes sur les oiseaux marins[80] (en multipliant ces indices de sensibilité par les valeurs de densité des oiseaux sur un secteur, on obtient une estimation des zones qui présentent les plus fortes sensibilités vis-à-vis des éoliennes et sont donc moins appropriées pour les futurs projets.)

› S'il y a des risques de chevauchement, de maintenir ouverts des corridors de migration de plusieurs kilomètres de large entre les parcs d'éoliennes.

› On pourrait repenser l'alignement des turbines et celles-ci pourraient être rendues plus visibles pour les oiseaux, en conformité bien sûr avec la réglementation concernant la navigation maritime et aéronautique. L'éclairage pourrait aussi être ajusté à un niveau qui préserve la sécurité de la navigation, mais qui réduit l'attraction potentielle pour les oiseaux et les chiroptères, en conformité là encore avec les réglementations concernant la navigation maritime et aéronautique (qui pourraient être adaptées pour éviter le suréclairement lié à la superposition des obligations réglementaires). ■

Cargo dans le détroit du Nord-Pas-de-Calais © Marie-Dominique Monbrun / Agence des aires marines protégées

L'effet « Récif »... Opportunité et Menace

Immersion de récifs artificiels au large d'Etretat © Jean-Claude Grandchamp, IN VIVO

■ Les structures vont constituer de nouvelles surfaces à coloniser. Une succession écologique va se mettre en place et ainsi permettre le développement de biomasse.

Les structures qui traversent la colonne d'eau de la surface jusqu'au fond peuvent accueillir des organismes différents selon la profondeur et la pénétration de la lumière. A la surface notamment, du fait de l'oscillation des marées, ces structures vont abriter des communautés intertidales et subtidales et regrouperont une multitude d'organismes tels que les balanes, amphipodes, bryozoaires et des mollusques.

Les pieds des structures, selon leur forme et leur disposition, pourront constituer une zone de reproduction, d'alimentation ou d'abri contre les prédateurs[81]. Ainsi, différents maillons d'un réseau trophique s'installent et, comme le montrent diverses études à l'étranger[82] sur des éoliennes posées, on assiste dans certains cas à une augmentation de la biomasse comparable à celle qui est observée aux abords de récifs artificiels.

Certains scientifiques estiment toutefois qu'il s'agit davantage d'une concentration de la biomasse des alentours que d'une augmentation[83].

On estime que le rayon d'influence sur la faune autour d'un récif artificiel pourrait aller de 5 à 600 mètres[84]. C. Wilhelmsson présente de façon schématique les influences positives et négatives sur l'abondance des espèces de la faune, en fonction du rayon de l'impact, lors du fonctionnement des éoliennes offshores. Par exemple, tandis que l'on constate dans les 5 premiers mètres[85] un effet « récif artificiel » bénéfique (en fonction du milieu originel), avec une augmentation de la biomasse de moules bleues, décapodes (crabes et les homards par exemple) et poissons benthiques, il est généralement noté un épuisement du phytoplancton du fait des fortes densités d'organismes filtrants (moules) sur et autour de la turbine, qui pourrait nuire à la croissance des filtreurs sur le fond marin, vers 20 mètres de rayon[85].

Le dépôt ou le filtrage de matière organique, provenant des poissons et invertébrés associés aux turbines, peuvent

79 IUCN, 2010, Greening Blue Energy, Ibid.
80 MEDDE-DGEC, Juillet 2010, Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens, page 90.
81 MEDDE-DGEC, 2012, Etude méthodologique des impacts environnementaux et socio-économiques des énergies marines renouvelables. Lien : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/120615_etude_version_finale.pdf
82 Wilhelmsson, et al., 2006; Wilhelmsson & Malm, 2008; Maar, et al., 2009 ; Kellison & Sedberry, 1998; Bray, et al., 1981; Davis, et al., 1982; Kurz, 1995; Jordan, et al., 2005 ; Grove, et al., 1991; Fayram & De Risi, 2007 ; Stewart, et al., 2007; Larsen & Guillemette, 2007
83 http://www.ifremer.fr/dtmsi/colloques/seatech04/mp/article/7.eolien_offshore_impacts/7.1.IFREMER.pdf
Drévès L., Berthou P., Latrouite D., Leblond E./ Ifremer RST-DEL/SR/04.06, Juillet 2004, Projet de parc éolien offshore de la Côte des Isles : Etude Océanologie & Activités Halieutiques. Rapports de résultats de recherches scientifiques et techniques.
84 IUCN. 2010, Greening Blue Energy. Ibid.
85 Wilhelmsson, et al., 2006; Wilhelmsson & Malm, 2008; Maar, et al., 2009.

influencer les communautés benthiques jusqu'à 40 mètres de distance[86] et entraîner des changements locaux de la composition des assemblages de macro-invertébrés ainsi que des modifications des paramètres physico-chimiques et autres aux abords des structures.

Ces impacts ne devraient avoir d'importance significative que dans des habitats protégés qui hébergent des espèces vulnérables ou encore là où l'échelle des aménagements est plus substantielle.

Le gain net de biodiversité dépendra alors :

› de la qualité du milieu initialement présent : tous les milieux de substrats meubles ne sont pas pauvres en biodiversité - les dunes sableuses sous-marines et les vasières, par exemple, accueillent une riche diversité d'espèces et assurent des rôles fonctionnels inestimables ;

› du nouvel écosystème développé : l'effet « récif » peut en effet favoriser l'apparition ou la progression d'espèces non-indigènes, voire envahissantes (effet « stepping stones » des fondations des parcs). Le projet peut également, en changeant le schéma de dispersion et la distribution d'espèces vivant dans le milieu, favoriser les espèces opportunistes ; par exemple: les moules, les ophiures, l'algue *Halidrys siliquosa (« queue de poulain »)*, les sargasses japonaises, les crépidules… En général, cela bénéficie aux espèces ayant une phase larvaire courte (de quelques heures ou quelques jours) qui vont pouvoir se disperser grâce au relais qu'offrent les structures.

En conclusion, il y a bien création de biomasse mais également une modification de la composition des espèces ; il est donc difficile de dire si cette évolution est positive ou négative. Ce qui est sûr, c'est qu'on ne peut compenser la perte d'un habitat (et des services qu'il rend) par un autre et que des connaissances complémentaires sont nécessaires concernant l'effet des parcs EMR sur la production nette de biodiversité en termes à la fois de biomasse et de diversité.

Dans ce contexte, le gain proviendrait plutôt de l'effet « refuge » ou « réserve » (davantage que l'effet « récif ») contre les impacts de la pêche (prélèvement d'espèces ciblées ou accessoires et destruction d'habitats benthiques), du fait de la présence des structures et des restrictions d'accès réglementaires. Cependant, il peut y avoir un effet indirect négatif, par le report de l'activité sur des secteurs peu exploités, mieux préservés ou plus sensibles aux impacts des engins de pêche. ■

Impacts résiduels[87]

© Sylvain Michel

■ Même si le promoteur d'un parc travaille en suivant la hiérarchie d'atténuation et identifie, évite et minimise les impacts d'un aménagement donné, il reste toujours des impacts. Ceux-ci peuvent être importants, ou non, en fonction de la fragilité de la zone et des espèces. Les impacts résiduels peuvent comprendre (liste non limitative) :

› La perte d'habitat au cœur du périmètre physique des génératrices, des fondations, de la protection anti-érosion, des câbles et de la station électrique et dans les zones proches.

› Des changements forcés d'assemblages d'espèces à cause de la présence phy-

sique des installations et des impacts qu'elle a sur l'équilibre entre proies et prédateurs.

› Le bruit et les champs électromagnétiques qui peuvent encore provoquer des changements de comportement chez certaines espèces malgré toutes les mesures d'atténuation prises pour atténuer ces impacts.

Même si la restriction des activités de pêche dans une zone peut avoir des effets bénéfiques sur l'environnement marin du parc, il peut encore subsister certains impacts biologiques et sociaux dans la mesure où la pêche peut s'être reportée vers d'autres endroits.

Les promoteurs de projets essayent de plus en plus de prendre les mesures nécessaires pour pallier ou compenser ces effets résiduels. Les compensations de la biodiversité sont une façon de s'assurer que le développement du projet évite une perte nette de biodiversité, voire qu'il en résulte un gain net. Les mesures de compensation proposées, si elles s'avèrent absolument nécessaires, doivent être réalisables techniquement et financièrement. Rappelons que la possibilité de mettre en place des mesures de compensation ne doit pas servir de prétexte pour accepter des dégradations du milieu qui pourraient être évitées ou réduites.

Les compensations, qui doivent être effectuées en nature et non sous forme financière conformément à la réglementation française, doivent être quantifiables, et il faut prévoir les pertes probables de biodiversité et les mettre en regard des avantages prévus en ce qui concerne la composition des espèces, la structure de l'habitat, les fonctions écosystémiques et l'utilisation de la biodiversité par d'autres usagers.

Des travaux de recherche sont en cours sur les mesures compensatoires envisageables dans le cadre des projets éoliens en mer français (thèses soutenues par EDF-EN et l'IUEM).

Par ailleurs, le Business and Biodiversity Offset Programme[88] (Programme de compensation pour les entreprises et la diversité biologique) BBOP envisage actuellement nombre de ces aspects en lien avec des études de cas réelles et travaille avec les promoteurs pour concevoir et mettre en œuvre des projets de compensation de la biodiversité pour leurs sites opérationnels (mais cela ne concerne actuellement que les milieux terrestres). L'objectif est d'atteindre zéro perte nette de biodiversité (no net loss) par les projets, voire même un gain net (net positive impact).

Même si les mesures compensatoires en milieu marin sont encore assez peu développées en Europe, les Etats-Unis les pratiquent depuis une dizaine d'années mais seulement en milieu côtier (mangrove, récif corallien, herbiers marins). A titre d'exemple, l'Etat de Floride a développé une méthode de dimensionnement des mesures compensatoires spécifique aux zones humides terrestres et marines : *Uniform Mitigation Assessment Method (UMAM)*. Cette méthode permet d'évaluer les performances d'un écosystème sur la base de nombreux indicateurs fonctionnels.

La compensation en milieu marin en Floride suscite néanmoins quelques interrogations au niveau de l'équivalence pour au moins deux raisons (Levrel et al., 2012[89]) :

› (1) les indicateurs retenus pour évaluer la compensation sont des espèces à cycle de vie court et le suivi effectué sur les mesures compensatoires est trop court (5 années). Or, il faut du temps pour qu'un écosystème perturbé retrouve son équilibre.

› (2) deux techniques sont essentiellement utilisées (immersion de récif artificiel et transplantation de corail) quel que soit le type d'impact mesuré.

Il faut donc souligner l'importance du choix des indicateurs dans la réalisation de la compensation ainsi que le peu de techniques d'ingénierie écologique existantes en milieu marin. Ce dernier point contraignant fortement la réalisation de la compensation, un effort en R&D serait souhaitable. A ce titre, on peut noter des initiatives françaises lancées dernièrement telles que celles labellisées par le Pôle Mer Méditerranée[90]. Ces projets portent notamment sur l'éco-conception (les matériaux de construction sont conçus pour respecter l'environnement voire pour apporter une plus-value écologique via la création d'habitats) ou encore la transplantation d'herbiers marins et l'amélioration de récifs artificiels. ■

« Des travaux de recherche sont en cours sur les mesures compensatoires envisageables dans le cadre des projets éoliens en mer français.

86 Kellison & Sedberry, 1998; Bray, et al., 1981; Maar, et al., 2009.
87 IUCN. 2010, Greening Blue Energy. Ibid.
88 Lien : http://bbop.forest-trends.org/index.php
89 Levrel H., Pioch S., Spieler R., 2012. Compensatory mitigation in marine ecosystems : Which indicators for assessing the « no net loss » goal of ecosystem services and ecological functions? Marine Policy, 36, 1202-1210.
90 Liste des projets labellisés par le Pole Mer Méditerranée : http://www.polemermediterranee.com/

Synthèse

© www.calvados-tourisme.com

Les sources énergétiques marines pourraient être exploitées rapidement dans les prochaines décennies, surtout si un soutien suffisant est accordé par les États et l'industrie à ces technologies encore au stade expérimental. Il est essentiel d'identifier et d'évaluer les effets négatifs, comme positifs (les deux devant être évalués pour connaître l'impact net du projet sur l'environnement, et ainsi pouvoir dimensionner d'éventuelles mesures compensatoires), sur l'environnement marin, condition essentielle pour que les parcs d'EMR soient localement bien acceptés.

L'étude réalisée par le Comité français de l'UICN évalue de manière générale l'impact des différentes techniques existantes. Les principaux impacts potentiels liés au développement des énergies marines renouvelables sur l'environnement marin évalués dans l'étude recouvrent : le bruit, la perte ou la modification des habitats, l'effet « barrière » pour les migrations, les risques de collision, les perturbations liées aux champs électromagnétiques, ou encore les dangers liés à la navigation pour certaines espèces…

Cependant, diverses mesures d'atténuation peuvent être mises en œuvre au cours de la construction, de l'exploitation, de l'entretien ou du démantèlement, afin de réduire les risques pour la biodiversité locale : par exemple en adaptant les dates de chantier, en évitant les sites sensibles, ou en développant une conception qui tienne compte de l'écosystème dans lequel s'intègre le projet.

Mais toutes les technologies n'entraînent pas les mêmes impacts.

Une réflexion sur les filières les plus productives et les moins impactantes est indispensable, tout en tenant compte des délais de développement de chaque filière.

Poursuivre la recherche, les démonstrateurs et le développement des sites d'essais de techniques moins impactantes pour les milieux est primordial, en poursuivant en parallèle le développement des technologies matures type éolien, profitable, en termes de développement économique, de structuration d'activités et de connaissance des impacts environnementaux, à toutes les filières EMR.

Il convient cependant de poursuivre les réflexions menées pour minimiser les impacts de ces technologies dans une optique d'amélioration continue (le manque de recul ne doit en effet pas constituer un frein, mais pousser à un partage de données et d'expériences).

On rappelle que dans le cadre du travail décrit ici, seule la biodiversité a été prise en compte : le Comité français de l'UICN est bien conscient des autres enjeux qui influent légitimement sur les décisions politiques (tels que la maturité du secteur, les coûts potentiels de production à court et à long termes, d'acceptabilité sociale...), et notamment de la nécessité de promouvoir des solutions techniques à court terme, afin de créer et dynamiser la filière industrielle à l'échelle nationale.

Au regard de cette première analyse globale des impacts de ces filières sur l'environnement, il semble que l'éolien flottant et l'éner-

gie houlomotrice au large (le développement du houlomoteur dans les aménagements du littoral, digues portuaires et dans les zones côtières ayant des impacts similaires aux parcs hydroliens en zone côtière) soient les filières à privilégier pour une stratégie de développement des EMR respectueuse de la biodiversité. Ces technologies n'étant pas les plus matures cela impliquerait d'attendre quelques années pour pouvoir les développer dans les eaux françaises.

Il est aussi important de progresser dans la comparaison avec les activités maritimes existantes et de rappeler que les EMR viennent s'ajouter à des perturbations pré-existantes. Selon la technique utilisée et les espèces concernées (les mammifères marins par exemple, pour qui la pêche est la première source de mortalité anthropique), la pêche par exemple pourrait avoir des impacts potentiellement plus forts que les EMR. C'est peut-être aussi le cas des plateformes pétrolières et pour certains impacts (bruits) du transport maritime.

Il est donc important de rappeler que les EMR ne seront pas, seules, à la source de tous les impacts subis par les milieux marins et côtiers. Il est donc capital d'évaluer les impacts cumulés des EMR et des activités plus anciennes, et ce à une échelle pertinente. Les analyses environnementales stratégiques conduites sur les différentes façades maritimes françaises, dans le cadre des Plans d'Action pour le Milieu Marin, devraient être mis à profit pour maîtriser ces impacts. ■

A ce stade de l'évaluation et du point de vue des questions de biodiversité spécifiquement, il semble intéressant de mettre en avant les conclusions suivantes :

- le développement des éoliennes flottantes semble intéressant par rapport à celui des éoliennes posées, car cette technologie réduit la dégradation des fonds marins et permet de mobiliser des espaces marins plus éloignés, minimisant les conflits d'usage - la question du risque de collision entre les mammifères marins et les lignes d'ancrage reste malgré tout à prendre en compte ;

- le développement de l'exploitation des courants océaniques et de l'énergie des vagues, à grande échelle et au large, ou intégrée dans les ouvrages côtiers existants semblerait n'engendrer que des dommages potentiels limités à l'environnement côtier ;

- pendant la construction, et sur des périodes prolongées, les usines marémotrices provoquent des perturbations majeures sur les écosystèmes estuariens, qui sont de grande valeur en termes de biodiversité. En comparaison, même développés à grande échelle, l'hydrolien (bien que plus proche des côtes), et l'éolien flottant ou le houlomoteur, auraient probablement un impact plus faible sur la biodiversité. Mais ces technologies ne sont pas les plus avancées actuellement, et plusieurs années seront nécessaires avant de les déployer dans les eaux françaises.

Bien sûr, ces résultats préliminaires doivent être pris en considération prudemment, et confirmés par des évaluations environnementales à l'échelle adaptée (évaluation stratégique). De plus, au-delà des considérations globales relatives aux filières, le niveau de l'impact reste très dépendant de chaque projet, et doit être évalué dans le cadre de l'étude d'impact. En outre, les connaissances sont encore limitées et certaines technologies ne sont pas matures, ce qui peut fausser l'évaluation de leurs effets. Des travaux de recherche et d'expérimentation doivent donc être conduits de façon prioritaire, afin de mieux cerner les impacts des technologies émergentes et des technologies matures qui n'ont pas encore été appliquées à grande échelle ou dans les environnements typiques des eaux françaises.

Fiches thématiques

Algues himanthales (Himanthalia elongata) dans la chaussée de Sein © Yannis Turpin / Agence des aires marines protégées

PROTOCOLES BIODIVERSITÉ : ÉTAT DES LIEUX ET SUIVI

ASSURER UN ETAT DES LIEUX ET UN SUIVI PERTINENT ET COORDONNÉ

Dauphin commun © Pelagis/Gautier

Exposé des motifs

La directive 2011/92/UE prévoit notamment que « les projets susceptibles d'avoir des incidences notables sur l'environnement, notamment en raison de leur nature, de leurs dimensions ou de leur localisation, soient soumis à une procédure de demande d'autorisation et à une évaluation en ce qui concerne leurs incidences ». Cette législation communautaire est transposée en France à travers les dispositions du Code de l'environnement relatives aux études d'impact.

Les pays européens ont transposé cette directive en droit national. En ce qui concerne la France, il est indiqué dans l'annexe à l'article R122-2 du code de l'environnement créé par Décret n°2011-2019 du 29 décembre 2011 que tout projet appartenant à la catégorie d'aménagements, d'ouvrages et de travaux « Energie » et à la sous-catégorie n°27 « Installations en mer de production d'énergie » est soumis à étude d'impact. Ainsi, les projets d'aménagements pour les EMR doivent respecter la mise en œuvre de la séquence « éviter/réduire/compenser » et doivent présenter les mesures envisagées dans le rapport d'Etude d'Impact Environnemental (EIE).

Champ de laminaires dégradé © Frédéric Lechat

LES DEUX NIVEAUX D'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE

Les principaux instruments qui servent à évaluer les impacts environnementaux des projets et des programmes sont :

› Les Évaluations environnementales stratégiques (EES) – évaluation des impacts

environnementaux liés à des plans et à des programmes (y compris des projets multiples), entrepris principalement par des autorités gouvernementales pour vérifier que le plan ou programme respecte les objectifs environnementaux ;

› Les Études d'impact environnemental (EIE) - utilisées pour des projets individuels par (a) un développeur, pour lui permettre, en se basant sur les impacts environnementaux, de prendre des décisions concernant le développement d'un projet, les plans d'atténuation ainsi que le suivi continu, et (b) des autorités, pour vérifier qu'un projet donné respecte la législation environnementale.

© Ifremer

LA RÉFORME DES ÉTUDES D'IMPACT EN FRANCE

Prévue par les lois Grenelle, la réforme des études d'impact, outil emblématique du droit de l'environnement, prend corps avec la publication du décret n° 2011-2019 du 29 décembre 2011 portant réforme des études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements, entré en vigueur le 1er juin 2012.

Ce texte réforme le contenu et le champ d'application des études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements. Désormais, seuls sont soumis à étude d'impact les projets mentionnés en annexe à l'article R. 122-2 du Code de l'environnement. La liste des projets soumis devient positive, plus simple (disparition du seuil financier d'un programme de travaux) : nous notons qu'au 27° est mentionné que toutes les installations en mer de production d'énergie sont soumises à étude d'impact, obligatoire en toutes circonstances (plus de notion de seuil).

Le texte redéfinit également le contenu de l'étude d'impact (R122-5). On constate notamment une augmentation des thèmes à analyser (dont les effets cumulés) et une obligation, pour le pétitionnaire, de présenter les mesures selon la démarche « ERC » (article R122-4-II-7°) (éviter-réduire-compenser) ainsi que des nouveautés :

› 5° L'obligation de présenter une esquisse des principales solutions de substitution examinées par le pétitionnaire ou le maître d'ouvrage et les raisons pour lesquelles, eu égard aux effets sur l'environnement ou la santé humaine, le projet présenté a été retenu (« éviter-réduire ») ;

› 8° Une présentation des méthodes utilisées pour établir l'état initial visé au 2° et évaluer les effets du projet sur l'environnement et, lorsque plusieurs méthodes sont disponibles, une explication des raisons ayant conduit au choix opéré ;

› une justification si impossibilité de compensation par le pétitionnaire

› une présentation des principales modalités de suivi de ces mesures et de leurs effets, une estimation des dépenses relatives à ces mesures, ainsi qu'un exposé des effets attendus de ces mesures

Le suivi des effets par l'État est également renforcé avec la prise d'un arrêté, un délai pour le bilan et le renforcement de la police administrative.

Principes généraux

PRENDRE EN COMPTE LES SERVICES ÉCOLOGIQUES FOURNIS PAR LES ÉCOSYSTÈMES MARINS ET CÔTIERS[91]

Pour la préservation de la biodiversité marine et côtière, nous recommandons d'évaluer la pertinence des différents scénarios de développement des EMR, à diverses échelles, en tenant compte des services écologiques essentiels fournis par les milieux marins et côtiers. Nous rappelons que ces services ne sont pas rendus que par les AMP : tout écosystème en bon état de conservation les fournit à la société.

91 UICN France (2014). Panorama des services écologiques fournis par les milieux naturels en France - volume 2.2 : les écosystèmes marins et côtiers. Paris, France.

TENIR COMPTE DES IMPACTS CUMULÉS À LA BONNE ÉCHELLE DE RÉFLEXION

La question des impacts cumulés liés à une nouvelle activité doit être abordée lors de ces analyses.

Ainsi qu'il a été précisé plus haut, les impacts environnementaux (et socio-économiques) devraient être évalués globalement pour la zone d'influence du projet, et non pour le seul projet, pour développer une vision globale des impacts cumulés.

DÉVELOPPER LES ÉVALUATIONS STRATÉGIQUES (EES) À PARTIR DES SUIVIS INDIVIDUELS (EIE)

Des évaluations appropriées des effets cumulatifs au niveau de chaque étude d'impacts pourraient alimenter les documents stratégiques réalisés à une échelle plus large.

CRÉER UNE INSTANCE DE CONTRÔLE ET D'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE

Pour ce qui concerne les appels d'offres éolien en mer, le gouvernement français prévoit la mise en place d'une instance de concertation et de suivi pour chaque projet (cf paragraphe 6.4.1 du cahier des charges). Cette instance a vocation à perdurer pendant toute la durée du projet (développement, construction, exploitation, démantèlement). Elle se veut un lieu de dialogue et elle peut émettre des recommandations pour permettre une meilleure prise en compte des enjeux locaux. Mais elle n'est toutefois pas à visée spécifiquement environnementale.

Globalement, il est noté le manque d'un groupe de travail national avec des experts de tout bord pour débattre de ces sujets. Il y a nécessité d'aller vers une vision plus globale des études : approche écosystémique, vision nationale, etc. Un axe fort « EMR » est à développer au sein du COMER.

Les CSRPN peuvent également jouer un rôle clé dans l'évaluation de l'efficacité des mesures prises pour supprimer, limiter ou compenser les impacts des projets sur le milieu marin, si on leur donne cette compétence.

Il conviendra également de voir quel rôle pourra jouer la future Agence française pour la Biodiversité : nous recommandons de lui donner les moyens suffisants pour assurer le contrôle et le suivi des projets (moyens humains et financiers), mais aussi les outils réglementaires adaptés.

Principes opérationnels

Pour la préservation de la biodiversité marine et côtière, nous recommandons de :

› DRESSER DES CARTES DES FONDS MARINS METTANT EN AVANT LES BESOINS DE CONNECTIVITÉS ÉCOLOGIQUES

La planification dans l'espace et dans le temps est indispensable. Si l'on suit cette idée, les études de site auraient dû être faites en amont, avant l'appel d'offres. C'est ce que font les Britanniques (DEFRA). Ainsi, il y a peu de recouvrement, cela évite le conflit d'usages (le décalage des projets dans le temps est possible quand on a des études en amont).

Cette approche aurait permis en France que les opérateurs aient connaissance, en amont, des risques liés à leur zone de projet. Ici, ils se retrouvent avec des sites dont ils découvrent les « contraintes » environnementales (et les coûts liés) au fur et à mesure des études qu'ils mènent.

Il est rappelé que la planification est obligatoire au niveau européen (cf. Directive 2001/42/CE). De façon générale, ce qui n'a pas été fait en phase planification devra être fait en phase projet, puis en phase exploitation, en multipliant à chaque fois les coûts.

La phase planification a plusieurs objectifs : assurer la compatibilité des plans et programmes Energie / Ecologie, anticiper les impacts cumulatifs, etc.

Elle nécessite une bonne connaissance des écosystèmes, notamment des zones à enjeux, pour une bonne évaluation des impacts.

Nous recommandons de laisser des zones « bleues » entre les parcs, représentant un refuge, un habitat, un lieu de passage ou de nourriture pour la biodiversité.

Les organismes ne réagissent pas de la même façon suivant la taille du parc EMR en construction (durée des impacts variables dans le temps, de quelques mois à plusieurs années), le risque d'abandon de la zone par les organismes mobiles est susceptible d'être plus important lorsque la durée des travaux augmente. Il est donc primordial que la construction d'un grand parc se fasse selon un phasage qui consiste à diviser la construction selon plusieurs phases et à réaliser une partie du parc totalement et à la raccorder au réseau, puis à réaliser les différentes autres parties ensuite. Les impacts seront donc, dans ce cas, localisés dans le temps et dans l'espace selon l'étape de construction.

› RENFORCER LA CONNAISSANCE, CAPITALISER L'INFORMATION ET AMÉLIORER L'ACCÈS À CES INFORMATIONS

Nous manquons de connaissance sur les impacts de ces ouvrages dans le temps : en phase de construction, en phase d'exploitation, mais aussi au moment du démantèlement. La connaissance des effets d'une perturbation répétée est également à améliorer.

Les données de référence appropriées sur l'état de l'environnement marin, sur la distribution des espèces et des habitats sensibles, et sur les routes de migration des oiseaux, des poissons et des mammifères sont généralement très peu nombreuses par rapport aux demandes d'évaluations d'impacts. Il serait ainsi nécessaire d'améliorer l'état de la recherche sur la distribution et l'abondance des espèces, portant sur des cycles annuels et sur la structure et le statut des populations, mais aussi de développer des outils analytiques pour évaluer des écosystèmes et les effets en cascade.

Il serait également intéressant de faire une recherche stratégique pour développer des indices de sensibilité spécifiques de chaque espèce en ce qui concerne les installations offshore d'énergie éolienne (ils n'existent pour le moment que pour les oiseaux) aux différentes étapes de la vie et dans différentes régions.

Plus de recherches seront aussi nécessaires sur les effets du bruit sur différentes espèces, ainsi que sur les mécanismes et les indices qui sous-tendent le

© Frédéric Lechat

comportement d'évitement des oiseaux, pour pouvoir développer au besoin des stratégies d'atténuation appropriées. C'est aussi le cas en ce qui concerne les impacts des champs électromagnétiques qui agissent comme des barrières dans la migration des poissons.

Nous rappelons la nécessité que les études qui seront menées le soient en toute indépendance scientifique, de même que les suivis.

Enfin, concernant les effets cumulatifs, il y a peu de méthodologie et les effets sont mal connus.

Une réponse peut être de créer une base de données des études d'impact en mer.

Ces recherches pourraient être financées en premier lieu par l'Etat, permettant de garder la donnée publique, ou faire l'objet de travaux collectifs des opérateurs (dans le cadre de France Energie Marine par exemple).

C'est ce qui est fait dans les pays anglo-saxons.

En France, tout est financé par l'opérateur, après qu'il ait été sélectionné dans le cadre de l'appel d'offre, créant de nombreuses incertitudes.

La mutualisation des études semble ainsi très opportune pour limiter les coûts et assurer une meilleure efficacité de la planification.

France Energie Marine pourrait participer à la coordination de ces études.

› AMÉLIORER LE SUIVI DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX, NOTAMMENT DES IMPACTS CUMULÉS, À L'ÉCHELLE DE L'EIE COMME DE L'EES

Les connaissances sur le milieu marin sont lacunaires. Beaucoup d'informations seront donc issues des retours d'expériences des premiers projets, d'où l'importance de mettre en place un programme de suivi environnemental apte à vérifier les hypothèses formulées.

Certaines normes d'EIE exigent jusqu'à deux années complètes successives de données avant de pouvoir approuver la construction de parcs éoliens. Il faut cependant considérer ces périodes d'attente comme le résultat d'une approche pragmatique dans la mesure où elles ne sont généralement pas encore suffisantes pour comprendre complètement les effets écologiques pour chaque site en question, notamment la variabilité d'une saison et d'une année à l'autre, au niveau des écosystèmes et au niveau des espèces.

Les données de référence qui existent pour une zone marine influencent fortement la qualité de l'EIE, qui doit être prise en compte au cours des processus de sélection et d'autorisation du site.

Les EIE pour des parcs éoliens offshore se font à des échelles diverses, avec des portées différentes et une profondeur d'études variable. Ceci résulte d'un manque de normes nationales comparables et aussi des interprétations divergentes des exigences des EIE par les autorités qui doivent donner leur consentement.

Pour éviter des approches arbitraires ou qui manquent de prudence, nous recommandons de développer des normes solides, scientifiquement fondées, et de définir des seuils pour les évaluations d'impacts au niveau national qui pourront être adaptées au niveau régional.

Notons qu'une démarche de ce type est en cours via la consultation lancée par la DGEC pour établir un guide d'étude d'impact des parcs éoliens en mer.

Nous recommandons l'instauration de lignes directrices internationales et le développement de réseaux d'échanges d'informations (tels que EMODNET – Réseau européen d'observation du milieu marin) pour faciliter la conduite des EIE.

Il faudrait clarifier les critères pertinents sur lesquels se baseront les pronostics d'impacts. Les effets sur les populations, et surtout les sous-populations, et sur les espèces, sont essentiels dans les évaluations d'impacts et les processus d'agrégation, si ces évaluations sont menées à l'échelle pertinente (par exemple, pour les mammifères marins, il n'y aura pas d'intérêt à mener une évaluation sur une petite zone).

Cependant, il n'y a généralement pas d'accords régionaux ou nationaux sur les niveaux acceptables (ex. intensité d'impacts) ou sur des échelles (ex. population de référence à prendre en compte et distribution biogéographique affectée) de perturbation pour les espèces en question. Ces faiblesses doivent être corrigées au niveau national et transnational. La mise en place de standards est nécessaire : la DCSMM pourrait être le cadre pertinent en Europe continentale.

› AMÉLIORER LE LIEN ENTRE LES SUIVIS DES PROJETS ET LES PROGRAMMES DE SURVEILLANCE EN RENFORÇANT LES SYNERGIES ET EN COORDONNANT LES PROTOCOLES

Nous rappelons également la nécessité d'harmoniser les protocoles développés dans le cadre de ces suivis, à l'échelle nationale, voire de les mutualiser… Tous les acteurs, les opérateurs en premier lieu, sont demandeurs d'un cadre pour la réalisation des EIE. Cela sécuriserait le travail et permettrait d'éviter l'interprétation subjective par chaque service administratif.

Il est nécessaire de ne pas laisser les porteurs de projet seuls face à ces questionnements.

Mais il faudrait pour cela un accord entre développeurs et surtout un pilotage institutionnel…

Nous rappelons enfin, qu'actuellement, tous les usages du milieu marin n'ont pas l'obligation de faire l'objet d'une étude d'impact ! Pourtant, en agissant sur les autres activités, on pourrait mieux coordonner les suivis (par exemple, profiter des navires de transport ou des mats météorologiques pour réaliser des suivis environnementaux dans la zone).

© Sylvain Dromzée / Agence des aires marines protégées

Conclusion

La réduction des impacts négatifs et le développement d'éventuels impacts positifs supposent d'étudier les impacts environnementaux des projets de production d'énergies marines renouvelables dans une approche globale.

Dans cet objectif, nous recommandons donc de :

- Dresser des cartes des fonds marins mettant en avant les besoins de connectivités écologiques
- Renforcer la connaissance, capitaliser l'information et améliorer l'accès à ces informations
- Améliorer le suivi des impacts environnementaux, notamment des impacts cumulés, à l'échelle de l'EIE comme de l'EES
- Améliorer le lien entre les suivis des projets et les programmes de surveillance en renforçant les synergies et en coordonnant les protocoles

Un suivi continu sera crucial pour analyser dans quelle mesure les premières stratégies d'atténuation auront réussi à éviter ou à réduire les impacts sur l'environnement marin.

Les futures décisions pourront intégrer les découvertes les plus récentes et ainsi atténuer de nouvelles menaces.

En faisant des études d'impacts environnementaux rigoureuses, tout en menant une gestion environnementale systématique, l'industrie pourra apporter une amélioration continue à ses pratiques et procédures.

Pour en savoir plus

- IUCN. 2010, Greening Blue Energy

FOCUS :

Mammifères marins - Méthodes de suivis, limites et axes à développer

Phoque-veau-marin © Pelagis/Vincent

Contact :
▸ Ludivine Martinez
ULR Valor – Observatoire Pelagis
Université de La Rochelle – CNRS

Mail : ludivine.martinez@univ-lr.fr

Parmi les suivis environnementaux à mettre en œuvre dans le cadre de l'installation d'un parc éolien, le suivi des mammifères marins est un point important. Il est souvent difficile de suivre ces animaux de par leur discrétion, le peu de temps passé en surface et les grandes distances qu'ils parcourent.

Il s'agit pourtant d'un enjeu fort lors des projets d'EMR : la sensibilité acoustique des mammifères marins les rend particulièrement vulnérables au bruit. Les collisions avec les navires et la modification des habitats et des ressources sont également des impacts potentiels pour ces animaux.

Les retours d'expérience à l'étranger font généralement état de 3 principaux moyens de suivis des mammifères marins dans le cadre des EMR : le suivi visuel (aérien ou par bateau), l'acoustique passive et la télémétrie. Il s'agit de méthodes classiques de suivi des populations qui ont fait les preuves de leur efficacité.

Toutefois, leur application nécessite une étude au cas par cas pour déterminer la pertinence et les conditions de leur mise en œuvre. En effet, les observations visuelles aériennes permettent de couvrir une large zone mas leur coût rend impossible un échantillonnage à fine échelle temporelle. Les observations par bateau permettent de cibler une zone plus précise mais sont fortement dépendantes des conditions météorologiques. L'acoustique passive apporte un suivi en continu de la zone d'étude, mais le coût des instruments et des analyses rend impossible un échantillonnage à large échelle spatiale. Enfin, aucune de ces méthodes ne cible spécifiquement les phoques : la télémétrie permet de répondre à cette problématique en suivant les stratégies individuelles de déplacement et d'utilisation d'habitat.
En revanche, l'extrapolation à la colonie à partir de quelques animaux est délicate. En bref, aucune méthode de suivi n'est idéale, chacune présentant des avantages et des limites. La combinaison de plusieurs méthodes va permettre de réduire les biais.

Même en utilisant ces méthodes, il reste difficile d'évaluer avec certitude quel sera le niveau d'impact d'une implantation EMR sur un site donné. En effet, cela requiert une connaissance fine de la distribution, des schémas migratoires, des comportements et des sensibilités des mammifères marins que nous n'avons pas à l'heure actuelle.

Il est donc souhaitable d'encourager le développement des connaissances relatives aux mammifères marins des côtes françaises afin de mieux appréhender les impacts potentiels des parcs EMR et leurs conséquences possibles dans l'optique de proposer des mesures d'atténuation cohérentes et pertinentes. Cela pourrait passer par une participation à des programmes de recherche existants ou à venir. Cela pourrait également passer par une mutualisation des suivis plutôt que des suivis site par site, qui permettrait d'augmenter la cohérence de l'aire d'étude considérée et des analyses effectuées tout en optimisant les coûts.

FOCUS :

Le projet GHYDRO

© Alstom

Le projet GHYDRO a pour objectif de rédiger un guide méthodologique qui offrira aux acteurs des projets hydroliens en mer des éléments d'aide à la décision pour l'insertion environnementale des machines et des fermes d'exploitation.

Ce document propose une première série de recommandations et de méthodes pour :
- décrire l'état initial,
- identifier et analyser les changements écologiques potentiels,
- élaborer un programme de suivi environnemental.

Le périmètre du projet GHYDRO englobe les 3 phases d'un projet hydrolien (installation, exploitation et démantèlement) ainsi que l'ensemble de ses composantes marines (turbines, convertisseur, câble, navires…).

Pour réunir un maximum de compétences, France Energies Marines a constitué un consortium de spécialistes en technologies hydroliennes et en environnement marin issus d'instituts de recherche et d'entreprises. France Energies Marines a également consulté au sein de ses membres de nombreux experts en environnement marin, des développeurs de technologies et des usagers des zones côtières.

Le guide méthodologique aura vocation à être diffusé largement :
- autorités environnementales,
- développeurs de projets hydroliens en mer,
- bureaux d'études en environnement,
- usagers des secteurs concernés par les futurs projets hydroliens.

© EDF-DCNS

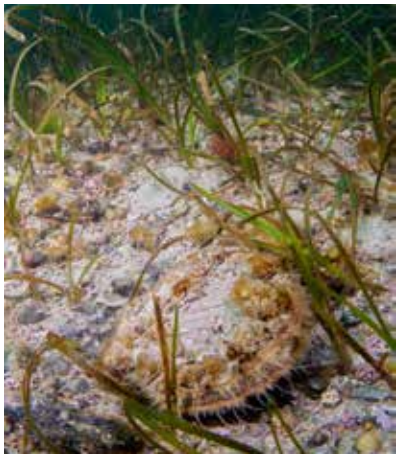
Dans les mois et années qui viennent, GHYDRO sera amené à évoluer selon un processus itératif au gré des avancées des projets hydroliens et des premiers retours d'expérience sur les interactions avec l'environnement marin.

Contact :
▸ Morgane Lejart
France Energies Marines

Mail : Morgane.Lejart@
france-energies-marines.org

FOCUS :

Le protocole développé par le MNHN de Concarneau pour le suivi des impacts des aménagements



Coquille Saint-Jacques dans l'herbier
© Frédéric Lechat

Ce protocole a été retenu dans le cadre de la DCSMM. Cet inventaire annuel permet en effet un suivi de l'évolution de la faune et de la flore lors des projets développés sur le milieu marin.

Le protocole « ECBRS » du MNHN de Concarneau, mis en œuvre par Estuaire Loire Vilaine sur le banc de Guérande, permet un suivi annuel (transects) des biocénoses des roches subtidales sur 9 sites entre les estuaires de la Loire et de la Vilaine depuis 2009. Il s'appuie notamment sur :
- Les limites d'extension en profondeur des différentes ceintures algales présentes ;
- La composition et la densité des espèces définissant l'étagement (laminaires et autres macroalgues participant à la définition des différentes ceintures) ;
- La composition spécifique (espèces caractéristiques et espèces opportunistes) ;
- La richesse spécifique floristique totale ;
- L'étude des stipes de Laminaria hyperborea et de leurs épibioses.

Contact :
▸ Jean-Claude Ménard
Estuaires Loire Vilaine

Mail : jc.menard@club-internet.fr

FOCUS :

La bouée SIMEO, station de surveillance de l'écosystème marin

UNE BOUÉE MULTIFONCTIONS INNOVANTE POUR LA SURVEILLANCE DE LA BIODIVERSITÉ MARINE

Le projet SIMEO - Station Instrumentale de Monitoring Ecologique dans l'Océan – vise à développer une gamme de stations marines instrumentées flottantes dédiées à l'observation des vertébrés marins et de leur milieu. C'est un projet collaboratif porté par Biotope dont les partenaires sont Nke Electronics, l'IRD, l'Ifremer, les pôles Mer Méditerrannée et Bretagne, Transfert LR et Oséo.

Le principe est d'associer sur une même bouée autonome plusieurs instruments de mesure de pointe (radar, sonar, système vidéo…) qui permettront de réaliser des mesures en quasi-continu afin de constituer des données biologiques, météorologiques, physiques et hydrologiques sous-marines puis de transmettre ce vivier de données à terre pour leur exploitation.

APPLICATIONS DE SIMEO

A l'heure où les Energies Marines Renouvelables (EMR) sont en plein développement, la prise en compte des écosystèmes est un enjeu important. Dans le domaine du monitoring de la biodiversité marine, SIMEO est une réussite qui permet d'analyser et de synthétiser des informations uniques pour servir d'outil d'aide à la décision :

› pour les études de site ;
› dans le cadre d'études d'impact pour des projets d'aménagement tels les parcs éoliens offshore ;
› pour la surveillance et le monitoring des Aires Marines Protégées (AMP).

Contact :
▸ Erwan Roussel
et Patrice Woerther
Biotope / Ifremer

Mail : eroussel@biotope.fr et
patrice.woerther@ifremer.fr

FOCUS :

Présentation du projet SEM-REV, porté par l'Ecole Centrale de Nantes

© ECN/SEM-REV

SEM-REV est un site d'expérimentation de l'Ecole Centrale Nantes disposant de tous les équipements en mer et à terre permettant la mise au point, en conditions opérationnelles, des systèmes de récupération des énergies marines issues principalement de la houle et du vent offshore. Le Laboratoire de recherche en Hydrodynamique, Energétique et Environnement Atmosphérique (LHEEA) de l'Ecole Centrale de Nantes et du CNRS participe ainsi activement au développement des énergies marines renouvelables. Partenaire des entreprises industrielles et des laboratoires de recherche, le Laboratoire joue un rôle important dans le développement des nouvelles capacités de production d'énergie.

L'Ecole dispose pour cela de la concession d'un site en mer de 1km² au large du banc de Guérande balisé, référencé, et instrumenté depuis 2009 (pour obtenir des données de vagues, courant et de météo sur la zone), s'est doté d'un navire océanographique permettant facilement les interventions sur site, et a mis à disposition d'une équipe de scientifiques un local avec des moyens de monitoring et de contrôle au Croisic.

Les prototypes récupérateurs de l'énergie des vagues seront positionnés au centre de la zone en mer. Ils seront reliés à terre par un câble électrique pour évacuer l'énergie produite. Le raccordement électrique du site SEM-REV a été étudié et optimisé en coordination avec les différentes parties prenantes.

Depuis janvier 2014, elle dispose également des autorisations nécessaires pour l'accueil de test d'éoliennes flottantes. Le premier système de production sera installé mi-2015.

Le site d'essais en mer SEM-REV a par ailleurs permis d'alimenter le projet européen SOWFIA (*Streamlining of Ocean Wave Farms Impact Assessment*), grâce au retour d'expérience en conditions réelles.

Le projet SOWFIA a pour objectif de faciliter le développement d'outils d'études d'impacts (EI) environnementaux et socio-économiques coordonnés, unifiés et encadrés au niveau européen pour le développement de l'énergie houlomotrice offshore.

Dans le cadre de ce projet, un résumé de la situation pays par pays a été rédigé, analysant :

› la manière dont sont conduites les évaluations des impacts environnementaux,
› le processus d'obtention des autorisations,
› la planification de l'usage du domaine publique maritime,
› le processus de consultation.

Des recommandations opérationnelles ont été proposées, destinées à être mises en place à court terme. Les recommandations stratégiques quant à elle faciliteront le travail dans le cadre d'une vision à plus long terme.

Contact :
▸ Izan LE CROM
Ecole Centrale de Nantes –
SEMREV

Mail: izan.le-crom@ec-nantes.fr
Web: http://www.semrev.fr/fr

IMPACTS CUMULATIFS, CONFLITS ET SYNERGIES

Le parc éolien de Horns Rev, au large de Esbjerg © Fabrice Nodé-Langlois

Exposé des motifs

La France présente un bon potentiel pour le développement de certaines EMR, mais toutes les filières ne se valent pas lorsque l'on fait le bilan coût environnemental / avantages socio-économiques. On entre alors dans la question des conflits : les EMR revendiquent de l'espace naturel, maritime, et cela a des répercussions en termes de compétition pour des usages existants ou envisagés.

Les espaces maritime et littoral font l'objet de multiples usages tels que le transport, l'exploitation des ressources marines (minérales, biologiques ou énergétiques) ou encore les activités de loisirs et le tourisme. Le développement des énergies marines renouvelables se fait donc sur un espace déjà soumis à de multiples pressions.

La planification permettra de résoudre en partie ces conflits, mais pas seulement. La mer est par principe un espace public, ouvert à tous les usagers, même si dans certaines zones (AMP) on peut envisager de limiter certains usages. Ces conflits ont un impact sur la biodiversité, car lorsqu'on choisit d'interdire quelque part, on déplace généralement la pression ailleurs.

Et on ne peut par ailleurs systématiquement installer les installations dérangeantes dans les milieux naturels où il n'y aurait pas d'usagers.

En mer, actuellement, les projets se superposent ; on ne se préoccupe pas de maitriser les impacts cumulés, ni d'optimiser les implantations pour fédérer les moyens humains et financiers. On crée ainsi des rapports de force, à la base de conflits latents, entre usages, entre anciens et nouveaux occupants, entre filières…

Cela n'est pas sans conséquences sur l'acceptation de ces projets. Cela peut engendrer des craintes pour les élus et les habitants des communes littorales ou les professionnels appréhendant d'être confrontés à des limitations ou des interdictions dans les parcs EMR ou à leur voisinage.

Il est donc nécessaire de ne pas examiner isolément les impacts des parcs EMR mais de prendre aussi en considérations les autres usages de l'environnement marin concernés.

Cumul des impacts

Nous recommandons que soient normalisés des critères et des méthodes permettant d'évaluer les effets cumulatifs sur des échelles spatio-temporelles appropriées.

On peut évaluer les impacts cumulatifs à deux niveaux :

› les impacts locaux d'un projet donné combinés aux autres pressions anthropiques existantes ▸ En France, la réforme de la législation relative aux études d'impacts prévoit désormais de traiter ces impacts cumulatifs (cf. Décret n°2011-2019 du 29 décembre 2011).

› les impacts à plus grande échelle, conséquences de l'existence de plusieurs parcs dans une zone ou une région.

Ces impacts doivent être évalués à l'échelle stratégique, c'est-à-dire à l'échelle de la politique ou du programme de développement national. Il est souhaitable que cette échelle coïncide avec l'échelle écorégionale (région biogéographique).

Synergies des activités

La viabilité d'un parc combinant les énergies éolienne et houlomotrice est actuellement à l'essai au Danemark. Un dispositif hybride couplant une éolienne flottante et une hydrolienne est également à l'essai au Japon[92]. Les installations peuvent partager les mêmes fondations, voies de transfert d'électricité et opérations de maintenance. Ces différentes sources d'énergies ont de plus des périodes complémentaires de performances maximales.

Cependant une disposition concentrée de différents types d'EMR signifie aussi concentrer les impacts environnementaux et les cumuler (par exemple en termes de barrières à la migration et de perte ou de fragmentation d'habitats)… De manière générale, les impacts cumulés peuvent être plus prononcés que la somme des impacts de chaque projet.

Exemples concrets d'interactions avec d'autres activités

AQUACULTURE ET PARCS EMR

Alors qu'il devient difficile de trouver des zones de développement de l'aquaculture sur nos côtes (urbanisation, pollution…), les parcs EMR pourraient offrir des opportunités d'exploiter des zones situées plus au large grâce à leurs structures.

Ces zones seraient moins soumises aux pollutions terrestres : des expériences sur les moules bleues ont notamment donné d'excellents résultats, en montrant moins de cas de parasitisme que les moules récoltées sur les côtes.

© Marius Born, Winterthour

92 Voir : http://www.mer-veille.com/mix-energetique/un-systeme-eolien-hybride-innovant-au-large-du-japon-22084426

PÊCHE ET PARCS EMR

Techniquement ou réglementairement, rien ne s'oppose a priori à ce que certaines activités de pêche (sauf la pêche au chalut qui pose à priori des questions techniques) soient conduites dans les parcs de production d'énergie marine, qui utilisent généralement l'espace de manière peu intense.

Il est généralement fait état d'un accroissement de la biomasse marine autour des structures EMR immergées. Cet « effet récif » est aussi bénéfique pour les espèces commerciales, avec un éventuel effet de débordement vers les zones adjacentes. Ces zones pourraient donc avoir un effet positif sur les stocks de poissons, pour autant que les poissons y passent assez de temps et qu'ils ne les évitent pas, par exemple à cause du bruit ou d'autres formes de nuisance. Une autre condition préalable pour que les effets soient positifs pour les stocks de poissons est que la reproduction ou l'efficacité alimentaire des poissons ne soient pas significativement perturbées dans la zone des parcs.

Le développement conjoint de projets de gestion de la ressource et d'un projet EMR peut donc être une bonne solution, à la fois pour pérenniser la ressource et pour conforter la pêche côtière.

Cependant, cette augmentation de biomasse est en partie liée, dans le cas des expériences étrangères, à l'absence de pêche aux alentours des parcs. Une explication complémentaire tient à la plus grande disponibilité de nourriture, provenant des espèces fixées ou attirées sur les substrats durs artificiels des parcs. Le chalutage de fond, qui est une menace sérieuse pour l'environnement benthique, pose des problèmes évidents de sécurité du fait des câbles sous-marins qui relient les parcs à la terre. De ce fait, le chalutage est souvent interdit ou réduit à l'intérieur des parcs, et ces zones couvrant plusieurs kilomètres carrés deviennent des des aires marines à l'intérieur desquelles des zones de non prélèvement peuvent exister. Ainsi, les impacts à long terme peuvent apparaitre positifs avec la création de ces zones restrictives en matière de prélèvement sur les ressources naturelles.

Ces secteurs deviennent donc plus favorables aux espèces à longue durée de vie. Cependant, les espèces opportunistes sont les premières à profiter de la disponibilité de substrat dur vierge lorsqu'elles colonisent les fondations.

Mais les écosystèmes diffèrent selon les sites : une étude au cas par cas est nécessaire.

Principes généraux

Il faut insister pour que cette nouvelle activité soit la plus respectueuse possible de la biodiversité, et s'attacher lors du déploiement des EMR à ce que l'impact cumulé soit au maximum égal à l'impact des activités préexistantes, et si possible inférieur. Ceci devrait logiquement, dans certains cas, conduire à réexaminer les autres activités pour répartir équitablement l'effort sur toutes les activités maritimes, en tenant compte de l'ensemble des impacts et des bénéfices environnementaux, sociaux et économiques associés.

Nous recommandons, compte tenu du fait que le développement des EMR est un objectif de politique publique et que l'Etat régulateur peut définir les modalités d'exercice de chacune des activités dans la zone, pour maintenir les impacts cumulés à un niveau acceptable, que les contraintes soient imposées à toutes les activités maritimes existant sur la zone, plutôt qu'aux seuls parcs de production d'EMR.

La figure 10 ci-dessous illustre cette approche : si le projet initial de parc conduit à dépasser les limites acceptables en termes environnementaux, deux approches sont possibles :

› soit concentrer les efforts sur la dernière activité arrivée (le parc de production d'EMR), au risque d'augmenter de manière importante les coûts de production,

› soit répartir les efforts sur toutes les activités impactant l'environnement (ex : limitation de certaines techniques de pêche, ou de la circulation des navires de commerce dans la zone, ou de fréquentation par les navires de plaisance….).

Pour un même résultat en termes d'environnement, ce type de stratégie peut maximiser les bénéfices socio-économiques.

La figure 11 ci-dessous illustre les effets possibles en termes d'emploi et de richesses générées dans la zone, avant et après l'implantation d'un parc éolien (celui-ci permettant le développement d'une activité nouvelle d'aquaculture offshore).

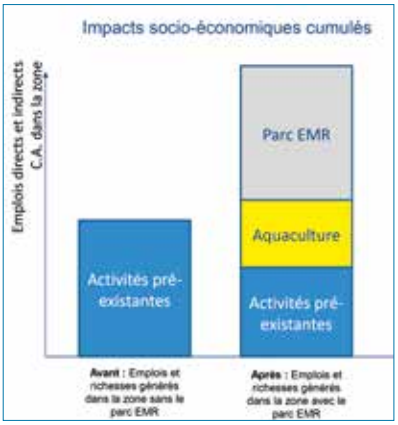


Figure 11

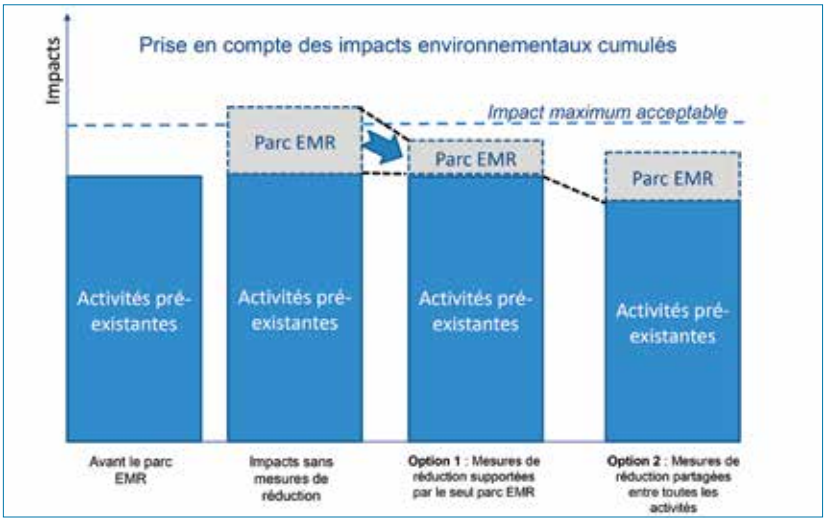


Figure 10

Une telle approche supposerait évidemment de disposer d'évaluations environnementales pour les activités qui n'y sont pas soumises par la règlementation.

Ces réflexions seront vraisemblablement développées dans les programmes de surveillance et de mesures de la DCSMM.

Principes opérationnels

Pour la préservation de la biodiversité marine et côtière, nous recommandons :

› POUR LIMITER LES CONFLITS :

1. que les autres usagers de la mer, antérieurement présents soient informés de l'avancée du projet et que celui-ci se fasse en concertation.

Les acteurs antérieurement présents sont en effet à même, de par leur expérience de la zone, d'apporter une expertise technique dans la bonne définition des zones et dans l'évaluation des impacts écologiques et sur les conséquences économiques pour leur activité.

2. d'étudier l'opportunité d'exclure le chalutage dans les projets développés en France.

De façon générale, le chalutage semble en effet concentrer les problèmes, puisqu'il entraîne potentiellement à la fois des surcoûts, des difficultés techniques (protection des câbles) et des risques pour la biodiversité benthique.

Il ne s'agit pas bien-sûr d'interdire toutes les techniques de pêche dans les parcs : dans la mesure où une technique a des impacts environnementaux qui ne se cumulent pas avec ceux des parcs EMR, ou mieux, a des impacts réduits du fait d'une synergie des projets, il est tout à fait légitime d'envisager son maintien. Une étude au cas par cas nous semble donc nécessaire.

Au-delà des zones de sécurité entourant les parcs EMR, il pourrait être intéressant d'étendre les « zones de non-pêche » pour accroître les bénéfices qu'en tirent les organismes marins et leurs habitats. Cela serait particulièrement bénéfique pour les mammifères marins, dont les captures accidentelles sont la première pression pensant sur eux en France. Les parcs EMR jouent souvent le rôle de zone d'alimentation, attirant de nombreux individus. Cette concentration couplée à de la pêche à proximité risquerait d'augmenter les probabilités de capture.

› POUR FAVORISER LES SYNERGIES :

3. de mettre en place une procédure conjointe de demande d'autorisation pour plusieurs usages en mer (éolien, récifs artificiels, algoculture, pêche...) dans la même zone.

A ce jour, plusieurs procédures sont nécessaires, relevant de législations différentes, et la question des co-usages (par exemple culture algue + éolien) n'est pas traitée de manière satisfaisante par les réglementations sectorielles. Ceci permettrait naturellement une évaluation des impacts cumulés, qui incombe actuellement seulement au dernier arrivant.

4. de développer les échanges avec le monde de la recherche, de la météorologie ou du transport maritime.

En effet les moyens techniques (généralement couteux) peuvent, dans ce cas, être utilisés conjointement à différentes visées.

Victor 6000 © Ifremer, Olivier Dugornay

Cet objectif est notamment poursuivi par le groupe synergie « Energies marines » du Cluster maritime français.

Le développement des EMR constitue en effet une opportunité d'acquérir des connaissances scientifiques nouvelles sur le milieu marin.

5. de prendre des mesures en matière de fiscalité.

Avec notamment :

› la mise en place d'une taxe ou une suppression de l'avantage fiscal (modulation de type bonus/malus par exemple), dans les cas où l'exploitation n'est pas mise en œuvre dans des conditions favorables à la préservation de la biodiversité marine et côtière. Pour une meilleure cohérence, d'autres activités pourraient être aussi concernées. Cette taxe pourra ensuite être utilisée au bénéfice de l'environnement (connaissances, évaluation, remédiation, etc.),

› une révision de l'affectation de la taxe relative aux installations d'éoliennes en mer
Actuellement, il est en effet prévu que la taxe soit affectée à 50 % aux communes littorales, 35 % aux pêcheurs et 15 % (seulement) aux projets ayant « pour objet de concourir au développement durable des activités maritimes ou de contribuer à la réalisation ou au maintien du bon état écologique du milieu marin, tel que prévu par l'article L. 219-9[93] du code de l'environnement ».

Nous recommandons que cette taxe puisse être révisée de manière qu'elle puisse bénéficier à un taux plus important (voire total) à l'amélioration des connaissances et à la protection du milieu marin.

En effet, paradoxalement, on demande à une nouvelle activité non seulement d'être conduite de manière durable, mais encore de financer la transition vers la durabilité d'une autre activité maritime, qui plus est non soumise à évaluation environnementale et potentiellement concurrente.

Plongeur au-dessus d'un champ de laminaires dans le Parc naturel marin d'Iroise
© Yannis Turpin / Agence des aires marines protégées

Il faut rappeler que des projets favorisant la biodiversité bénéficieraient en retour à la pêche et aux autres activités dépendant de l'environnement (tourisme, etc.).

De même, on pourrait imaginer que ce fonds[94] finance le coût des évaluations préalables et des opérations de suivi de la biodiversité, nécessaires à la bonne gestion de la biodiversité marine, directement impactée.

Cela impliquerait une révision de l'affectation de la taxe relative aux installations d'éoliennes, pour qu'elle puisse contribuer directement à des projets dédiés à la biodiversité sélectionnés par un comité de pilotage auquel serait naturellement associée la pêche professionnelle.

Conclusion

Le développement des parcs EMR, nouvelle activité maritime associée à une occupation permanente de l'espace maritime, obligera les différents acteurs, l'Etat en premier lieu, à réfléchir à la compatibilité des usages et aux impacts cumulés, et à organiser une gestion concertée de la mer.

En vue d'optimiser l'usage de l'espace tout en limitant les impacts cumulés, certaines activités impactantes pourraient ainsi se voir limitées, voire interdites, pour compenser les nouveaux impacts des parcs EMR.

Cependant, si le développement des projets est bien planifié et coordonné, l'environnement marin pourrait dans certains cas bénéficier de ce développement, de même que certaines activités qui en dépendent (pêche…).

Grâce à une planification spatiale du milieu marin, associée à un plan d'action associant toutes les parties prenantes, les impacts cumulatifs et synergiques pourraient être mieux anticipés, puis gérés, et il serait possible de prendre en compte aussi bien les impacts que les opportunités pour tous les utilisateurs de la mer.

Pour en savoir plus

- IUCN, 2010, Greening Blue Energy
- CNDP, 2010, Bilan du débat public - Projet de parc éolien en mer des Deux Côtes
- Contribution de Green Cross France et Territoires (GCFT), juillet 2013, Commission particulière du débat public pour le projet de parc éolien en mer au large de la baie de Saint-Brieuc, Cahier d'acteur
- Danish Offshore Wind, novembre 2006, Key Environmental Issue, publié par Dong Energy, Vattenfall, The Danish Energy Authority, et the Danish Forest and Nature Agency
- ADEME (Pays de la Loire), Rapport : Quelques éléments de retour d'expérience sur l'éolien fixe en mer (d'après Dan Wilhelmsson, scientifique au département de zoologie de l'Université de Stockholm)

FOCUS :

Champs d'éoliennes offshores flottantes en Méditerranée : quelles opportunités pour la pèche et l'aquaculture ?

Le Pôle Mer Méditerranée a réalisé en 2013 une étude sur l'opportunité de développer des activités de pêche ou d'aquaculture au sein des parcs éoliens offshore flottants.

Il s'agit d'une étude prospective qui visait à identifier des projets de Recherche & Développement et des collaborations potentielles nationales ou européennes susceptibles de conduire ces mêmes projets.

Pour être conduite, cette étude prospective s'est appuyée sur :

1. Une méthode de travail collaborative associant pêcheurs, aquaculteurs et énergéticiens ;
2. Une bonne évaluation de l'environnement d'un parc éolien offshore flottant ;
3. Une réflexion sur la pêche et l'aquaculture dans le contexte de développement de parcs éoliens flottants ;
4. Une évaluation socio-économique.

Contact :
- Michel Ollier

Pôle Mer Méditerranée

www.polemerpaca.com
Mail :
ollier@polemermediterranee.com

93 Décret du 27 janvier 2012 relatif à l'utilisation des ressources issues de la taxe instituée par l'article 1519 B du code général des impôts - L'article L.219-9 correspond à la mise en oeuvre de la DCSMM via les PAMM, répondant aux besoins de planification et de préservation des milieux.

94 Pour rappel, la taxe est assise sur le nombre de mégawatts installés dans chaque unité de production. Son tarif est fixé à 13.623 euros par mégawatt, prévoit l'article 1519 B du Code général des impôts, mais son montant évolue chaque année en fonction de "l'indice de valeur du produit intérieur brut total".

AIRES MARINES PROTEGEES ET ENERGIES MARINES RENOUVELABLES

© Marion Peguin

Exposé des motifs

La convention des Nations-Unies sur le droit de la mer exige des Etats Parties de protéger et préserver le milieu marin. La convention sur la biodiversité biologique fixe comme objectif de constituer un réseau cohérent et relié d'aires marines protégées, d'ici 2020, à l'échelle mondiale. Au niveau régional, la France est partie prenante de six conventions de mers régionales qui concernent les mers qui bordent son territoire. Par ailleurs, sur le plan communautaire, la France est engagée dans la gestion des sites Natura 2000. Elle s'engage également d'ici 2020 à atteindre le bon état écologique de ses eaux dans le cadre de la nouvelle directive cadre européenne stratégie pour le milieu marin (DCSMM).

En 2007, la stratégie nationale des aires marine protégées reposait principalement sur l'extension du réseau Natura 2000 en mer et la création de 10 parcs marins. Le Grenelle de l'environnement et le Grenelle de la mer ont ensuite fixé un objectif ambitieux pour la gestion et la protection de l'espace marin : classer 20 % des zones sous juridiction française en aires marines protégées d'ici à 2020. A ce jour, 7 parcs naturels marins ont été créés ou annoncés.

Le réseau d'aires marines protégées occupe en 2013 environ 4 % des eaux sous juridiction en métropole et Outre-mer. Avec la création du parc naturel de la mer de Corail en Nouvelle Calédonie, ce pourcentage passera à 16 %.

Les AMP regroupent cependant différents outils de protections qui ont des objectifs variés, allant de la protection forte (réserves intégrales, cœurs de parcs nationaux) à la gestion durable des ressources naturelles marines (gestion intégrée comme dans les PNM). Les différents outils de protection peuvent avoir un statut réglementaire (tels les réserves naturelles) ou foncier (site du Conservatoire du Littoral) ; parfois un site peut combiner ces deux approches.

Les aires marines protégées (AMP) jouent un rôle important dans la protection de la biodiversité. Au-delà des AMP, toutes les mesures de protection de l'environnement marin contribuent de près ou de loin à préservation d'un milieu sain et productif et des activités qui en dépendent : réduction des pollutions marines, du bruit, de l'artificialisation, etc… ; toutefois, il est nécessaire dans le cadre de cette étude d'examiner la compatibilité entre le développement des énergies marines en mer et les AMP associées à divers statuts de protection. La question se pose en effet de savoir si la présence de structures artificielles telles que celles associées à la production d'EMR, et l'existence des impacts associés sur le milieu marin, sont compatibles avec les objectifs de protection d'une aire marine protégée.

Le Code de l'Environnement définit une liste ouverte d'aires marines protégées (Loi du 14 avril 2006)[95] :

- partie maritime des parcs nationaux (L.331-1), réserves naturelles nationales et régionales (L.332-1),
- arrêtés de protection de biotopes (L.411-1),
- parcs naturels marins (L.334-3),
- sites Natura 2000 ayant une partie maritime (L.414-1),

› parties maritimes du domaine relevant du Conservatoire du littoral.

L'arrêté du 3 juin 2011[96] a complété cette liste par 9 nouvelles catégories :
› sites RAMSAR (convention internationale pour les zones humides),
› sites du patrimoine mondial de l'UNESCO,
› réserves de biosphère,
› réserve nationale de chasse et de faune sauvage avec partie marine,
› sites protégées au titre des conventions pour les mers régionales.

Principes généraux

Le tableau ci-dessous regroupe les différents outils de protection des milieux marins selon leur degré de protection dans la classification de l'IUCN, la catégorie *I.a* étant la protection la plus forte. Les catégories UICN dans lesquels ils ont été classés permettent de voir qu'à un même statut de protection peuvent être associés différents objectifs de gestion.

CATÉGORIES UICN	OBJECTIFS DE GESTION	EXEMPLES DE CATÉGORIE D'AMP
Ia Réserve naturelle intégrale	Recherche scientifique	Réserve naturelle nationale, Réserve intégrale (parc national)
II Parc national	Protection d'écosystèmes et récréation	Parc national (cœur de parc)
IV Aire de gestion des habitats ou des espèces	Conservation avec intervention pour la gestion	Réserve naturelle, Site du conservatoire du littoral, Arrêté de protection de biotope, site Natura 2000 en mer
V Paysage terrestre ou marin préservé	Conservation des paysages et récréation	Parc national (zone d'adhésion)
VI Aire protégée pour l'utilisation durable des ressources naturelles	Utilisation durable d'écosystèmes naturels	Parc naturel marin

Figure 12 : Catégories UICN et objectifs de gestion

Le développement des énergies marines renouvelables doit s'accompagner d'une prise en compte des impacts potentiels sur les écosystèmes marins. Selon leur catégorie et suivant les espèces, habitats et usages concernés, les aires marines protégées pourront ou non accueillir des projets EMR, qui pourront suivant le cas être soumis à des contraintes et un encadrement différent.

95 Loi n° 2006-436 du 14 avril 2006 relative aux parcs nationaux,aux parcs naturels marins et aux parcs naturels régionaux.
96 Arrêté du 3 juin 2011 portant identification des catégories d'aires marines protégées entrant dans le champ de compétence de l'Agence des aires marines protégées.

Le tableau ci-dessous présente l'analyse faite par l'Agence des Aires Marines Protégées des possibilités d'implantation en fonction du type d'AMP, et nous y avons ajouté une colonne permettant de préciser la réglementation qui y fait référence.

TYPE D'AIRE MARINE PROTÉGÉE	POSSIBILITÉ D'IMPLANTATION D'ÉNERGIES MARINES RENOUVELABLES	COMMENTAIRES
Réserve naturelle nationale	Non compatible	Elles bénéficient d'une protection forte, un décret ministériel y interdit toute activité étant nuisible au milieu
Réserve naturelle régionale ou de la collectivité de Corse	Vigilance	
Parc national	Non compatible dans les cœurs de parcs	Toute la superficie d'un parc ne bénéficie pas du même degré de protection : en cœur de parc marin, les travaux et installations sont interdits, tandis qu'en aire d'adhésion, ils nécessitent l'autorisation de l'établissement public du parc national.
Parc naturel marin	Vigilance	Les PNM associent protection et gestion durables des activités et des ressources naturelles marines. L'implantation d'une activité susceptible d'altérer de façon notable le milieu marin est soumise à autorisation sous l'avis conforme de l'agence des aires marines protégées ou sur délégation du conseil de gestion du PNM.
Natura 2000	Vigilance	Une étude d'incidences doit accompagner les demandes d'autorisation d'installations, de travaux et d'ouvrages pouvant affecter ces sites.
Arrêté de protection de biotope	Non compatible	Protection importante : l'arrêté préfectoral interdit, réglemente et soumet certaines activités à autorisation
Sites du Conservatoire du Littoral	Non compatible	Un cahier des charges environnemental accompagne l'Autorisation d'Occupation Temporaire du DPM.

Figure 13 : Catégories d'AMP et possibilité d'implantation d'énergies marines renouvelables

Certaines catégories visant une protection forte peuvent apparaître comme incompatibles avec le développement des EMR dans les zones concernées, c'est notamment le cas pour les réserves naturelles, les cœurs de parcs nationaux ou encore les arrêtés de protection de biotope.

Cependant, il faut noter que le pourcentage d'aires marines protégées a priori incompatibles avec le développement des EMR représente en fait moins de 2 % des eaux sous juridiction en métropole et Outre-mer, ce qui est très faible globalement, même si celles-ci sont en fort pourcentage sur les zones côtières.

Certaines zones en « AMP » (catégories UICN IV à VI) sont déjà utilisées ou envisagées pour des projets de développement de certaines technologies :

› C'est le cas de la zone de Fécamp retenue pour le 1er appel d'offres éolien, et du site d'essai hydrolien de Paimpol-Bréhat, qui se situe en zone Natura 2000 ; le Raz Blanchard est le principal site proposé dans l'appel à manifestation d'intérêt pour l'implantation de fermes pilotes hydroliennes, et se situe à proximité immédiate du périmètre d'étude du futur Parc naturel marin Normand Breton. L'autre site de cet AMI est le passage du Fromveur, qui se trouve au cœur du PNM d'Iroise ;

› Le projet éolien du Tréport, proposé dans le 2nd appel d'offre, aurait 20 % de sa superficie dans le périmètre du parc naturel marin des estuaires picards et de la mer d'Opale.

Principes opérationnels

Pour la préservation de la biodiversité marine et côtière, nous recommandons de :

› 1. DÉFINIR UN ZONAGE NATIONAL ET RÉGIONAL POUR MIEUX PRÉSERVER LES HABITATS MARINS ET CÔTIERS.

Sur terre comme en mer, l'importance des impacts du projet est directement liée au choix de la zone d'implantation. Cet objectif nécessite donc une réflexion sur :

› les zones à ne pas exploiter,

› les nouvelles réserves de biodiversité marine à créer pour préserver les espèces ou habitats mis à mal,
› les technologies à favoriser afin de préserver les services écologiques fournis par les milieux marins et côtiers,
› les impacts cumulés de plusieurs parcs EMR implantés dans une même région marine.

Un certain nombre d'études à l'étranger et en France (ADEME, SMNLR) ont recensé ces impacts. Toutefois, nous rappelons qu'il n'existe pas d'étude complète et adaptée aux écosystèmes français.

Aussi, des habitats fragiles sont parfois ciblés par les porteurs de projets, au risque soit d'impacts ou d'incertitudes juridiques inacceptables si le projet est autorisé, soit de pertes financières importantes pour le développeur.

La connaissance en amont des habitats présents sur le site et de leur niveau de sensibilité permettrait pourtant d'exclure dès le pré-diagnostic des zones d'habitats particulièrement riches et à la résilience nulle ou faible.

La connaissance en matière d'impacts des EMR sur la biodiversité marine et côtière reste à améliorer, cependant nous savons qu'il existe des zones de reproduction et de nourriceries, telles que les herbiers (posidonies, zostères), les forêts de laminaires ou les récifs coralliens (liste non exhaustive), qui rendent des services écologiques qui ne peuvent être restaurés aisément dans l'état des connaissances actuelles.

Pour mieux accompagner les opérateurs, nous recommandons la mise en œuvre à l'échelle nationale et aux échelles des façades maritimes de cartes des habitats marins et côtiers et des enjeux écologiques.
Nous recommandons, lorsque cela n'est pas déjà prévu par la réglementation de certaines AMP, d'identifier les zones particulièrement sensibles et d'y prévoir des restrictions au développement des parcs EMR.

Un paysage sous-marin typique de la mer d'Iroise avec ses laminaires hyperborea
© Yannis Turpin / Agence des aires marines protégées

Cette réflexion pourra trouver sa place au sein des Plans d'Action Milieu Marin (PAMM), qui constituent le volet environnemental des futurs documents stratégiques de façade.

Cela permettrait de définir différents niveaux de sensibilité :
› pour toute espèce ou tout habitat protégé ou particulièrement sensible, il semblerait indispensable d'envisager le déplacement de l'opération sur une autre zone, unique mesure disponible pour supprimer l'effet de la destruction inévitable des espèces non ou peu mobiles et des habitats présents,
› sur certaines zones à enjeux, il serait nécessaire de mener de façon plus approfondie qu'ailleurs des études écologiques, de prévoir des suivis à plus long terme et de recommander l'évaluation des impacts cumulés, qui peuvent être atténués en limitant certaines activités existantes dans la zone.

De manière générale, nous recommandons de développer en priorité les projets dans les secteurs marins déjà impactés par les activités humaines.

› 2. VÉRIFIER LA COMPATIBILITÉ DU PROJET EMR AVEC LES OBJECTIFS DE GESTION DES AMP PRÉSENTES

De façon générale, nous recommandons d'éviter les AMP, même si la réglementation autorise leur développement.

Toutefois, il convient bien sûr de tenir compte des conditions locales. La gestion concertée en AMP telle qu'évoquée dans l'encadré suivant est une solution intéressante permettant effectivement de valoriser la présence d'un parc.

Ce n'est pas toujours possible pour des ressources énergétiques très localisées (ex. : courants de marée).

Actuellement, seuls des sites Natura 2000 et les Parcs naturels marins semblent directement ciblés par les projets d'EMR. L'objectif de gestion poursuivi étant généralement une gestion durable des activités et des ressources, le développement des EMR n'y semble pas incompatible s'il ne dégrade pas d'habitats sensibles.

Lorsque les seules ressources énergétiques disponibles se situent dans un site sensible où la réglementation n'interdit pas l'exploitation, et si les bénéfices sociaux sont importants, l'exploitation autorisée devrait alors être accompagnée de recommandations telles que :

- la mise en place d'un cahier des charges plus strict et bien défini,
- un suivi exhaustif des impacts environnementaux, associé à de mesures évolutives de réduction et de compensation des impacts constatés,
- la possibilité d'envisager de réduire d'autres activités produisant les mêmes impacts (pêche, dragages, etc.), dans un objectif de maîtrise des impacts cumulés. Les activités visées en priorité seront celles dont les bénéfices socio-environnementaux sont moindres que ceux des EMR.

Les conseils de gestion des PNM se prononceront systématiquement sur le développement d'EMR dans leur périmètre, puisque la réglementation impose leur avis conforme. Pour ce faire il est essentiel de statuer clairement sur l'exploitation des énergies marines renouvelables parmi les orientations de gestion des PNM. Par ailleurs, toutes les organisations d'usagers de la mer doivent être suffisamment représentées au sein du conseil de gestion.

Mais d'autres types d'AMP pourraient subir des impacts indirects ou à distance, même si aucune structure n'est installée dans leur périmètre.

Nous recommandons donc que pour chaque projet :

- un avis conforme du CSRPN soit rendu, faisant suite à une analyse des impacts directs et indirects du projet,
- les gestionnaires des aires marines protégées adjacentes (dans un rayon à définir en fonction de la taille du projet) soient également associés à la prise de décision.

› 3. PROFITER DE L'OPPORTUNITÉ OFFERTE DE FAIRE ÉMERGER UNE FILIÈRE INDUSTRIELLE DANS UN CONTEXTE DE GESTION CONCERTÉE

Certaines AMP, en particulier les PNM, constituent des terrains d'expérimentation (connaissance des interactions, des services écosystémiques rendus et de l'effet réserve ; optimisation des synergies à développer en matière de co-activités et d'intégration socio-économique sur les zones exploitées) favorables à la fois aux développeurs et aux AMP.

En effet, le milieu naturel y est mieux inventorié et son état est mieux suivi qu'ailleurs. De plus, les gestionnaires peuvent apporter leur expertise sur les impacts des activités humaines dans leur site. Les interactions des systèmes d'EMR avec l'écosystème marin y seront donc plus faciles à étudier et à optimiser. Ces AMP peuvent ainsi contribuer à accélérer l'émergence des technologies d'EMR les plus respectueuses du milieu naturel.

Ces suivis permettront de capitaliser des informations, notamment sur la résilience des écosystèmes autour de telles structures et sur les impacts positifs et négatifs en matière de biodiversité, d'effet réserve etc.

Notons enfin que les études menées dans le cadre de l'état initial du site des études d'impact des projets peuvent contribuer à l'amélioration de la connaissance des milieux marins. Ainsi, l'Agence des aires marines protégées porte conjointement avec l'Ifremer le volet marin du Système d'Information Nature et Paysages (SINP) auquel ces études peuvent contribuer pour faciliter ainsi la mise à disposition des informations. Si les promoteurs d'EMR mettent les données acquises dans le cadre de leurs projets à disposition des gestionnaires d'AMP, ils participeront à la préservation efficace du patrimoine naturel marin.

Conclusion

Il conviendra donc de s'interroger, au cas par cas, sur l'opportunité de développer les projets de parc EMR dans des secteurs sensibles tels que les AMP, en tenant compte de tous les risques et avantages que cela peut constituer pour la biodiversité, car n'oublions pas que les AMP portent des enjeux liés au fonctionnement des écosystèmes marins : zones de vie pour de nombreuses espèces protégées ou pêchées, haltes migratoires pour les mammifères marins et les oiseaux, rôle majeur pour la biodiversité. A ces enjeux « écosystémiques » se rajoute la multiplicité des usages dans un espace restreint. Le concept d'aire marine protégée trouve là une application concrète.

Pour en savoir plus

- IUCN, 2010, Greening Blue Energy
- Mission d'étude parc naturel marin 3 estuaires, août 2010, contribution au débat public projet éolien des deux côtes
- Site de l'AAMP : http://www.aires-marines.fr/Concilier/Energies-marines-renouvelables-et-AMP
- Comité français de l'UICN, 2010, Les espaces protégés français : une pluralité d'outils au service de la conservation de la biodiversité

FOCUS :

Le développement de l'hydrolien dans le Parc naturel marin d'Iroise

L'île de Ouessant vue du ciel © Julien Courtel / Agence des aires marines protégées

Le Parc naturel marin d'Iroise est concerné à double titre par les énergies marines renouvelables, notamment les hydroliennes.

D'une part, l'implantation dans le passage du Fromveur, au cœur du parc, d'un démonstrateur hydrolien par la société SABELLA (projet « Sabella D10 ») est prévue pour l'été 2014, après avoir reçu un avis favorable du conseil de gestion du parc en 2011.

D'autre part, un appel à manifestation d'intérêt pour la création d'une ferme pilote a été lancé fin 2013 par le Gouvernement via l'ADEME dans le même secteur géographique.

Les instances de gestion du Parc naturel marin d'Iroise ont donné un avis sur ces deux projets. Pour cela elles ont considéré que les impacts environnementaux des énergies marines renouvelables dépendent de la sensibilité du patrimoine naturel. Ces impacts sont aussi proportionnels au dimensionnement du projet et au nombre d'unités de production implantées sur le site. Une exploitation n'a ainsi pas les mêmes effets sur l'environnement naturel s'il s'agit de l'implantation d'une ou plusieurs machines susceptibles de rendre autonome une île non raccordée (comme l'île d'Ouessant) ou de plusieurs dizaines qui posent questions sur les modifications possibles de courant et dont il va falloir évacuer vers le continent l'essentiel de la production électrique.

Il faut également considérer le linéaire de câble utilisé, son cheminement (au milieu des biocénoses benthiques) la zone d'atterrage de ces câbles sur le continent (qui peut varier en fonction de la puissance produite) qui sont autant de paramètres qui vont influencer les incidences sur l'environnement côtier et littoral.

A partir des éléments en sa possession, le conseil de gestion du parc a donné un avis favorable au déploiement d'une ferme pilote hydrolienne dans le passage du Fromveur et souhaite en faire un site de référence et d'excellence au niveau national et européen. Le conseil a formulé plusieurs recommandations :

› la limitation de l'emprise sur le fond en privilégiant des systèmes de pose en surélévation plutôt qu'un système reposant à plat sur le fond

› des procédures de suivis *in situ* des engins pour mieux connaître les impacts potentiels d'un éventuel déploiement industriel. Ces suivis devront prendre en compte les impacts éventuels sur l'environnement (habitats, espèces…) et sur les usages notamment de pêche professionnelle.

› les câbles de raccordement électrique devront être enfouis et leur cheminement devra privilégier les substrats sédimentaires en évitant les fonds rocheux de l'archipel de Molène L'atterrage des câbles sur le continent devra prendre en compte l'intégration paysagère des infrastructures.

› la restauration du site sera prévue à l'issue de l'expérimentation

Le conseil de gestion a considéré que la présence du parc marin permettrait de réaliser des suivis environnementaux de plus grande envergure et constituait un atout pour un retour d'expérience réussi.

Contact :
▸ Thierry Canteri
Parc naturel marin d'Iroise
Agence des Aires Marines Protégées

Mail :
thierry.canteri@aires-marines.fr

RACCORDEMENT : QUELQUES PISTES DE REFLEXIONS

© www.calvados-tourisme.com

Exposé des motifs

Aujourd'hui, l'énergie produite par les parcs EMR est exportée sous forme d'électricité (même si d'autres vecteurs peuvent être envisagés à terme pour des parcs lointains, par exemple l'hydrogène ou l'ammoniac). Elle doit être acheminée à terre via des câbles sous-marins qui seront raccordés au réseau d'électricité. Un câble assure cet acheminement pour chaque site de production (comprenant plusieurs machines) jusqu'au littoral. Cela concerne les installations en mer et non les installations situées sur le littoral telles que les centrales marémotrices. Les câbles sont enfouis ou ancrés au fond de la mer entre les sites de production et le littoral, pour des raisons techniques (risque de déplacement sous l'effet des courants ou de la houle) ou bien pour éviter les dommages dus à des activités maritimes (dragages, chalutage, mouillages d'ancres) autorisées ou non dans la zone.

La même question peut se poser sur le littoral, ou des conflits semblent possibles : comment concilier le passage des câbles de raccordement au réseau électrique terrestre avec les enjeux liés aux espaces sensibles du littoral ?

PRINCIPE DE RÉALISATION

Plusieurs éléments sont à prendre en considération :

1 / Le consortium retenu à l'issue de l'appel d'offres lancé par l'Etat est chargée de construire et exploiter le futur parc éolien en mer.

L'électricité produite par les éoliennes est acheminée jusqu'à un poste électrique en mer construit par le producteur. Ce poste est le point de départ du raccordement à construire par RTE.

2 / RTE est responsable du réseau public de transport d'électricité. A ce titre, il est chargé de raccorder le parc éolien depuis le poste électrique en mer jusqu'à son réseau électrique à très haute tension, sur terre. Pour éviter toute gêne ou détérioration, le câble est ensouillé ou recouvert au fond de la mer.

L'ensouillage consiste à creuser un sillon dans le sol marin pour y poser le câble.

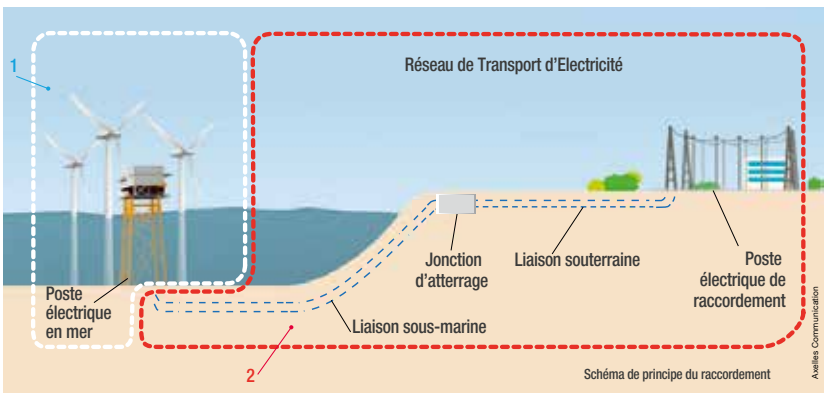


Figure 14 : Schéma du principe de fonctionnement (Source : RTE)

Cette technique est privilégiée. Toutefois, certains types de sols très durs ou peu homogènes ne s'y prêtent pas : le câble est alors posé au fond de la mer et recouvert par de l'enrochement par exemple. Des études de sols sont réalisées pour définir les possibilités d'ensouillage.

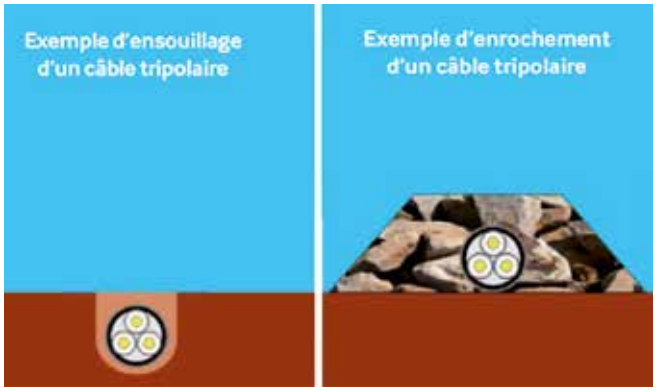


Figure 15 (Source : RTE)

Arrivés sur terre, les câbles sous-marins sont reliés aux câbles souterrains dans deux coffres maçonnés installés sous terre, d'environ 20 m de long par 6 m de large et 3 m de profondeur, appelés « chambre de jonction » : c'est l' « atterrage ».

La concertation avec les acteurs locaux permet de définir le point d'atterrage optimal.

Le raccordement est possible en sous-marin et/ou en souterrain. Les raccordements nécessitent que le réseau amont soit en état d'évacuer la puissance insérée sur ce réseau. Par conséquent, les postes de raccordements (entre la liaison souterraine et le réseau public de transport d'électricité), ouvrage de quelques hectares, sont le plus souvent préexistants, et on choisit le poste en fonction de la solidité du réseau amont. Il peut arriver cependant que l'on soit en obligation d'en construire (comme à Saint-Nazaire pour le projet éolien), mais ce n'est pas le cas général. Des aménagements de ce poste peuvent par ailleurs être envisagés pour favoriser son insertion paysagère.

LA RÉGLEMENTATION EN VIGUEUR

Les installations liées au raccordement des parcs EMR au réseau électrique terrestre doivent respecter la Loi Littoral.

L'article 25 de la Loi Brottes[97] est donc venu préciser les dispositions spécifiques liées aux EMR au titre de la Loi littoral.

L'article 146-6 du Code de l'Urbanisme qui fixe les conditions et les limites d'occupation et d'aménagement en espaces remarquables prévoit, depuis, que « *les canalisations du réseau public de transport ou de distribution d'électricité visant à promouvoir l'utilisation des énergies renouvelables peuvent être autorisés en espaces remarquables.* »

L'article 146-4 du code de l'urbanisme fixe quant à lui les conditions d'urbanisation sur le littoral, et notamment sur la bande des 100 m. Il prévoit notamment l'interdiction de toute construction ou installation en dehors des espaces urbanisés sur une bande littorale de 100 m à compter de la limite haute du rivage, mais précise aujourd'hui que « *celle-ci ne s'applique pas aux ouvrages de raccordement aux réseaux publics de transport ou de distribution d'électricité des installations marines utilisant les énergies renouvelables.* »

Il est également précisé que :
« *Les techniques utilisées pour la réalisation de ces ouvrages sont souterraines et toujours celles de moindre impact environnemental.*
L'approbation des projets de construction des ouvrages, mentionnée au 1° de l'article L. 323-11 du code de l'énergie, est refusée si les canalisations sont de nature à porter atteinte à l'environnement ou aux sites et paysages remarquables.
Leur réalisation est soumise à enquête publique réalisée conformément au chapitre III du titre II du livre Ier du code de l'environnement. »

97 Loi n°2013-312 du 15 avril 2013 visant à préparer la transition vers un système énergétique sobre et portant diverses dispositions sur la tarification de l'eau et sur les éoliennes.

Principes généraux

IMPACTS SUR LE MILIEU MARIN

> Dégagement de chaleur

Lors de l'acheminement de l'électricité par les câbles il y a une perte d'énergie qui se manifeste par le dégagement de chaleur à proximité immédiate de celui-ci. Les organismes sont adaptés à des conditions spécifiques, l'augmentation locale de température peut amener certaines espèces marines sensibles à de très faibles variations de température à se déplacer pour être dans leur gamme de température optimale à leur survie. L'assemblage de ces espèces sensibles pourrait éventuellement être modifié aux abords des câbles.

Toutefois, le Connecticut Siting Council (CSC, 2001 – cf. bibliographie) a examiné l'effet de la chaleur rayonnant des câbles ensouillés dans le fond marin dans le cadre du projet « Cross Sound Cable Interconnector », un système de câbles à haute tension en courant continu ensouillé entre la Nouvelle Angleterre et Long Island à New York. Le CSC a estimé que l'augmentation de la température au niveau du fond marin immédiatement au-dessus du câble était de 0,19 °C alors que l'augmentation correspondante de la température de l'eau était de 0,000006°C. L'échauffement potentiel est donc considéré comme impossible à détecter par rapport aux fluctuations naturelles dans les sédiments environnants.

> Champ électromagnétique

Quant au champ électromagnétique généré, il est difficile d'en déterminer les effets. Les câbles de raccordement existant (îles) ne font l'objet *à priori* d'aucun suivi. Le Royaume Uni a effectué une étude en bassin avec des sélaciens (requins et raies) :

« Pour le site de Thanet Offshore Wind Farm, English Nature a déclaré que (compte tenu du niveau actuel des informations à ce jour disponibles) il n'y aurait pas d'impact significatif sur les populations d'élasmobranches qui résident dans le secteur du parc éolien et le long des câbles d'exportation ».

Celle-ci n'a toutefois pas permis de conclure sur les effets concernant les poissons, aucune généralité n'a pu être établie.

Les paramètres de la température et du champ électromagnétique sont d'autant plus importants à étudier et à suivre lorsque l'on se situe dans un milieu rocheux où les câbles ne sont pas enfouis.

> Pollution par des éléments chimiques

Les risques concernant la contamination de la colonne d'eau en éléments chimiques et les risques d'impacts sanitaires en zones de baignade et en zones conchylicoles en lien avec l'usure des câbles sous-marins sur le long terme sont peu probables (les câbles étant ensouillés, recouverts ou fixés). De plus il faut noter que les câbles modernes ne contiennent pas de métaux lourds.

L'étude BERR (cf. bibliographie) indique toutefois que « l'enterrement des câbles permettra de réduire les effets environnementaux potentiels [...] » et que, « les fabricants de câbles certifiés ISO 14001 sont tenus de démontrer des moyens efficaces de réduire au minimum les risques environnementaux ».

En fin d'exploitation ou de vie des câbles, les développeurs doivent remettre en état le site donc, en théorie, aucun câble ne devrait être abandonné. Cependant, il sera pertinent d'étudier l'opportunité d'enlever des câbles inertes au regard de l'impact environnemental lié à cette dépose.

> Impacts de l'ensouillage

L'ensouillage des câbles est souvent préconisé, car il permet de réduire voire d'annuler les impacts liés respectivement au champ électromagnétique (réduction) et à la chaleur (annulation). Cette technique est également retenue à la demande d'usagers (pêcheurs, navigateurs, plongeurs), car les câbles présents entre le transformateur et le littoral sont sujets au risque d'accrochage - l'ensouillage est donc une mesure de sécurité face à ce risque. Ce peut être aussi un choix technique, notamment devant les risques de dégradation du câble exposé aux courants, aux vagues et à la houle. Enfin, l'ensouillage des câbles à l'intérieur des parcs est généralement préconisé pour maintenir des activités telles que la pêche au chalut et à la drague : dans ce cas il y a un cumul des impacts liés aux activités maritimes et aux opérations d'ensouillage. A l'inverse, s'il n'y a pas d'activités de pêche dans le parc, l'ensouillage n'est pas forcément nécessaire et on minimise ainsi les impacts sur l'environnement. Ainsi, selon les choix faits dans la conception et la gestion des parcs, les impacts seront différents.

L'expérience de Paimpol montre que l'impact de l'ensouillage sur les écosystèmes benthiques peut être significatif à proximité immédiate (puisqu'on a une zone azoïque pendant quelques semaines, ainsi que la remise en suspension de matériaux, des risques d'émissions sonores, et de dérangement de la faune), mais qu'il est spatialement limité à l'emprise du robot ensouilleur, et temporaire (la faune ayant recolonisé le substrat, sans différence avec les secteurs témoins en termes de densités et diversités, l'année d'après).

> Impacts sur les substrats durs

En ce qui concerne l'impact sur les substrats durs, le niveau d'impact sur les écosystèmes benthiques dépend des substrats en question et de leur colonisation plus ou moins importante par la faune (dans les secteurs très hydrodynamiques, les espèces sont spécialisées, mais peu abondantes). Des études complémentaires sont en cours sur le câble de Paimpol.

> Impacts sur le milieu littoral

Le réseau de transport électrique sur le littoral français (très haute tension) est actuellement peu dense, et mal adapté à l'absorption de grandes quantités d'énergie : hors quelques zones ponctuelles (centrales nucléaires ou thermiques littorales), les capacités sont limitées. Par ailleurs, le réseau ne s'étend pas en mer (les interconnexions sous-marines existantes ne peuvent pas accueillir la production des parcs offshore). Pour pallier ces points, chaque zonage de zones propices fait l'objet d'une étude par RTE sur le raccordement, qui a pour but d'évaluer l'impact sur le réseau. Ces impacts sont très dépendants de la taille de l'installation EMR et du réseau à terre. Avec la conception actuelle du réseau, son développement pour accueillir des quantités importantes d'énergie produite en mer pourra se faire en développant des lignes terrestres à haute tension supplémentaires, ce qui pose des problèmes d'aménagement du territoire, d'environnement et d'acceptabilité.

Ces effets pourraient être certainement réduits en créant en mer des extensions du réseau de transport susceptibles d'évacuer la production des parcs EMR.

Un tel déploiement s'envisage dans le cadre d'une planification stratégique à long terme, qui est notamment mise en œuvre par RTE dans le schéma décennal de développement du réseau[98], ainsi que dans le TYNDP[99], schéma européen réalisé par l'association des gestionnaires de réseau ENTSOE. Les impacts des extensions de réseau sont étudiés dans le cadre d'une étude économique et sociale.

Principes opérationnels

Pour la préservation de la biodiversité marine et côtière, nous recommandons :

› 1. DÉFINIR UNE STRATÉGIE GÉNÉRALE DE DÉPLOIEMENT DU RÉSEAU EN MER INCLUANT LE RACCORDEMENT

Le raccordement d'un site de production en mer au réseau terrestre implique un passage des câbles par un point du littoral. L'organisme Réseau de transport d'électricité (RTE) est chargé du raccordement des sites éoliens offshore de l'appel d'offres lancé en juillet 2011.

Pour éviter de multiplier les câbles et les raccordements, il est nécessaire de développer une vision stratégique de l'extension en mer du réseau électrique, prenant en compte les besoins d'interconnexion et les zones futures de développement de capacités de production en mer.

Cette approche est susceptible de permettre un développement progressif, une optimisation des investissements, et la réduction globale des impacts environnementaux associés à la pose des câbles.

Cette vision devra prendre en compte non seulement les raccordements au réseau terrestre, mais aussi la nécessité croissante d'intégration du développement des réseaux électriques terrestres et maritime.

© EDF / TOMA

› 2. OPTIMISER LE CHOIX DES SITES DE RACCORDEMENT POUR RÉDUIRE LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Il faut noter que le choix du tracé est le résultat d'un travail de concertation avec toutes les parties prenantes, qui aboutit à un compromis au regard des contraintes environnementales et techniques.
Pour les raccordements comme pour les autres ouvrages du réseau public de transport d'électricité[100], les choix retenus doivent être ceux de « moindre impact environnemental », en fonction de la sensibilité des habitats présents sur le site, de la nature du sol, du dénivelé, des épaves d'intérêt culturel… La circulaire du 9 septembre 2002 sur le développement des réseaux publics de transport d'électricité détaille les modalités de concertation et de planification visant à assurer l'insertion du réseau dans son environnement. Le code de l'environnement, dans son article R122-5, demande ensuite que ces choix soient clairement expliqués dans l'étude d'impact.

Nous recommandons, de façon générale, d'éviter les espaces naturels du littoral pour effectuer ce raccordement, mais il est bien sûr indispensable de développer une vision stratégique et globale sur l'ensemble du fuseau.

Il ne faut bien sûr pas seulement s'assurer de la préservation du site au niveau du point d'atterrage mais sur l'ensemble du tracé depuis le parc EMR. Plus la longueur du câble est importante, plus les impacts liés aux travaux sont importants, et le volume des matières premières nécessaires (cuivre,…) s'accroît. Il sera important, projet par projet, de réaliser un bilan et de choisir le fuseau de moindre impact environnemental.

98 http://www.rte-france.com/fr/mediatheque/documents/l-electricite-en-france-donnees-et-analyses-16-fr/publications-annuelles-ou-saisonnieres-98-fr/schema-decennal-de-developpement-du-reseau-170-fr
99 https://www.entsoe.eu/major-projects/ten-year-network-development-plan/tyndp-2014/
100 http://circulaire.legifrance.gouv.fr/pdf/2009/03/cir_26580.pdf

© Sylvain Michel

Diverses approches semblent possibles et devraient être étudiées elles que :

› L'utilisation des zones déjà fortement artificialisées, tels que les ports plutôt que sur des espaces naturels que l'on essaie par ailleurs de préserver (notons que cela peut être rendu difficile par un sous-sol déjà encombré, ou un trafic important).

› S'il n'existe pas d'espace anthropisé ou dès que les enjeux le justifient, la mise en œuvre de technologies adaptées, par exemple le forage dirigé, permet de passer l'interface terre-mer en souterrain sur une distance de plusieurs centaines de mètres jusqu'au point de sortie.

› 3. AMÉLIORER LA CONNAISSANCE DES EFFETS DU CHAMP ÉLECTROMAGNÉTIQUE

La production d'électricité à partir des EMR implique le transport de l'énergie jusqu'au réseau terrestre. Les câbles de raccordement émettent un champ électromagnétique dont on connaît mal les effets. Aucun impact significatif n'a été identifié dans la bibliographie existante. Cependant, il y a peu d'études sur le sujet, ce qui ne permet pas de conclure sur ce sujet. Des experts du Royaume Uni ont réalisé une étude expérimentale en bassin, or ils n'ont jamais pu conclure sur l'effet sur les poissons, certains individus changeaient de comportement mais ils n'ont pas pu en faire de généralités.

Les études devraient pouvoir bénéficier de l'expérience des câbles de raccordement îles-continent existants et des données de leur suivi, quand elles existent.

Nous recommandons que soient développés des programmes de recherche sur ce sujet, indispensables à l'évaluation des impacts et à la définition de mesures efficaces.

Il faut rappeler que les sites éoliens, mais surtout hydroliens et houlomoteurs, peuvent se trouver en substrat rocheux, de ce fait il n'y a pas d'enfouissement mais un ancrage des câbles. Là encore il est important d'effectuer des recherches complémentaires pour améliorer les connaissances afin de mettre en place des mesures adéquates si nécessaire.

› 4. AVOIR UNE VISION GLOBALE SUR LES IMPACTS POSITIFS ET NÉGATIFS LIÉS À LA PRÉSENCE DES CÂBLES

Dans la même approche, pour garantir que tous les enjeux environnementaux sont traités dans leur globalité, et conformément à la réglementation en vigueur sur les EIE, l'étude d'impact doit comprendre une appréciation des impacts de l'ensemble du programme.

Bien que la sanctuarisation ne soit pas l'effet recherché au sein d'un parc éolien, la présence de câbles de raccordement entre les éoliennes peut conduire, selon le mode de gestion des parcs, à l'interdiction totale ou partielle de certaines activités maritimes, notamment pour des questions de sécurité. Par exemple, l'utilisation de certains arts traînants dans les activités de pêche présente des risques d'accrochage avec les câbles. Il conviendra de mesurer ces pertes induites au regard de l'activité existante.

En contrepartie, dans une zone qui ne serait plus chalutée par exemple, on peut s'attendre à ce que l'état des écosystèmes s'améliore, augmentant ainsi la biomasse disponible pour les pêches réalisées aux alentours de la zone interdite, du fait de l'effet « réserve ».

La définition de ces zones doit se faire en concertation avec toutes les catégories d'usagers de la mer (en particulier les pêcheurs).

Conclusion

La réduction des impacts négatifs et le développement d'éventuels impacts positifs suppose d'étudier les impacts environnementaux des projets de production d'énergies marines renouvelables dans une approche globale et stratégique.

En conclusion, nous recommandons :

- un suivi continu pour analyser dans quelle mesure les premières stratégies d'atténuation auront réussi à éviter ou à réduire les impacts sur l'environnement marin,
- la poursuite de la recherche dans ce domaine,
- que les études d'impacts soient menées en intégrant dès que possible les nouvelles connaissances.

Pour en savoir plus

- IUCN, 2010, Greening Blue Energy
- Kalaydjian R., 2011. Câbles sous-marins. Ifremer Issy-les-Moulineaux.
- English Nature, 2006, Thanet Offshore Wind Farm site
- BERR_Câbles, 2008, Review of cabling techniques and environmental effects applicable to the offshore wind farm industry – p°108 : « La hausse potentielle de la température est donc considérée comme impossible à détecter des fluctuations naturelles dans les sédiments environnants »
- Connecticut Siting Council (CSC), 2001, projet « Cross Sound Cable Interconnector »
- MEDDE-DGEC, 2012, Étude méthodologique des impacts environnementaux et socio-économiques des énergies marines renouvelables

FOCUS :

Restauration expérimentale d'herbiers de zostères

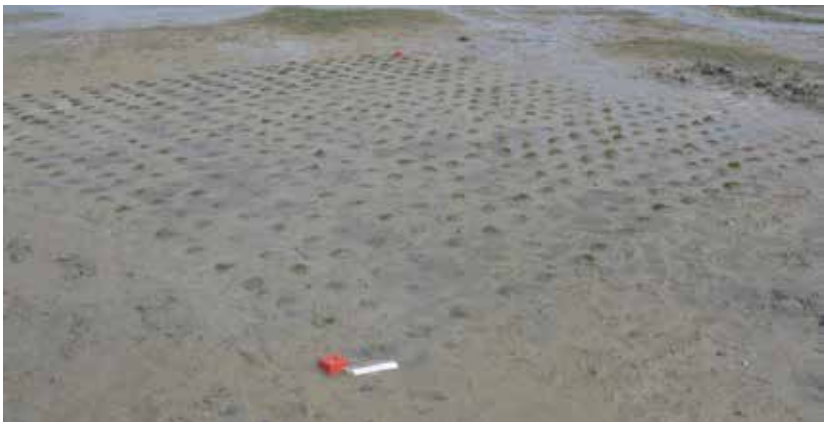
Le parc démonstrateur d'hydroliennes développé par EDF sur le plateau de la Horaine au large de l'île de Bréhat, sera connecté au réseau de distribution par un câble sous-marin de 16 km à un poste de livraison à terre situé sur la commune de Ploubazlanec (Côtes d'Armor).

Ce câble, posé en juin 2012, traverse des herbiers de zostères naine et marine à l'atterrage dans l'anse de Launay. S'agissant de milieux de grand intérêt écologique, EDF a mandaté In Vivo Environnement pour mettre en oeuvre une mesure expérimentale de reconstitution de ces herbiers, après l'ensouillage du câble, afin de valider les techniques de transplantation et d'appréhender les mécanismes de recolonisation de ces plantes. L'expérimentation a consisté à tester le bouturage (sans sédiment) et le prélèvement et la réimplantation de mottes (avec sédiments) et de comparer les résultats avec la recolonisation naturelle.

Le suivi de la zone du câble et de la dynamique de la restauration des herbiers dans les zones transplantées a permis de quantifier précisément l'impact de l'ensouillage du câble sur les herbiers et de valider la méthode de transplantation par mottes pour les deux espèces. La survie des plants transplantés et leur développement varient selon les niveaux bathymétriques mais sont globalement satisfaisants. Les meilleurs résultats ont été observés pour l'herbier de bas d'estran de *Z noltii*, et pour l'herbier le plus profond de *Z. marina*, dont les développements étaient comparables à ceux des herbiers naturels témoins.

Les premiers signes de recolonisation naturelle ont été observés 10 mois après la fin des travaux pour les deux espèces dans les secteurs où la fouille du câble s'était totalement reconsolidée.

Ces résultats ont été présentés au colloque de la SHF « Energies marines renouvelables », à Brest, en octobre 2013.



Juin 2012

Août 2012

Août 2013

Transplants de zostères naines © Julien Dubreuil / IN VIVO

Contact :
▸ Agnès Barillier, EDF
et Julien DUBREUIL, IN VIVO

Mail : agnes.barillier@edf.fr et julien.dubreuil@invivo-environnement.com

DEMANTELEMENT : QUELQUES PISTES DE REFLEXIONS

Le parc éolien de Out Newton en 2006 (Royaume Uni) © Havvindparken Sheringham Shoal / Harald Pettersen / Statoil

Exposé des motifs

Étant donné que le cycle de vie d'un parc EMR offshore moyen est estimé à 25 ans, peu de données existent sur la question du démantèlement. Cependant, les expériences connues dans les secteurs pétrolier et gazier peuvent être adaptées aux parcs d'éoliennes. De la même manière que les plateformes pétrolières, les turbines éoliennes pourraient être démantelées et recyclées, ou traitées dans des décharges agréées, ou encore reconditionnées et réutilisées. Les turbines pourraient aussi être partiellement enlevées ou basculées sur place.

Concernant la dépose des câbles , la convention Ospar a interdit depuis 1998 l'abandon total ou partiel des installations offshore désaffectées, sauf dérogation. L'ICPC a défini les bonnes pratiques de gestion des câbles désaffectés.

En France, la pose de câbles sur le domaine public maritime est soumise :

› à l'obtention d'une concession d'utilisation du DPM (art. L2124-3 du code général de la propriété des personnes publiques, CGPPP, et décret n°2004-308), ainsi qu'au versement d'une redevance domaniale ;

› à une étude d'impact et une enquête publique (décret ci-dessus et art. 553-2 du code de l'environnement dans le cas de câble d'éolienne offshore).

L'obligation de dépose des câbles en fin de concession ou d'exploitation découle des articles L2122-1, L2132-2 et L2132-3 du CGPPP (protection de l'utilisation et intégrité du DPM), du décret précité 2004-308, art.2, qui impose au demandeur de concession de préciser « le cas échéant, la nature des opérations nécessaires à la réversibilité des modifications apportées au milieu naturel et au site, ainsi qu'à la remise en état, la restauration ou la réhabilitation des lieux en fin de titre ou en fin d'utilisation » ; de l'art. 8 du même décret qui impose « d'assurer la réversibilité effective des modifications apportées au milieu naturel » ; en cas de câble d'éolienne offshore, de l'art. 553-3 du code de l'environnement, qui rend l'exploitant responsable de leur démantèlement et de la remise en état du site dès la fin de l'exploitation et lui impose de constituer les garanties financières nécessaires.

Principes généraux

IMPACTS SUR LE MILIEU MARIN

> Eolien posé et flottant

Dégradation des fonds

Actuellement, les parcs existants n'ont pas atteint leur durée d'exploitation d'environ 25 ans, de ce fait aucune opération de démantèlement n'a été menée. Cependant, on peut s'attendre à ce que la désinstallation des éoliennes entraîne des impacts négatifs sur les fonds sur lesquels elles sont fixées ainsi que les nouveaux habitats créés suite à la phase de construction.

Remise en suspension des matériaux

Le démantèlement des installations induira inévitablement une remise en suspension des matériaux, qui, comme lors de la phase de construction touchera notamment le plancton, les organismes filtreurs

et les poissons, cependant, les poissons pélagiques sont à priori capable d'éviter une zone présentant une trop forte turbidité. Si le substrat a été pollué durant la phase de construction ou d'exploitation, cette remise en suspension rend les polluants présents disponibles pour les organismes.

Bruits

La phase de démantèlement va impliquer la présence de navires, sources d'émissions sonores et de dérangements pour les organismes. Suivant les techniques mises en œuvre durant cette phase, le type de fondations choisies au départ, les choix faits en termes de remise en état du site, on peut aussi s'attendre à ce qu'il y ait d'autres sources de pollution sonore. Par exemple, si on choisit de tout enlever, les fondations gravitaires vont poser problème : une solution consisterait à utiliser des explosifs, mais les impacts pourraient être très importants.

> Les hydroliennes

Note : On ne traite ici que des hydroliennes utilisant les courant de marée ; et non les courants thermohalins au large.

Ces technologies sont encore peu matures et il n'y a encore aucun retour d'expérience concernant le démantèlement d'hydroliennes. On peut s'attendre à des émissions sonores, à la dégradation locale des fonds ainsi qu'à la remise en suspension de matériaux.

> L'énergie thermique des mers

Il est difficile de se prononcer sur les impacts du démantèlement ; la technologie n'est pas à un stade assez avancé pour développer ce point. Cependant, comme toute opération de démantèlement en mer on peut s'attendre à des dommages sur le fond lors de la désinstallation des ancrages et des câbles de raccordement. Selon qu'il s'agisse d'une installation côtière ou en mer, la désinstallation des conduits servant au pompage de l'eau peut détruire localement le benthos. La disparition de l'upwelling artificiel créé par l'ETM pourrait également avoir des impacts.

> L'énergie houlomotrice

Là encore, selon le type de structure que l'on considère les moyens mis en œuvre lors du démantèlement seront différents. On ne peut pas aujourd'hui déterminer quels seront les impacts engendrés lors de cette phase.

> L'énergie marémotrice

Il est difficile de décrire les impacts de cette phase. Lors du démantèlement d'une usine marémotrice on peut s'attendre à diverses nuisances telles que le bruit, la remise en suspension des matériaux et la dégradation des fonds.

Principes opérationnels

Pour la préservation de la biodiversité marine et côtière, nous recommandons de développer une réflexion nationale sur le démantèlement

OPTION 1 : ENLÈVEMENT COMPLET

Si un parc éolien est totalement enlevé, il en va de même pour tous les effets

© Dubois

perturbateurs qui y sont liés. Cependant, certains problèmes de remise en suspension des sédiments peuvent survenir, spécialement si les câbles avaient été enterrés, ce qui a pour conséquence de perturber tout habitat sensible. De plus, il y a un risque de déranger des habitats qui ont éventuellement été créés et qui se sont développés avec les années, constituant dans de nombreux cas des îles de substrats durs comparativement peu dérangés dans des régions dominées par ailleurs par des fonds meubles. De plus, si un parc éolien a réellement protégé toute une zone des effets destructeurs d'autres activités impactantes, cette protection est susceptible de disparaître en même temps que ses structures.

Les nouvelles technologies pourront peut-être offrir de meilleures alternatives, mais l'expérience actuelle du démantèlement des plateformes pétrolières favorise les explosifs et le découpage. Les explosifs tuent la plupart des animaux vivant dans la zone la plus proche de chaque turbine, et les poissons ayant une vessie natatoire sont les plus touchés. Vu le grand nombre de turbines et la surface qu'elles couvrent, les impacts pourraient être conséquents si cette technique était utilisée.

Même si, au départ, on suppose que la totalité des turbines sera enlevée, le démantèlement des parties des turbines éoliennes qui se trouvent sous la surface du fond sous-marin pourrait, dans bien des cas, être remis en question.

OPTION 2 : LAISSER LES STRUCTURES EN PLACE, NOTAMMENT EN LES BASCULANT

Une autre option consiste à laisser les structures immergées sur place. Les turbines posées sur le fond n'émettraient aucun bruit et n'auraient plus aucune partie mobile. Si elles ne sont pas enlevées, les installations deviendraient en fait permanentes parce que le taux de dégradation de l'acier à haute teneur en carbone est extrêmement lent. Tout habitat qui aurait été créé, et toute perturbation de l'habitat engendrée par la présence physique des installations, seraient alors maintenus.

OPTION 3 : MODERNISATION CONTINUE

Contrairement au pétrole et au gaz, les ressources éoliennes sont renouvelables, et ne sont pas épuisées en fin de concession : il est donc possible de décider alors que le parc éolien peut rester en activité, avec une maintenance continue et des améliorations si nécessaire. Dans ce cas, les impacts aussi bien positifs que négatifs du fonctionnement des installations sur l'environnement marin seront maintenus.

En conclusion, les décisions quant au sort des installations devront inévitablement se prendre au cas par cas.

En définitive, nous avons actuellement peu d'éléments.

© ALR / Jean Celestrino

Il faut aborder au moment voulu la question de l'optimisation du plan de démantèlement.

Nous recommandons cependant :

- que lors de l'étude d'impact, tous les scénarios soient pré-évalués
- que le plan de démantèlement soit développé progressivement, dans une logique de gestion évolutive, mais qu'il soit impérativement défini plusieurs année avant le démantèlement, afin de permettre à tous les acteurs de se préparer, et à l'administration d'avoir encore des capacités de pression au moment de la décision.

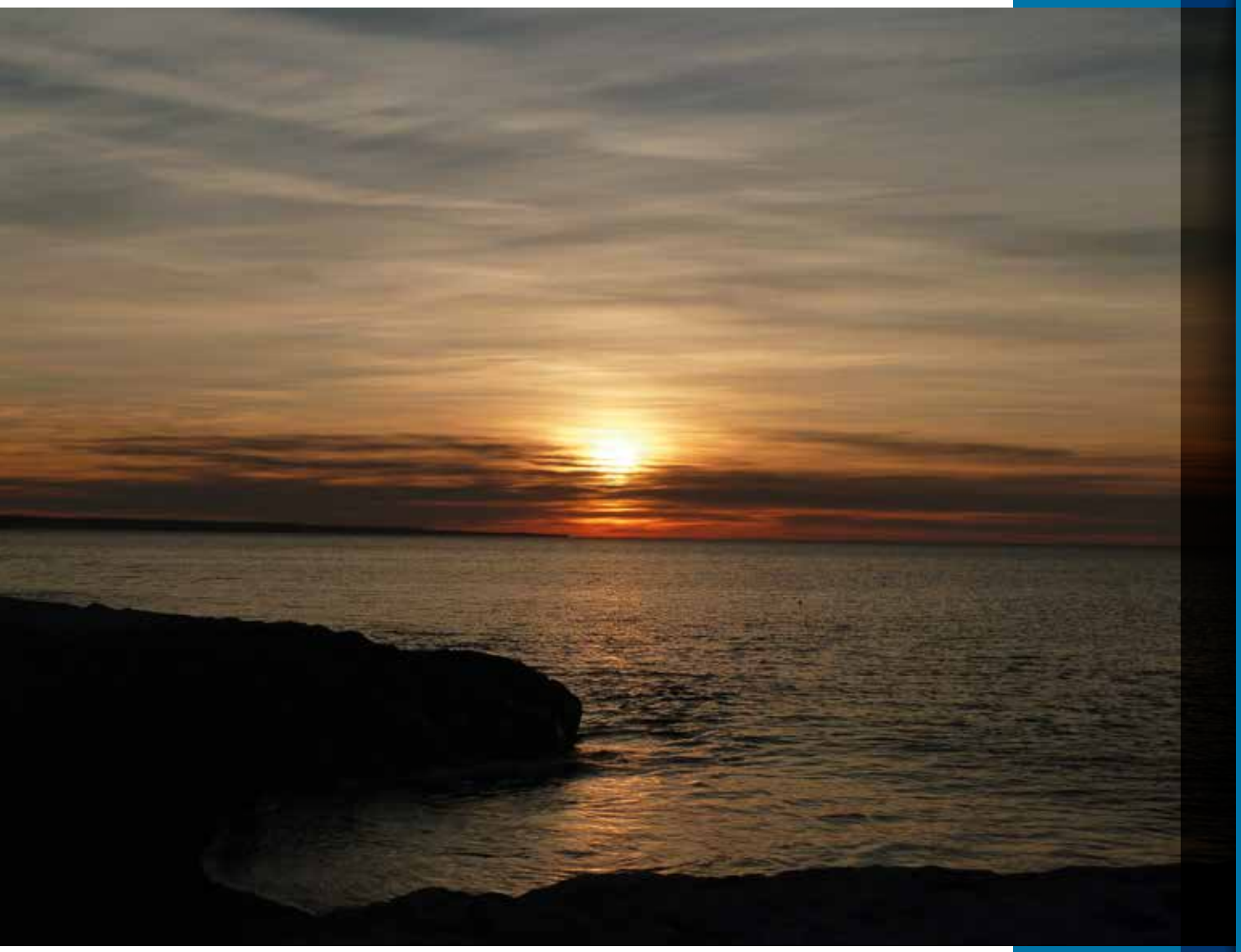
Conclusion

Il semble opportun de créer un groupe de travail national dédié au démantèlement ayant pour objectifs :

› la réalisation des états initiaux environnementaux pré-démantèlement,
› le suivi des plans de démantèlement en fonction des nouvelles techniques disponibles dans 20 ou 30 ans,
› l'analyse du nouvel équilibre écologique atteint au sein du parc éolien, en particulier à la base des structures immergées.

Pour en savoir plus

- IUCN, 2010, Greening Blue Energy
- Kalaydjian R., 2011, Câbles sous-marins, Ifremer Issy-les-Moulineaux



Conception et création : Caroline Rampon - caroline.rampon.infographiste@gmail.com

© Martin