



FAME

**Future of the Atlantic
Marine Environment**

Interactions entre oiseaux marins et parcs éolien en mer :
connaissances, contexte et solutions sur les côtes françaises

Rochefort (FRANCE), Janvier, 2013



Interactions between seabirds and offshore wind farms: knowledge, context and solutions on the French coast

Rochefort, January, 2013



Fotolia © Zentilia

FAME project is a partnership involving 5 countries and 7 partners: *Royal Society for the Protection of Birds (RSPB)*, *BirdWatch Ireland (BWI)*, *Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO)*, *Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves (SPEA)*, *Sociedad Española de Ornitología (SEO/BirdLife)*, *Universidade do Minho (UMinho)* and *Wave Energy Centre (WavEC)*. There are also 3 associate partners: *Sociedade Portuguesa de Vida Selvagem (SPVS)*, *Agence des aires marines protégées* and *Martifer*. The Project is co-funded by Atlantic Area Program.





Forte de 46 000 membres, la **LPO – Ligue pour la Protection des Oiseaux** est aujourd'hui l'une des premières associations de protection de la nature en France. Elle agit au quotidien pour la sauvegarde de la biodiversité, à partir de sa vocation de protection des oiseaux.

La LPO a été créée en 1912 pour mettre un terme au massacre du macareux moine en Bretagne, oiseau marin devenu, depuis, son symbole. Elle a été reconnue d'utilité publique en 1986. Elle est dirigée par Michel Métais et présidée par Allain Bougrain Dubourg.

La LPO est le représentant français de BirdLife International, alliance mondiale qui réunit plus de 100 organisations de protection de la nature (2,3 millions d'adhérents dans le monde).

Son activité s'articule autour de 3 grandes missions :

- Protection des espèces
- Préservation des espaces
- Education et sensibilisation

La LPO a coordonné pendant trois ans le programme FAME en France, en partenariat avec plusieurs structures associatives et scientifiques et avec le soutien de l'Agence des Aires Marines Protégées (AAMP).

www.lpo.fr

www.fameproject.eu/fr

<https://www.facebook.com/LPO.fr>



Interactions entre oiseaux marins et parcs éolien en mer : connaissances, contexte et solutions sur les côtes françaises

Report from FAME Project – Action 3.C – LPO, 2013

Project Coordination : Amélie BOUE, Thierry MICOL

Technical Coordination : Pierre-André FARQUE

Acknowledgments : Yann ANDRE (service Développement Durable – LPO)
Elodie HATE-JOUANNE (La Compagnie du Vent)

Reference : 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-SEPNE, FRANCE.

SOMMAIRE

Résumé.....	6
1 Introduction.....	7
2 Interactions entre éoliennes en mer et oiseaux marins	8
2.1 Existence et ampleur relative du phénomène en mer	8
2.2 Facteurs modulant la probabilité et l'intensité des interactions	9
2.3 Différents types d'interactions (inspiré par l'éolien terrestre)	10
2.3.1 Impacts directs pour les oiseaux : effets instantanés sur les populations	10
2.3.2 Impacts indirects pour les oiseaux : effets diffus sur le milieu marin et les espèces	13
2.3.3 Quelques méthodes d'évaluation des impacts de l'éolien offshore sur l'avifaune marine	13
2.4 Limites de l'évaluation des impacts	17
2.4.1 Généralités	17
2.4.2 Effets cumulés / cumulatifs	17
2.4.3 Exemple d'un cas de collision de masse	18
2.5 Des connaissances sur les interactions à compléter.....	18
2.5.1 Généralités	18
2.5.2 Cas particulier des chiroptères	18
3 Contexte français de l'éolien en mer et programme FAME	20
3.1 Description et localisation des premiers projets offshore français	20
3.2 Obligations réglementaires en France	23
3.3 Des amorces de collaboration dans le cadre de FAME	24
3.3.1 Méthode : une approche participative	25
3.3.2 Contact et diffusion	26
3.3.3 Echange de données : un exemple de collaboration réussie (LCV – zone du Tréport)	26
3.3.4 Synthèse des résultats.....	27
3.4 Echelles spatio-temporelles à considérer dans l'étude des impacts	30
4 Intégration environnementale : le tryptique ERC	31
4.1 Mesures d'évitement et de suppression des impacts.....	32
4.1.1 Désignation des zones propices	32
4.1.2 Modulation de la forme et de la taille du parc	32
4.2 Mesures d'atténuation ou réductrices d'impacts	33
4.2.1 Adaptation de la signalisation du parc et attractivité des oiseaux	33
4.2.2 Adaptation du calendrier des travaux	34
4.2.3 Modulation du fonctionnement du parc	34
4.2.4 Aménagements au sein du parc	34
4.3 Mesures compensatoires.....	34
4.4 Actions d'accompagnement du projet : une taxe "éolien offshore"	35
4.5 Résumé des effets et de leur possible insertion environnementale	35
4.6 L'éolien en mer : une opportunité pour de nombreux enjeux	37
5 Cumul d'activités anthropiques et variabilité des impacts.....	37
5.1 Pêche comme activité structurante du milieu et conflits d'usages	37
5.2 Eolien en mer et nouvelles technologies françaises.....	38
5.3 Développement d'autres énergies marines renouvelables	40
6 Conclusion.....	40
7 Références bibliographiques	41
8 Annexes.....	46

ACRONYMES

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie
AAMP : Agence des Aires Marines Protégées
AMP : Aire Marine Protégée
CNDP : Commission Nationale de Débat Public
CNPMEM : Comité National des Pêches Maritimes et des Elevages Marins
COWRIE : Collaborative Offshore Wild Research Into the Environment
CRMM : Centre de Recherche sur les Mammifères Marins (devenu l'observatoire PELAGIS)
CRPMEM : Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins
DHFF : Directive Habitat-Faune-Flore
DO : Directive Oiseaux
DPM : Domaine Public Maritime
EDF EN : Electricité De France Energies Nouvelles
EMR : Energie Marine Renouvelable
FAME : Future of the Atlantic Marine Environment
FEE : France Energie Eolienne
GIS : Groupement d'Intérêt Scientifique
GISOM : Groupement d'Intérêt Scientifique Oiseaux Marins
IBA : Important Bird Area
IFREMER : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
IRD : Institut de Recherche pour le Développement
JORF : Journal Officiel de la République Française
LCV : La Compagnie du Vent (filiale GDF Suez)
LPO : Ligue pour la Protection des Oiseaux
MarLIN : Marine Life Information Network
MEDDE : Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie
MEDDTL : Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement
MEEDDM : Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer
MNHN : Museum National d'Histoire Naturelle
PACA : Provence-Alpes-Côte d'Azur
SER : Syndicat des Energies Renouvelables
SOSS : Strategic Ornithological Support Services
SPA : Special Protection Area
UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature
ZEE : Zone Economique Exclusive
ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique
ZPS : Zone de Protection Spéciale
ZSC : Zone Spéciale de Conservation

UNITES DE MESURE

m : mètre / **km** : kilomètre / **km²** : kilomètre carré

mille : mille marin ou m.m. ou nautique (1 m.m. = 1852 m)

MW : mégawatt



RESUME

Inépuisable, le vent permet une production d'énergie moins compromettante pour l'avenir de la planète et c'est aujourd'hui en mer que les aérogénérateurs se multiplient, notamment sur toute la façade nord-atlantique européenne. En réponse au Grenelle de l'Environnement et à l'objectif de 23% d'énergies renouvelables d'ici 2020, la France investit également dans cette filière pour concrétiser ses ambitions énergétiques : le pays possède un fort potentiel de vent et les côtes françaises du nord-ouest sont particulièrement adaptées à l'éolien offshore posé, seule solution actuellement existante en mer.

Malgré ses avantages pour l'Homme, l'activité d'éolien offshore interagit avec les oiseaux marins et les habitats qu'ils utilisent : les éoliennes et l'avifaune sont en compétition pour l'espace maritime aérien. Comme démontré avec l'éolien terrestre, cette activité humaine en mer génère de multiples impacts sur les espèces, c'est pourquoi le recours à cette technologie ne doit pas interférer avec les efforts réalisés pour la conservation de la biodiversité marine. Ainsi, la LPO, à travers le programme FAME, s'est intéressée aux premiers projets de parc éolien en mer sur les côtes françaises et a proposé à chaque responsable environnemental d'accompagner leur projet. L'enjeu est d'identifier, au regard du lien fonctionnel des oiseaux avec la zone, les impacts occasionnés sur l'avifaune marine. Cependant, en raison de la diversité des facteurs impliqués dans l'écosystème (espèce, site, météo, etc.), du caractère nouveau de l'activité en milieu marin et de l'amélioration technologique des aérogénérateurs, les menaces pour les oiseaux marins restent encore largement méconnues et l'évaluation des impacts engendrés par un projet n'est, à ce jour, pas exhaustive.

Il existe pourtant de nombreuses mesures d'intégration environnementale mais leur efficacité dépend de nombreux facteurs. D'une manière générale, les migrateurs seraient plus touchés que les oiseaux sédentaires, qui eux s'accoutumeraient progressivement à ces structures mais il existe trop peu de données et de certitudes sur l'impact des parcs à l'égard de chaque espèce d'oiseaux marins. L'exigence de mesures environnementales suffisantes doit être d'autant plus respectée que les sites de projet éolien se situent à proximité de ZPS existantes, certains y étant même inclus). La vigilance ne doit pas être moindre envers les autres projets puisque certains se situent au voisinage de zones marines non-inclues en ZPS qui ont pourtant montré de forts effectifs d'oiseaux (FAME suivis côtiers, 2013). De plus, les impacts cumulatifs sur l'avifaune marine, résultante de toutes les activités humaines en mer, complexifient encore l'analyse des impacts engendrés par l'éolien offshore seul.

ABSTRACT

Inexhaustible, wind provides energy less compromising to the future of the planet and wind turbines are now multiplying at sea, especially over the North European Atlantic frontage. In response to the Grenelle Environment Forum and to the objective of 23% of renewable energies in 2020, France is investing in this sector to concretize its energetics ambitions: the country has a great potential of wind and the northwest French coasts are particularly adapted to aerogenerators posed, single solution currently usable at sea.

Despite benefits for man, the activity of offshore wind interacts with seabirds and marine habitats they use: turbines and birds are competing for the aerial maritime space. As demonstrated with terrestrial windfarms, this human activity at sea generates multiple impacts on species, which is why the use of this technology should not interfere with efforts to conserve marine biodiversity. Thus, the LPO, through the FAME program, became interested to the first offshore wind farm projects on the French coasts and has proposed to each environmental responsible a support to their project. The challenge is to identify, in terms of functional link between birds and a project area, the impacts caused on seabirds. However, because of the diversity of factors involved in the ecosystem (species, areas, weather, etc.), the novelty of the activity at sea and the technological improvement of wind turbines, threats to seabirds remain largely unknown and an evaluation of impacts caused by a project is, to date, not completely exhaustive.

However, there are many measures of environmental integration, but their effectiveness depends on many factors. Generally, migrants birds are more affected than sedentary birds, which gradually would accustom to these structures, but there are few data and certainty on the impact of windfarms for each species of seabirds. The requirement of adequate environmental measures should be more respected than the project sites are located close to existing SPAs, some being even included. Vigilance must not be less towards others because some projects are in the vicinity of marine areas non-included in SPAs who nevertheless showed high numbers of birds (FAME report – Coastal monitoring, 2013). In addition, the cumulative impacts on seabirds, resulting from all human activities at sea, complicate yet analysis of the impacts generated only by offshore wind.

1 INTRODUCTION

« *L'influence grandissante de l'Homme est passée d'insignifiante à impactante pour toute la biosphère en milieu marin, n'épargnant aucune espèce ni aucune région du globe* » (Dif, 1982). En effet, les activités occupant physiquement l'espace maritime se sont intensifiées et diversifiées au cours du dernier siècle : urbanisation côtière, pêche, trafic maritime, tourisme, extraction pétrolière et gazière offshore¹, extraction de granulats à la côte, énergies marines renouvelables (dites « EMR »).

De nos jours, le domaine marin est façonné par les activités anthropiques qui exercent de nombreuses pressions, directes ou indirectes, sur ce milieu (FAO, 2010 ; MEA, 2005 ; Cury & Morand, 2004). Ainsi, les interactions de l'Homme avec le milieu ou un de ses composants sont multiples et de différentes natures : elles sont qualifiées d'impacts² anthropiques (positif/négatif, direct/indirect, ponctuel/diffus). Ces impacts ont d'ores et déjà engendré de nombreuses conséquences sur les écosystèmes marins, notamment la diminution des ressources, la fragmentation des espaces ainsi que la pollution du milieu (Curtin & Prellezo, 2010).

Les oiseaux marins dépendent exclusivement ou majoritairement du milieu marin pour l'alimentation (Comolet-Tirman *et al.*, 2007 ; Yésou, 2011). Ils ne peuvent donc se soustraire aux conditions variables du milieu qu'ils ont toujours occupé, c'est pourquoi ils ne sont pas épargnés : 28% des espèces sont menacées à travers le monde (Croxall *et al.*, 2012). En effet, ces oiseaux ne connaissent pas les frontières et sont exposés à un large éventail de menaces posant de nombreux problèmes de conservation.

Malgré une tendance générale à l'augmentation des effectifs depuis 1970, les menaces sont toujours présentes et pèsent sur l'ensemble de l'avifaune marine : les espèces pélagiques, semi-pélagiques et côtières sont en déclin depuis 2006, notamment en raison de la diminution de la disponibilité en ressource et l'augmentation de la fragmentation des espaces (Dupuis *et al.*, 2011 ; Cadiou *et al.*, 2007). Les causes des variations d'effectifs d'oiseaux marins restent cependant diverses, les diminutions étant principalement liées à la modification d'habitats, au dérangement humain, à la compétition interspécifique et à la réduction des ressources alimentaires (Cadiou & Yésou, 2006 ; Capoulade *et al.*, 2010).

D'après un bilan réalisé en 2011, les activités humaines, à terre comme en mer, modifient de façon continue les habitats, la biologie de la reproduction et l'écologie alimentaire des oiseaux marins (Yésou, 2011). Cependant, la vulnérabilité aux menaces varie selon l'espèce et ses comportements alimentaires ou de vol (Cadiou, 2011). L'évaluation des impacts qui découlent de ces menaces nécessite donc une approche spécifique (par espèce) et différentes échelles spatio-temporelles d'étude (prise en compte de la phénologie, des aires de répartition d'espèces, etc.).

Selon la commission OSPAR (2010), qui découle de la Convention Oslo/Paris de 1992 pour la protection du milieu marin de l'Atlantique Nord-est, « *la production d'énergie marine renouvelable combinée à d'autres usages requiert de plus en plus d'espace et les impacts environnementaux à grande échelle sont incertains* ». Il convient donc d'évaluer, à la fois localement et globalement, les impacts sur le milieu et les espèces en lien avec les usages existants et nouveaux de la mer.

¹ Terme anglais désignant à l'origine les activités qui se déroulent au large des côtes

² Les « impacts » sont définis comme les effets des pressions sur l'habitat ou l'espèce étudiée (Le Fur, 2010)

2 INTERACTIONS ENTRE EOLIENNES EN MER ET OISEAUX MARINS : DES CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES MULTIPLES MAIS UN RETOUR D'EXPERIENCE TOUJOURS INSUFFISANT

Les oiseaux marins et les éoliennes en mer occupent le même milieu, ils sont donc en compétition pour l'espace maritime. De plus, les oiseaux sont parmi les taxons les plus impactés par les parcs éoliens puisqu'à la fois migrateurs et sédentaires peuvent être touchés (Barrios & Rodríguez, 2004). L'enjeu est d'identifier, au regard du lien fonctionnel des oiseaux avec une zone marine, les impacts que peut engendrer le développement éolien offshore sur l'avifaune marine en France métropolitaine.

2.1 Existence et ampleur relative du phénomène en mer

Dans un contexte international de lutte contre le changement climatique, les énergies marines renouvelables, telle que l'énergie éolienne qui jouit de technologies « matures », permettent une production d'énergie moins compromettante pour l'avenir de la planète et de l'humanité (Gouverneur & Jouet, 2012) : ces énergies sont en effet très sobres en carbone et ne présentent pas de risques technologiques majeurs (De Seynes & André, 2008). Elles incarnent donc l'alternative énergétique la plus raisonnée et envisageable au stade actuel de connaissances, c'est pourquoi on assiste aujourd'hui à leur essor rapide dans les pays développés (USA, Chine, Europe...) : par exemple, la France s'est fixée l'objectif de satisfaire 20% de sa consommation d'énergie primaire par ces technologies d'ici à 2020.

Selon la Société ornithologique espagnole (Atienza *et al.*, 2012), « de 6 à 18 millions d'oiseaux et de chauves-souris seraient tués chaque année par les 18 000 éoliennes terrestres dans le pays ». Cependant, les études de mortalité menées sur l'avifaune (retour d'expérience en milieu terrestre ou marin à l'étranger) indiquent que la mortalité liée aux éoliennes, considérée entre 0,01 et 23 oiseaux morts par turbine et par an selon Drewitt & Langston (2006), est bien moins importante que celle liée à la circulation routière, aux lignes électriques, aux baies vitrées ou aux intrants agricoles tels les pesticides et insecticides (**Tab. 1**), bien que ces causes ne concernent que très peu les oiseaux marins.

Tableau 1 – Mortalité des oiseaux et activités humaines (source : MEEDDM, 2010 – données LPO)

Cause de mortalité	Commentaires
Ligne électrique haute tension (> 63 kV)	80 à 120 oiseaux/km/an (en zone sensible) ; réseau aérien de 100 000 km
Ligne moyenne tension (20 à 63 kV)	40 à 100 oiseaux/km/an (en zone sensible) ; réseau aérien de 460 000 km
Autoroute, route	Autoroute : 30 à 100 oiseaux/km/an ; réseau terrestre de 10 000 km
Chasse (et braconnage)	Plusieurs millions d'oiseaux chaque année
Agriculture	Evolution des pratiques agricoles, pesticides, drainage des zones humides.
Urbanisation	Collision avec les bâtiments (baies vitrées), les tours et les émetteurs.
Eoliennes	0 à 10 oiseaux / éolienne / an ; 2456 éoliennes en 2008, environ 10000 en 2020

Toutefois, même si la mortalité moyenne liée aux éoliennes reste globalement faible au regard des autres activités humaines (MEEDDM, 2010), il existe une forte variabilité du taux de mortalité de l'avifaune selon la localisation d'un parc. Chaque site possède ses facteurs spécifiques (Snyder & Kaiser, 2009) : la variabilité de mortalité observée entre les parcs dépend principalement de l'aménagement du site (nombre d'éoliennes, espacement des aérogénérateurs, etc.) ainsi que des espèces et des effectifs d'oiseaux fréquentant la zone. Par exemple, le parc éolien terrestre d'Altamont Pass en Californie (Etats-Unis) détient le record de concentration d'éoliennes (plus de 4900 aérogénérateurs) et il est tristement célèbre pour la « faible mais très préjudiciable » mortalité d'oiseaux qu'il entraîne : l'aigle royal, espèce protégée emblématique à longue espérance de vie, y est un animal très affecté (Drewitt & Langston, 2006). Everaert (2002) a d'ailleurs montré qu'il existe une relation directe entre densité d'oiseaux dans une région et taux de collision.

En mer, en raison de leur mobilité et du caractère dispersif du milieu, les oiseaux sont susceptibles de fréquenter tout l'espace maritime existant, « ils ne connaissent pas les frontières ».

Les scientifiques du parc de Nysted (Danemark) ont d'ailleurs modélisé leurs observations d'oiseaux et prédisent un taux de collision de 0,02% avec les turbines offshore (Snyder & Kaiser, 2009). Malgré ses avantages pour l'Homme, l'activité de l'éolien offshore interagit donc avec l'avifaune marine et les habitats qu'elle occupe de par la présence permanente des structures dans le milieu. Cette activité génère de multiples impacts sur les espèces (comme l'ont montré les connaissances acquises sur l'éolien terrestre), c'est pourquoi le recours à cette technologie ne doit pas interférer avec les efforts réalisés et les objectifs fixés pour la conservation de la biodiversité (De Seynes & André, 2008), notamment lorsque ceux-ci concernent des espèces dites « vulnérables » (longue durée de vie, statut de conservation UICN, faible aire de répartition mondiale, etc.). Cependant, l'évaluation des impacts engendrés par l'éolien en mer n'est pas aisée en raison de la diversité des facteurs impliqués dans l'écosystème, du caractère nouveau en mer de l'activité et de la constante amélioration technologique des aérogénérateurs. De plus, développer de nouvelles techniques ou adapter des méthodes existantes à terre est un pré-requis indispensable pour l'évaluation des impacts en mer (radar en mer, récupération des dépouilles, etc.).

2.2 Facteurs principaux modulant la probabilité et l'intensité des interactions

L'espèce considérée est un des principaux facteurs modulant la probabilité et l'intensité des interactions avec l'éolien en mer : on peut parler de variation interspécifique des impacts. La distribution spatiale des oiseaux marins dépend principalement de la disponibilité et de l'accessibilité des ressources alimentaires (Davies *et al.*, 2012 ; Newton, 2004 ; Stephen & Krebs, 1986 ; Sutherland, 1996), toutes les espèces n'ayant pas les mêmes préférences (proies ciblées variées). Cette distribution spatiale est aussi tributaire des comportements de vol de chaque espèce (aisance, altitude, endurance ...) : par exemple, la sterne naine, *Sternula albifrons*, recherche l'essentiel de son alimentation à moins de 2 km du nid, alors que les fous de Bassan, *Morus bassanus*, entreprennent des voyages alimentaires à plus de 100 km du nid (Grémillet *et al.*, 2006).

La dépendance au milieu, dite « l'inféodation », varie donc entre espèces, mais évolue également entre les saisons selon la phénologie des espèces (migration, reproduction, etc.). De plus, le comportement de vol (aisance, altitude), qui varie selon l'espèce considérée, dépend aussi de l'activité en cours (alimentation, déplacement local ou migratoire, etc.). Enfin, la période journalière (ou cycle nyctéméral) et la météorologie influent aussi sur le comportement de vol des oiseaux et modulent la probabilité et l'intensité des interactions : la nuit, lors de bonnes conditions, l'avifaune circule en plus grand nombre (2/3), à plus haute altitude et de façon plus dispersée que le jour (1/3) (MEEDDM, 2010).

Au-delà de la variété des comportements de vol ou d'alimentation existants, il est important de souligner que les oiseaux marins partagent une certaine adaptabilité comportementale : l'opportunisme est la clé de la survie de ces espèces, ainsi la généralisation du comportement d'un seul individu à toute l'espèce est à réaliser avec précaution. Les interactions en mer entre l'éolien et l'avifaune (occurrence, fréquence, intensité ...) sont donc modulées par de nombreux paramètres biologiques, mais également environnementaux comme la localisation du parc, la météorologie, etc. Cependant, les données disponibles sur les zones de concentrations d'oiseaux marins (voir en exemple **Fig. 1**) et les variations saisonnières de leur distribution restent incomplètes en France (Valéry, 2010), d'autant plus que les résultats des études sont ciblés sur peu d'espèces (Grémillet *et al.*, 2006) : il faudrait, par exemple, mettre en évidence les variations interannuelles de leur distribution en mer (Cadiou *et al.*, 2011) et étudier les rôles de nombreux facteurs biotiques ou abiotiques (ressources disponibles, météorologie, activités humaines, etc.) dans ces variations d'effectifs.

Il est d'ailleurs considéré, selon le MEEDDM (2010), que les zones de hauts fonds du plateau continental (moins de 30 mètres de profondeur) constituent les zones les plus riches pour les fonctions biologiques des oiseaux (migration, alimentation, repos, mue) : il est donc compréhensible que la richesse spécifique avifaunistique d'un site en mer dépende de sa profondeur, de son éloignement de la côte et de la période de l'année considérée (**Fig.1**). En effet, l'espace compris entre le trait de côte et l'isobathe 50 mètres du plateau continental est animé par de nombreux mouvements et déplacements entre site de nidification et site d'alimentation pour certaines espèces, entre couloirs de migration et site de repos pour d'autres, ou lors de conditions météorologiques particulières (vents forts, tempêtes...) pour les oiseaux marins en particulier (De Seynes & André, 2008).

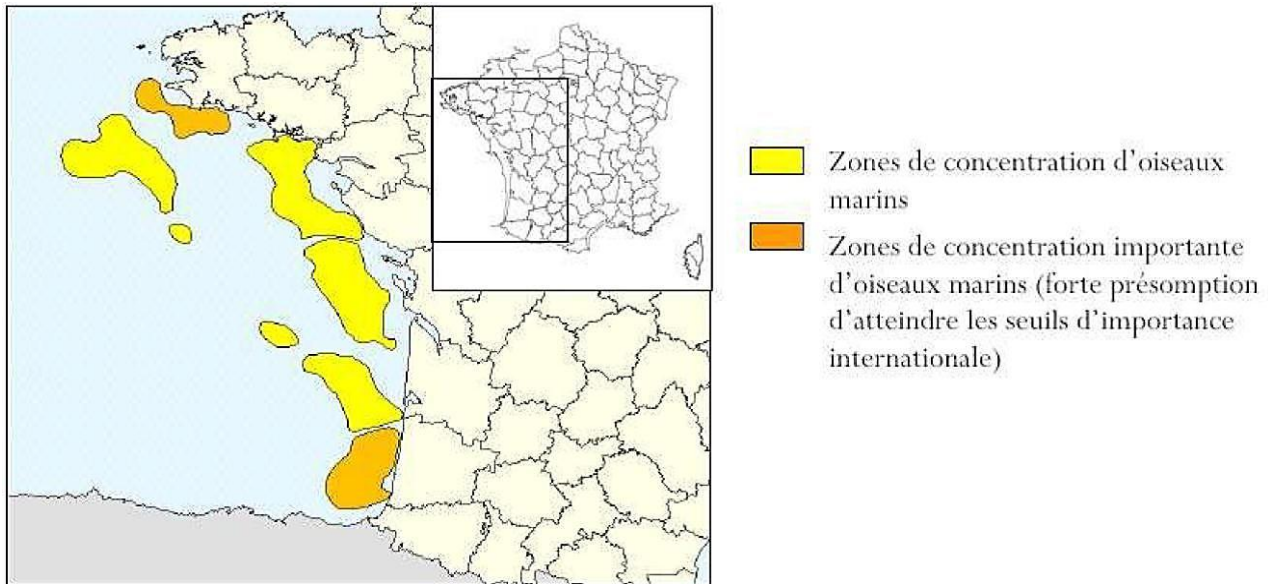


Figure 1 - Secteur de concentration d'oiseaux en période inter-nuptiale dans le Golfe de Gascogne – exemple en 2007 (Source : LPO France)

2.3 Différents types d'interactions (inspiré par l'éolien terrestre)

D'un point de vue biologique, le degré d'inféodation au milieu, le comportement de vol et la capacité d'accoutumance/d'adaptabilité de l'espèce déterminent la fréquence et l'intensité des interactions potentielles. Celles-ci évoluent donc selon le taxon considéré, mais également en fonction du stade phénologique de l'oiseau : les juvéniles passent souvent plusieurs années en mer en attendant la maturité sexuelle (de 2 à 6 ans selon l'espèce).

D'un point de vue physique, le vent constitue le principal facteur météorologique capable de modifier le comportement de vol des oiseaux (Elkins, 1998) et donc l'intensité des interactions. A ce facteur s'ajoutent également la luminosité, la température, l'hygrométrie, les précipitations, la nébulosité, etc. Les conditions météorologiques, déterminées par ces multiples facteurs, jouent donc un rôle prépondérant dans le comportement de vol des oiseaux : par exemple, de mauvaises conditions de visibilité (brouillard) influent sur la hauteur de vol de l'avifaune. Le comportement de vol des oiseaux marins dépend aussi de la période considérée (journalière ou annuelle) : la nidification, l'alimentation, la mue et la migration requièrent des modes de dispersion en mer souvent différents.

La construction et la présence d'un parc éolien en mer entraînent donc de multiples impacts sur l'avifaune marine utilisant la zone (alimentation, transit, repos...), et l'intensité et la fréquence de chaque impact varient en fonction de l'espèce considérée. Un certain nombre de critères sont utilisés pour déterminer la significativité de ces impacts, parmi lesquels l'amplitude de l'impact, son emprise spatiale, sa durée, sa réversibilité, sa fréquence, mais aussi des critères biologiques tels que les statuts de conservation des espèces présentes ou la sensibilité de l'espèce considérée (fonction du cycle biologique, de l'espèce, etc.).

2.3.1 Impacts directs pour les oiseaux : effets instantanés sur les populations

Les impacts qualifiés de directs sont représentés par la perte d'habitat, le dérangement et la collision, tous considérés négatifs et étroitement liés (interdépendance). Cette propriété a entraîné la classification des espèces d'oiseaux sensibles aux éoliennes en deux catégories :

- les espèces peu sensibles au dérangement exploitent facilement le secteur des éoliennes et sont davantage concernées par le risque de collision et l'effet perchoir (rapaces, laridés, etc.)
- les espèces plus farouches gardent leurs distances vis-à-vis d'un parc éolien et réduisent ainsi le risque de collision mais augmentent celui de la perte d'habitat (cas des oies, canards, échassiers, oiseaux d'eau, etc.)

En réalité souvent ponctuelle et liée à des situations climatiques particulières, la collision apparaît comme l'impact prépondérant puisque la mortalité qu'elle est susceptible d'entraîner est instantanée. Pourtant, la perte d'habitat, qui présente un caractère permanent, constitue un enjeu plus fort en terme de dynamique des populations et donc de conservation des espèces (MEEDDM, 2010).

Le dérangement de l'avifaune marine dépend de la phase d'avancement du projet : il est plus fort lors de la construction (Pearce-Higgins *et al.*, 2012), phase la plus critique pour l'environnement marin en raison de l'altération brusque du milieu, et moindre bien que toujours important lors de la phase d'exploitation. Cependant, certaines espèces sont plus vulnérables au dérangement que d'autres (sternes, eiders, etc.). De plus, lors de la construction et de l'exploitation, la perturbation induite par les véhicules de transport peut causer une panique de masse, spécialement les gigantesques navires de construction et les hélicoptères utilisés pour la maintenance. Le degré de sensibilité envers cet impact varie selon les espèces et le stade phénologique, la perturbation étant considérée permanente pour les nicheurs sédentaires (présents sur zone toute l'année). Les deux premières phases d'un projet éolien (construction, fonctionnement) entraînent le dérangement et de potentielles collisions, mais aussi la modification ou la perte d'habitats marins. L'habitat altéré peut être une zone d'alimentation ou de dortoir en mer, ce qui touche, à des niveaux d'intensité variés, les populations nicheuses, hivernantes et migratrices. Cette perturbation se traduit par une distance d'éloignement qui varie d'une dizaine à plus de 500 mètres d'une éolienne en fonctionnement. En effet, il est admis qu'un oiseau adopte un comportement d'évitement à l'approche d'un parc éolien, permettant de conserver une distance de sécurité d'environ 500 mètres minimum pour la plupart des espèces marines. Pour les moins farouches, cette distance est réduite à quelques dizaines de mètres, voire moins si l'accoutumance est élevée (ex : perchoir potentiel pour les cormorans), en particulier pour les populations sédentaires. Un certain nombre d'espèces (Fou de bassan, laridés, ...) semblent donc adopter cette réaction d'évitement à l'approche des parcs d'éoliennes (Leopold *et al.*, 2009), alors que d'autres n'ont pas ce comportement (Petersen *et al.*, 2006). Par exemple, des caméras thermiques (à infrarouge), installées pendant 2400 heures consécutives sur une turbine du parc de Nysted (Danemark), ont permis de constater que la majorité des oiseaux évitaient les éoliennes au moins 500 mètres avant de les atteindre, seuls quelques oiseaux s'étant approchés de la turbine et une seule collision ayant eu lieu (Dagorne, 2010).

La modification ou la perte d'habitats représente en réalité l'impact le plus préjudiciable à l'avifaune marine en général (MEEDDM, 2010). Merck & von Nordheim (2000) estiment d'ailleurs que la fragmentation des habitats marins européens, due à l'essor des parcs éoliens et à l'augmentation du nombre de projets en cours, peut devenir la plus importante menace pour la faune marine des eaux européennes en raison de l'effet barrière entre les zones écologiques fonctionnelles (repos/chasse/reproduction). Cependant, l'effet est inversé chez certaines espèces peu farouches qui profiteraient des perchoirs que représentent ces structures (Petersen *et al.*, 2006) : par exemple, le Grand cormoran, *Phalacrocorax carbo*, est particulièrement attiré par les parcs pour son alimentation en mer (Lindeboom *et al.*, 2011). D'autres espèces peuvent aussi être attirées pour se reposer, notamment les migrateurs lors de mauvaises conditions météorologiques, mais on ne peut pas considérer pour autant l'effet perchoir comme positif puisqu'il augmente la proximité entre oiseaux et éoliennes en mer. Cet effet perchoir est variable, il résulte de la capacité d'accoutumance des oiseaux au dérangement engendré par les parcs. Les oiseaux marins semblent d'ailleurs s'accoutumer assez rapidement à ces engins (Weed, 2006 ; Furness, 1993), ce qui entraîne la réduction des distances d'éloignement : le risque de collision d'un oiseau marin avec une pale, qui est réel en Europe (Aumüller *et al.*, 2011), augmenterait donc avec le temps et l'accoutumance. Cependant, ce risque dépend de nombreux facteurs et reste difficile à quantifier (Michel & Perrot, 2011) et à généraliser.

Même s'il est à relativiser en comparant aux autres infrastructures humaines terrestres, l'impact des collisions est un des risques majeurs pour l'avifaune (Hüppop *et al.*, 2006) et il ne peut être abordé de la même manière en mer. Tout d'abord, la majorité des espèces d'oiseaux marins ont une longue espérance de vie, ainsi, à long terme, la mortalité entraînée par les collisions avec des éoliennes peut modifier la dynamique de ces populations et porter fortement préjudice à la conservation des espèces longévives, d'autant plus que leur rythme de reproduction est lent (Weed, 2006). De plus, au sein d'un parc éolien offshore, les conditions atmosphériques sont modifiées : on parle d'effet « sillage », raison principale de l'espacement entre les éoliennes (Gouverneur & Jouet, 2012). Les conditions de vol étant modifiées, un faible éloignement des oiseaux marins accroît le risque de collision, notamment avec les parties dynamiques des structures telles les pâles (Drewitt &

Langston, 2006). L'âge des individus constituerait un facteur de risque supplémentaire (Henderson *et al.*, 1996), ce qui expliquerait les variations de mortalité en fonction des tranches d'âge considérées (Votier *et al.*, 2008). La zone potentiellement à risque débute à 30 mètres d'altitude et termine à 170 mètres au-dessus de la mer, dans les conditions technologiques actuelles. La majorité des oiseaux marins se déplacent à des altitudes variant entre 0 et 50 m d'altitude (Dierschke & Daniels, 2003 ; Wilhelmsson *et al.*, 2010), voire 20 m pour certaines espèces telles que les eiders (Larsen & Guillemette, 2007) : ces altitudes de vol se juxtaposent avec la partie inférieure des pâles. Il existe également un risque de collision avec la partie immergée d'une éolienne (fondations) en fonction de la technique de prédation des oiseaux. En effet, le risque de collision sous-marine pour les oiseaux nageurs/plongeurs est reconnu pour des structures mobiles telles que les hydroliennes (MEDDE, 2012 ; Wilson *et al.*, 2007), mais il est aussi admis que les oiseaux plongeant d'une certaine hauteur (ex : fou de Bassan) ont une faible capacité à éviter les obstacles une fois sous l'eau (Ropert-Coudert *et al.*, 2004 ; Thaxter *et al.*, 2009). Il existe donc un risque de collision sous-marine pour les oiseaux « plongeurs aériens » et pour les « plongeurs/nageurs » dans une moindre mesure : il est principalement dépendant de l'espèce (comportement de chasse, etc.) et de la localisation des proies.

Il est aussi tout à fait envisageable que des dérangements visuels et sonores engendrés par les parcs puissent amener les oiseaux à modifier leur trajet, comme c'est le cas en éolien terrestre : un effet « barrière » a ainsi été noté lors des migrations (Gouverneur & Jouet, 2012). Cette réaction d'évitement, qui entraîne des dépenses énergétiques supplémentaires, dépend fortement des conditions de déplacement des oiseaux et de leur altitude de vol, mais également de l'orientation des turbines, de la direction et de la vitesse du vent (MEDDE, 2012). Cette perturbation, qui présente l'avantage de réduire le risque de collision et la mortalité directe (Desholm & Kahlert, 2005), peut toutefois avoir des conséquences écologiques notables si l'obstacle fragmente un habitat : par exemple, l'impact est conséquent lorsque le parc se localise entre des colonies et des zones d'alimentation (Drewitt & Langston, 2006).

A l'inverse, l'attraction sur les structures lumineuses (balisage nocturne) peut être fortement préjudiciable aux oiseaux marins (Aumüller *et al.*, 2011) en les désorientant, particulièrement les migrateurs (MEDDE, 2012). Ainsi, les collisions sont plus probables la nuit : le balisage des structures augmente le risque de collision (Winkelman, 1992) par l'effet attractif qu'il a sur les oiseaux (Karlsson, 1983), surtout par temps couvert (Russell, 2005). Il est admis que la lumière rouge perturberait l'orientation des oiseaux migrateurs, à l'inverse des parties bleue et verte du spectre lumineux (Wiltchko *et al.*, 1993 ; Poot *et al.*, 2008). Des retours d'expérience, issus de l'industrie pétrolière, permettent d'appréhender l'importance de cette perturbation en mer, au niveau d'installations offshore. Une étude de Russell *et al.* (2005) sur les plateformes offshore du Golfe du Mexique a d'ailleurs conclu à une moyenne de 50 collisions par an et par plateforme, ouvrage statique éclairé. En parallèle, les éoliennes offshore, éclairées elles aussi, sont des structures dynamiques que l'on multiplie en un seul lieu. Ainsi, le risque de collision, bien que difficile à quantifier actuellement, semble très probable et dépend principalement de l'espèce d'oiseau considérée, de la concentration des individus en vol et de leur comportement, des conditions météorologiques, de la topographie et de la nature du parc ainsi que de son éclairage (Brown *et al.*, 1992 ; Drewitt & Langston, 2006).

Au final, ces impacts directs entraînent un effort supplémentaire de la part des oiseaux pour pouvoir modifier leur trajectoire : ils puisent davantage dans leurs réserves de graisse, ce qui affecte leurs capacités de résistance et de reproduction (Gouverneur & Jouet, 2012). Cet effet, s'il est redondant, est très impactant à l'échelle d'une population. De plus, l'effet cumulé de plusieurs parcs successifs peut générer une dépense énergétique importante dans le cas de migration active (MEEDDM, 2010). La réponse de fuite des espèces face à des conditions météorologiques particulièrement défavorables (comme une vague de froid hivernal ou des tempêtes automnales) peut également modifier l'impact des parcs sur les oiseaux (LPO-BIOTOPE, 2008) : l'augmentation de la vitesse du vent, tout comme une faible visibilité, entraîne la diminution de l'altitude de vol (Aumüller *et al.*, 2011). D'ailleurs, Hüppop *et al.* (2006) ont montré que, à l'échelle d'un parc offshore, la majorité des collisions annuelles se concentrent sur un nombre restreint de jours aux conditions météorologiques les plus défavorables.

2.3.2 Impacts indirects pour les oiseaux : effets diffus sur le milieu marin et les espèces

Les impacts indirects pour l'avifaune sont la conséquence d'une modification (impact direct) des communautés marines due à l'immersion d'une structure : soit des fondations pour l'éolien posé (stade actuel de développement), soit un flotteur/ballast pour l'éolien flottant. Le potentiel récifal des fondations (ou du flotteur/ballast), qui représente la capacité à être colonisé par le vivant, détermine l'attractivité de la zone (Gouverneur & Jouet, 2012). Un accroissement de biomasse pourrait ainsi permettre l'apparition de nouvelles communautés et la modification de la chaîne alimentaire. L'effet récif engendré indirectement offrirait alors une disponibilité alimentaire accrue localement, cependant, les nouvelles chaînes alimentaires formées n'auront pas forcément un effet attractif sur les oiseaux marins (fonction des espèces-proies ainsi favorisées et des espèces d'oiseaux présentes localement). Un effet réserve, dépendant de la réglementation au sein du parc (pêche, navigation, ...) peut également augmenter la biomasse localement. A l'inverse, la phase de démantèlement d'un parc, obligatoire au terme des 20 ans de concession d'occupation du Domaine Public Maritime (DPM) sauf en cas de renouvellement de l'autorisation d'occupation du DPM, risque d'entraîner une perte locale de biomasse pouvant se répercuter indirectement à court et moyen terme sur tout l'écosystème.

Au final, l'effet récif, couramment mis en avant, semble porter un potentiel de bénéfice écologique significatif à condition que les projets soient conçus de sorte à ce qu'il soit maîtrisé et stimulé (MEDDE, 2012). Par exemple, il est important de veiller à ce que l'effet récif n'augmente pas significativement le risque de collision des oiseaux avec une éolienne en raison du supplément d'attractivité engendrée. L'effet réserve, quant à lui, dépend étroitement des mesures de gestion d'usages retenues dans le périmètre de projet, et peut aussi modifier l'attractivité des oiseaux marins.

Il est important de signaler que l'arrêt, même instantané, de ces impacts indirects ne permettra un retour à l'état initial que sur le long terme, qu'ils soient positifs ou négatifs : cela dépend principalement de la résilience de l'écosystème considéré. Les effets du retrait immédiat des structures se feront donc ressentir sur l'avifaune même après le démantèlement d'un parc (effets indirects et diffus) puisque toute la chaîne trophique sera modifiée localement, ayant une répercussion diffuse sur le taxon des oiseaux marins (prédateurs supérieurs). A l'inverse, les impacts directs et leurs effets disparaîtront immédiatement après le désassemblage d'un parc (effets ponctuels).

2.3.3 Quelques méthodes d'évaluation des impacts de l'éolien offshore sur l'avifaune marine

En plus d'améliorer les technologies pour l'observation à distance du comportement des oiseaux (déplacement, collision), le développement de modèles de distribution démographique des oiseaux (spatialisation) est un important pré-requis à l'évaluation des effets engendrés sur les oiseaux par l'éolien en mer, afin de tester les prédictions démographiques et préciser les effets attribuables spécifiquement aux fermes éoliennes par opposition à d'autres facteurs d'impacts (anthropiques, biologiques...). Les modèles de répartition sont très utiles pour l'étude des oiseaux en mer étant donné que, d'ordinaire, l'abondance et la distribution sont évaluées en se basant sur des échantillons trop réduits, augmentant le risque d'erreur (Drewitt & Langston, 2006).

En plus de permettre la clarification des impacts attribuables à un seul parc éolien, la modélisation spatiale est essentielle pour prédire le déplacement cumulé des populations d'oiseaux sur une plus grande échelle, notamment dans le cas d'effets combinés de plusieurs parcs éoliens. Les modèles démographiques élaborés par modélisation temporelle pour évaluer les effets de la mortalité par collision sur la dynamique des populations nécessitent cependant de longues échelles de temps pour vérifier la robustesse des modèles : le processus, très coûteux, n'est pas approprié à toutes les espèces ni à tous les projets de parcs éoliens. La modélisation est également nécessaire pour prédire les impacts attribuables à la perturbation (perte d'habitat, effet barrière) : par exemple, un modèle prédictif sur la macreuse noire a été développé au Royaume-Uni par le COWRIE (Kaiser *et al.*, 2006) afin de déterminer les impacts potentiels des parcs offshore sur le déplacement des aires d'alimentation de l'espèce.

Aussi fiables et ingénieux soient-ils, à ce jour, les modèles de prédiction d'impacts sont à affiner au fur et à mesure que les connaissances en mer augmentent sur l'éolien et les oiseaux. La présentation des modèles ci-dessous (non-exhaustive) ne doit pas être considérée comme un frein à l'usage d'autres méthodes existantes ou en développement.

- **L'indice de vulnérabilité des oiseaux marins (voir Garthe & Hüppop, 2004) :**

Cette étude développe un indice de vulnérabilité des oiseaux marins à l'éolien offshore appelé aussi « Wind farm Sensitivity Index » (WSI). Cet indice a été développé dans la ZEE allemande en mer du Nord mais est applicable à d'autres zones avec peu de modifications.

En termes de méthodologie, le WSI s'inspire de deux indices développés antérieurement pour évaluer la vulnérabilité des oiseaux face à une perturbation : l'un concerne la pollution pétrolière (Williams *et al.*, 1995) et l'autre la pêche au lançon (Furness & Tasker, 2000).

Au total, neuf facteurs de vulnérabilité sont utilisés dans le WSI pour évaluer l'impact de l'éolien sur les espèces d'oiseaux marins, tous les facteurs agissant à la fois sur le risque de collision et sur le risque de perturbation. Ainsi sont pris en compte la manœuvrabilité en vol (a), la hauteur de vol (b), le pourcentage de temps de vol (c), l'activité de vol nocturne (d), la perturbation induite par le trafic maritime et aérien (e), la flexibilité dans l'utilisation de l'habitat (f), la taille des populations (g), le taux de survie des adultes (h), ainsi que les statuts de protection et de conservation en Europe (i).

Chaque facteur est évalué pour une espèce sur une échelle de 1 à 5 (1 et 5 représentent respectivement une très faible et une très forte vulnérabilité de l'espèce), ce qui permet de calculer un indice de sensibilité spécifique (ou SSI) pour chaque espèce et de les hiérarchiser. La formule est la suivante :

$$SSI = \frac{(a + b + c + d)}{4} \times \frac{(e + f)}{2} \times \frac{(g + h + i)}{3}$$

Remarque : La prise en compte des taux de mortalité adulte dans la définition de la sensibilité des espèces permet de donner une vision plus réaliste de l'ampleur des impacts de l'éolien en mer.

Ainsi, le WSI, qui regroupe toutes les espèces d'oiseaux sur un site, est déterminé comme :

$$WSI = \sum_{\text{espèces}} \left(\ln (\text{densité}_{\text{espèces}} + 1) \times SSI_{\text{espèces}} \right)$$

Cet indice permet de dresser des cartes saisonnières maillées mettant en avant une sensibilité graduée en Allemagne : elle est plus forte en zones littorales qu'en zones pélagiques, puisque les concentrations d'oiseaux sont élevées, les espèces plus nombreuses ou plus vulnérables, et les déplacements plus nombreux (migration, vol local, etc.). D'ailleurs, la représentation spatiale des fortes valeurs de WSI s'accorde bien avec l'emplacement des zones importantes pré-désignées pour les oiseaux en Allemagne (Skov *et al.*, 1995). Par contre, il faut prendre en compte que le WSI varie continuellement en fonction des saisons et, plus généralement, en fonction de la distribution spatio-temporelle des oiseaux (fortes variations interannuelles).

Quant à lui, le SSI donne une hiérarchisation des espèces selon leur niveau de sensibilité à l'éolien, avec, par exemple, un fort indice SSI pour des oiseaux majoritairement plongeurs/nageurs et présents localement (plongeurs, cormorans, grèbes, sternes, eiders). Reconnu et facilement transposable à d'autres zones marines, cet indice répond au besoin urgent d'évaluer la vulnérabilité de tous les oiseaux marins présents sur une grande surface pour déterminer les zones les plus propices au développement de l'éolien offshore. Cependant, le WSI n'intègre pas le cumul d'impacts et sa spatialisation, notamment les impacts cumulatifs résultant des différentes activités humaines en mer (éolien, pêche, commerce, extraction de granulats, etc.) pouvant avoir lieu dans un périmètre large comme une ZEE, ce qui mettrait en avant les zones marines fortement utilisées à la fois par les hommes et les oiseaux marins.

- **Les méthodes COWRIE (voir Maclean et al., 2009) :**

Le COWRIE (Collaborative Offshore Wild Research Into the Environment) propose plusieurs méthodes de modélisation pour évaluer les impacts, notamment les impacts de la collision et de l'effet barrière engendrés par des parcs éoliens offshore sur les oiseaux.

Il propose par exemple, à partir de données réelles provenant d'études antérieures utilisées comme référence, deux échelles de hiérarchisation des impacts de l'effet barrière sur les oiseaux : l'une selon la localisation du parc et l'autre selon l'espèce considérée. Ainsi, selon cette deuxième échelle (**Fig. 2**), les grandes espèces (volumineuses) qui ont une petite surface d'aile (faible portance) seront susceptibles d'être plus impactées que les autres par l'effet barrière (Maclean et al., 2009), puisque le vol nécessite une dépense énergétique plus importante chez ces espèces. Une même réaction d'évitement entraîne alors une dépense énergétique différente selon les espèces et leur charge alaire (rapport entre poids de l'individu et surface d'aile, en kg/m²) : on parle de sensibilité des espèces à l'effet barrière (**Fig. 2**).

Sensibilité à l'effet barrière	Espèces
très élevée	plongeon arctique
élevée	plongeon catmarin, cormorans, oies, alcidés
moyenne	canards
faible	fulmar, labbes, goélands, mouettes
très faible	fous, sternes, passereaux

Figure 2 - Hiérarchisation de la sensibilité à l'effet barrière en fonction des espèces – d'après Maclean et al. (2009)

Au final, en croisant l'échelle de sensibilité des espèces avec celle sur la localisation des parcs éoliens (influant la fréquence de la réaction d'évitement et la distance à parcourir), le COWRIE propose une matrice pour déterminer les sensibilités globales des oiseaux en fonction des caractéristiques spatiales du parc et du cortège d'espèces présentes sur la zone d'étude.

Cependant, il faudrait augmenter les connaissances sur les taux d'évitement par espèce (**Fig. 3**), ce qui permettrait de prendre en considération les quelques individus par espèce susceptibles de traverser le parc sans détour pour évaluer l'effet barrière global.

Taux d'évitement	Espèces
99.0	sternes, plongeurs, canards, oies, grèbes, grand cormoran, macareux moine
99.5	alcidés, goélands, mouettes, fou de Bassan
99.9	Puffins, fulmar

Figure 3 - Taux d'évitement par espèce ou taxon considéré – d'après Maclean et al. (2009)

- **La méthode MarLIN (voir Michel & Perrot, 2011 ; MEDDE, 2012):**

Cette méthode (**Fig. 4**), développée par la Marine Life Information Network, permet l'analyse prévisionnelle des impacts environnementaux en évaluant la sensibilité des espèces par croisement de leur tolérance et de leur résilience à une perturbation externe (**Fig. 5**).

Cette sensibilité est déterminée sur la base des caractéristiques biologiques et physiques de l'espèce considérée ainsi que sur l'amplitude, la durée et la fréquence de la perturbation. Cette méthode a déjà été employée à l'international (notamment en Ecosse) comme au niveau national (le MNHN l'utilise) et semble adaptée à l'évaluation des impacts des projets d'EMR. La sensibilité des habitats marins est aussi appréhendée à travers la sensibilité des espèces qui le constituent, en hiérarchisant en fonction de leur rôle dans l'écosystème (espèce clé, espèce support, ...).

En hiérarchisant les impacts, cette méthode permet de concevoir et ajuster un projet pour qu'il soit le moins impactant possible sur son environnement. Pour de plus amples informations, consulter <http://www.marlin.ac.uk> ou l'ouvrage de Michel & Perrot (2011) pour une méthodologie adaptée aux EMR en français (actualisée dans MEDDE, 2012).

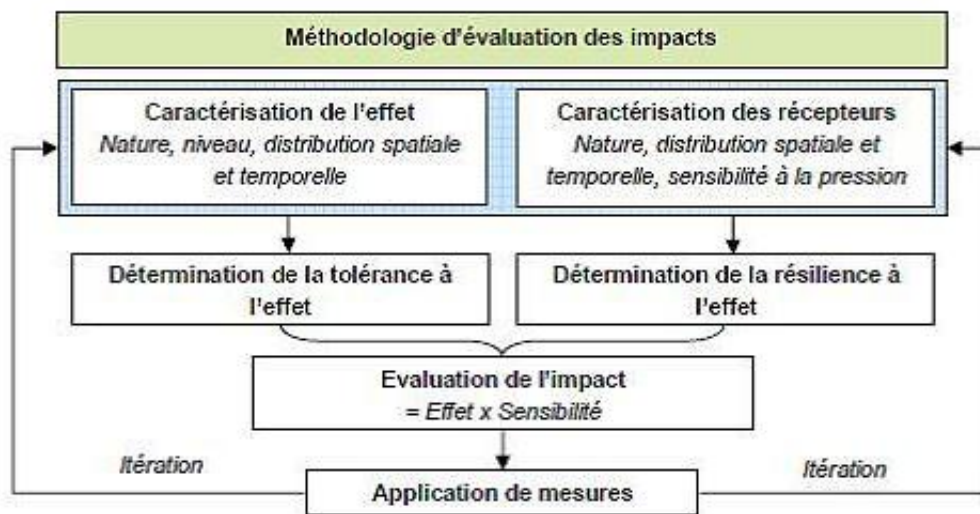


Figure 4 - Méthodologie d'évaluation des impacts (effets) en fonction de la résilience et de la tolérance des espèces (récepteurs) – d'après Michel & Perrot (2011), inspiré de la méthode MarLIN

IMPACT		Résilience						
		Nulle	Très faible (>25ans)	Faible (>10/25 ans)	Modérée (>5/10 ans)	Forte (> 5 ans)	Très forte (< 6 mois)	Immédiate (< 1 semaine)
Tolérance	Nulle	Très fort	Très fort	Fort	Modéré	Modéré	Faible	Très faible
	Faible	Très fort	Fort	Fort	Modéré	Faible	Faible	Très faible
	Modérée	Fort	Modéré	Modéré	Faible	Faible	Très faible	Nul
	Forte	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul
	Améliorée	Positif	Positif	Positif	Positif	Positif	Positif	Positif

Figure 5 - Grille d'évaluation des impacts (nature & amplitude) en fonction des échelles de résilience et de tolérance des espèces – d'après Michel & Perrot (2011), inspiré de la méthode MarLIN

- **La méthode Band pour modéliser le risque de collision (voir Band, 2012) :**

Développé pour le groupe Strategic Ornithological Support Services (SOSS), ce modèle remis à jour intègre désormais un paramètre déterminant : la hauteur de vol de l'espèce considérée (données compilées obtenues dans Cook *et al.*, 2012). Bien que ce modèle s'affine continuellement, il reste limité lors de conditions météorologiques particulières ou lors de forts épisodes migratoires, lorsque le risque de collision est accru.

2.4 Limites de l'évaluation des impacts

2.4.1 Généralités

Parmi les nombreuses provenances ou destination des oiseaux marins, l'Europe représente un « carrefour de diversité » où de nombreuses espèces et d'importants effectifs peuvent être observés. Par exemple, en France, les espèces non nicheuses sont souvent plus nombreuses que celles qui s'y reproduisent (Yésou, 2011). Les populations d'oiseaux marins ne cessent donc de varier dans le temps et l'espace (GISOM, 2010). Leur suivi est donc complexe en mer, d'autant plus que les conditions variables d'accès au milieu marin sont déterminantes, tout comme les moyens nécessaires à la récolte de données en mer (techniques et financiers). Ainsi, pour diverses raisons, les données en mer sur les oiseaux marins restent fragmentaires, notamment sur la biologie des espèces, la dynamique des populations, les zones écologiques fonctionnelles et les variations spatio-temporelles de la distribution. De plus, les impacts de l'éolien sur l'avifaune et le milieu marin risquent d'être englobés dans une variabilité générale, entraînée en majorité par le changement climatique : d'ici 2030, les parts de responsabilité de chaque activité anthropique pourraient être difficiles à distinguer.

Evaluer les interactions « éolien en mer – oiseaux marins » en France est un projet ambitieux puisqu'aucun parc offshore n'existe à l'heure actuelle dans sa ZEE. Les hypothèses d'interactions ne sont donc pas vérifiées sur le territoire à ce jour mais les premiers retours d'expérience provenant d'autres pays d'Europe montrent l'existence d'impacts positifs et négatifs pour l'avifaune (dérangement, collision, perte d'habitat, effets « récif et réserve », etc.). D'une manière générale, le risque de collision s'accroît dans les IBAs/ZICO et zones de concentration d'oiseaux, les migrateurs étant plus touchés que les oiseaux sédentaires (Langston & Pullan, 2003), qui eux s'accoutument progressivement à ces structures (laridés, cormorans).

Cependant, les menaces pour les oiseaux marins restent encore largement méconnues par manque de documentation (Gouverneur & Jouet, 2012 ; Aumüller *et al.*, 2011) : par exemple, une forte capacité d'accoutumance (plutôt oiseau sédentaire) pourrait augmenter le risque de collision d'un oiseau en diminuant leur distance de sécurité vis-à-vis des structures. Il existe peu de données et de certitudes sur l'impact des parcs à l'égard des oiseaux marins, il est donc difficile d'évaluer quelles espèces sont les plus vulnérables (sédentaire ? migrateur ? petit ? grand ? pélagique ? côtier ? accoutumé ?). Par exemple, il a été observé que la perturbation et la fragmentation des habitats ont causé le déclin d'une espèce vulnérable en Finlande : le goéland brun *Larus fuscus* (Mikkola-Roos *et al.*, 2010). Les laridés montrent en fait une plus grande vulnérabilité au risque de collision (Tanskanen, 2012), cependant, une généralisation des conclusions des études existantes, pour la majorité en mer du Nord, est délicate (Le Fur, 2010) : elles se focalisent souvent sur une zone très précise, aux conditions environnementales propres

Une étude de 3 ans, relative à l'impact global des éoliennes en mer sur l'avifaune marine en général, a d'ailleurs été lancée en avril 2012 aux Etats-Unis par le *Northwest National Marine Renewable Energy Center* : l'évaluation, traditionnellement basée sur la récupération des cadavres au sol, ne pourra permettre de quantifier l'impact de cette manière. Ainsi, des moyens techniques et financiers importants ont été mis en œuvre pour équiper les structures de différents capteurs, de caméras et de dispositifs acoustiques pour l'identification. Certains instruments de mesure très pointus équipent aussi les plateformes scientifiques mises en place en Europe (plateformes FINO et RAVE). L'amélioration de nos connaissances des écosystèmes marins et les retours d'expérience fournis par les projets EMR déjà mis en œuvre, permettent d'affiner l'analyse des pressions, des effets et de la sensibilité de leurs récepteurs. Néanmoins, chaque projet se distingue par une intervention technique spécifique et un environnement naturel et socio-économique unique : l'analyse des réactions d'un écosystème aux perturbations ne peut se généraliser, l'étude des impacts doit se faire au cas par cas. De plus, dans un contexte maritime et technique où les marges d'approfondissement des connaissances restent importantes, les projets pilotes ont un rôle central à jouer dans la démarche d'acquisition des connaissances et de modélisation des effets.

2.4.2 Effets cumulés / cumulatifs

Selon le MEDDE (2012), la prise en compte du cumul des impacts associés aux effets directs et indirects sur l'avifaune marine est indispensable car c'est essentiellement au travers de cette prise

en compte au sein d'un parc ou avec des projets connexes que se définit leur efficacité (effets positifs) ou leur véritable potentiel de nuisance (effet négatif). Il est admis que l'effet cumulatif accroît les risques de perturbation (collision, effet barrière) associés à la présence des installations marines (MEDDE, 2012). Ainsi, dans le cadre d'une gestion intégrée des zones côtières, de nombreux enjeux sont à considérer à échelle plus large que celle d'un projet. Les résultantes des impacts cumulés (entre projets éoliens) ou cumulatifs (avec d'autres activités) sont donc à évaluer à grande échelle pour des composantes environnementales comme la migration des oiseaux ou l'effet réserve. Ainsi, il est indispensable que les projets éoliens soient accompagnés d'actions stratégiques qui nourrissent les réflexions sur l'intégration environnementale à l'échelle des territoires et des façades maritimes.

2.4.3 Exemple d'un cas de collision de masse (recensé dans le parc Alpha Ventus)

Un des tous premiers cas de collision de masse référencés en mer en Europe s'est déroulé sur la ferme éolienne Alpha Ventus et ses plateformes de recherche associées (RAVE). Sur une période d'une nuit, avec des conditions météorologiques particulières, plusieurs espèces d'oiseaux en migration sont entrées en collision avec une plateforme de recherche éclairée. L'événement, qui montre les difficultés actuelles pour évaluer précisément un impact malgré l'utilisation de toutes les technologies existantes à ce jour, met en évidence les énormes quantités de victimes potentielles à l'égard de futurs projets éoliens gigantesques (Aumüller *et al.*, 2011), notamment la nuit (structures éclairées), lors de vents forts, en période de migration et lorsque la visibilité est faible.

2.5 Des connaissances à compléter sur les interactions oiseaux marins/éoliennes

2.5.1 Généralités

Le milieu marin, hautement dispersif, est à appréhender différemment du milieu terrestre. Tout d'abord, bien que les structures marines soient d'une envergure comparable à celles existantes à terre (de 1 à 1,5 fois plus grande qu'à terre), en milieu marin, notamment dans les mers territoriales, il n'existe aucune structure comparable à celles envisagées en termes de taille, de nombre et de densité.

De plus, chaque projet est différent, ainsi on ne peut pas généraliser les impacts évalués pour un projet à tous les parcs offshore (Le Fur, 2010) : chaque impact a une fréquence et une intensité qui varient en fonction de nombreux paramètres (localisation, puissance, hauteur et diamètre des aérogénérateurs, nombre d'éoliennes, disposition, richesse ornithologique, type de fondations, ...).

Enfin, des études supplémentaires sont nécessaires pour identifier les espèces marines volant dans la zone à risque (de 30 à 170 mètres), ce qui augmente le risque de collision, d'autant plus que les hauteurs de vol varient au cours de l'année (Krijgsveld *et al.*, 2010) : par exemple, de forts effectifs sont observés par radar en automne comme conséquence d'une altitude de vol plus faible qu'au printemps, ce qui rend détectable une grande quantité d'individus qui ne l'étaient pas en migration pré-nuptiale (dans le cas de l'hémisphère Nord).

Un pré-requis serait donc d'augmenter les connaissances sur les altitudes de vol des espèces (migrateur, nicheur, sédentaire), leurs variations annuelles (et les causes) et sur les impacts des projets d'aménagements en mer pour chaque composant du milieu (LPO-BIOTOPE, 2008).

2.5.2 Cas particulier des chiroptères

Peu de connaissances existent sur les chauves-souris et leur utilisation du milieu marin en raison du faible nombre d'observations réalisées et de l'hétérogénéité spatiale de celles-ci. Pourtant, plusieurs études récentes montrent que des chauves-souris locales ou migratrices sont présentes en mer à plusieurs kilomètres des côtes. En mer Baltique, au moins 10 espèces ont été identifiées, dont certaines à proximité d'éoliennes (Ahlén *et al.*, 2007) : elles utilisent le milieu pour chasser les insectes volants ou les crustacés présents à la surface de l'eau (Ahlén *et al.*, 2009). De plus, des chauves-souris ont été observées sur des plates-formes pétrolières, ainsi que sur des îles de la mer du Nord, ce qui suggère qu'elles peuvent parcourir des dizaines voire des centaines de kilomètres en milieu marin (Walter *et al.*, 2005). Cependant, compte tenu du manque de connaissances, en France comme ailleurs, sur les populations locales ou migratrices de chiroptères ainsi que sur les trajectoires employées pour la migration atlantique par les différentes populations d'Europe, peu d'interactions

potentielles sont mises en avant dans les études d'impacts. Pourtant, le balisage des aérogénérateurs et la chaleur qu'ils dégagent pourraient provoquer l'attraction d'insectes volants par temps calme (vent faible), entraînant ainsi l'attraction des chiroptères la nuit sur les zones de parcs lorsque les conditions sont propices (lien non-démonstré actuellement) : on considère qu'à partir de 5m/sec, la plupart des chiroptères arrêtent leur activité (vol ou alimentation), certaines résistant jusqu'à 9 m/sec de vent (Noctule commune et Pipistrelle commune) selon l'étude d'Ahlén *et al.* (2007). Des conditions d'orage ou de brouillard induisent aussi une diminution ou un arrêt des activités.

A terre, les connaissances sur les interactions chiroptères-éoliennes sont plus complètes : à l'inverse des oiseaux, on sait que les perturbations indirectes dues aux éoliennes (dérangement, effet « barrière » ou perte d'habitat) sont marginales pour les chiroptères (Rahmel *et al.*, 2004 ; Brinkmann, 2004 ; Höttker *et al.*, 2005). Cependant, aucun comportement d'évitement, comme il existe chez les oiseaux, n'a été mis en évidence en milieu terrestre chez les chauves-souris (Ahlén *et al.*, 2007).

L'impact le plus probable en mer serait donc direct à travers les collisions et la mortalité qu'elles entraînent. Dès les premiers suivis sur des parcs éoliens terrestres, des cas de mortalité ont été mis en évidence mais les raisons pour lesquelles les chauves-souris heurtent les structures ne sont pas clairement établies. La mortalité peut être entraînée par une collision directe avec une pale ou un barotraumatisme³ (Baerwald, 2008) qui est provoqué par la chute de pression atmosphérique à l'arrière des pâles.

En mer, cet impact varierait principalement en fonction des espèces et de leur activité en cours : en migration, la majorité des espèces vole entre la surface et 10 mètres au-dessus, mais certaines espèces plus grandes (noctules ...) utiliseraient les zones supérieures (Ahlén *et al.*, 2007), allant jusqu'à 40 mètres ou plus, les exposant ainsi à un plus fort risque de collision. Par contre, en activité de chasse, les chauves-souris peuvent modifier rapidement leur hauteur de vol pour suivre les insectes, il y a une relation directe avec la présence de proies : en quelques secondes, un individu peut chasser au ras de l'eau puis à hauteur des pâles, quelle que soit son espèce (Ahlén *et al.*, 2007). Ainsi, la saison et l'activité en cours (migration, alimentation) ont une grande importance puisque ces paramètres influent directement la hauteur de vol (tout comme les conditions météorologiques). Les hauteurs de vol en chasse sont différentes de celles en migration, elles dépendent fortement de la localisation des insectes : le principal risque est que les chauves-souris soient attirées par les nuées d'insectes profitant de l'éclairage et de la chaleur dégagée des plateformes, et qu'elles se retrouvent ainsi à hauteur du rotor ou dans la zone balayée par les pâles. De plus, la distance des parcs à la côte est un paramètre important influant le risque et la fréquence de collision. Bien que des techniques émergent pour l'observation de chauves-souris en mer (ex : enregistrement automatique d'activité), les difficultés d'évaluation des interactions résident principalement dans la période d'activité des chiroptères (nocturne et intensité printanière/estivale) et dans les problèmes de récupération des cadavres en mer.

Une des mesures d'atténuation ou réductrices d'impacts envisageables pour les chiroptères serait d'augmenter la limite inférieure de la plage de vent permettant le fonctionnement des éoliennes (en mètres/sec). Une étude d'Arnett *et al.* (2011) a d'ailleurs montré que l'augmentation de 1,5 point de la vitesse de vent minimum nécessaire au déclenchement des éoliennes terrestres (de 4 m/s à 5,5 m/s) avait permis de réduire localement entre 44% et 93% de la mortalité des chiroptères, tout en diminuant marginalement la production annuelle du parc (moins de 1% de perte). En effet, cette action permet de mieux séparer les périodes d'activités des chiroptères et des éoliennes puisque les premiers ont besoin de conditions calmes pour chasser et les secondes ont besoin de vent pour produire. Pourtant, il n'existe pas d'information similaire en mer et un objectif serait d'augmenter le niveau de connaissances à ce sujet (ex : plage de vent propice à la migration ou l'alimentation en mer des différentes espèces de chiroptères fréquentant les eaux littorales et marines).

Une autre méthode, si elle ne s'avère pas néfaste à d'autres organismes, serait d'utiliser localement les radars ou tout champ électromagnétique pour « forcer » un comportement d'évitement des turbines (Nicholls & Racey, 2007).

³ Lésions internes provoquées par des variations brutales de pression atmosphérique

3 CONTEXTE FRANÇAIS DE L'ÉOLIEN EN MER ET PROGRAMME FAME

3.1 Description et localisation des premiers projets offshore français

Les premières éoliennes en mer ont été installées en 1991 au Danemark et, aujourd'hui, l'essor de la filière est programmé sur toute la façade nord-atlantique européenne : d'ici 2030, 10 à 15% des besoins européens seront couverts par l'éolien offshore (Gouverneur & Jouet, 2012).

Lors du Grenelle de l'Environnement en 2009, les parlementaires français ont adopté un objectif de 23% d'énergies renouvelables en 2020 en réponse à la directive européenne 2009/28/CE dite « des 3 fois 20 ». Parmi les énergies envisageables, l'éolien offshore est l'une des filières-clé pour la France. En effet, le pays dispose d'un des premiers gisements d'Europe en étant soumis à trois régimes de vent décorrélés (Méditerranée, Atlantique, Manche/Mer du Nord).

La France s'est donc engagée à développer 6000 MégaWatts (MW) d'éolien offshore d'ici 2020. Par leurs faibles bathymétries et un gisement de vent important, les côtes françaises du nord-ouest sont particulièrement adaptées à l'éolien offshore posé, solution en mer la plus mature actuellement (fondations dans la limite bathymétrique de 35 mètres). Ces paramètres sont déterminants pour le coût du projet. Cependant, les zones propices sont sélectionnées par le gouvernement en fonction d'autres paramètres tels que l'utilisation de l'espace maritime et les sensibilités sociales et environnementales (Gouverneur et Jouet, 2012).

Ainsi, en juillet 2011, un 1^{er} appel d'offres a été lancé pour la réalisation de 3000 MW répartis sur cinq zones propices (Le Tréport, Fécamp, Courseulles/mer, Saint-Brieuc et Saint-Nazaire). Les résultats ont été communiqués le 6 avril 2012 (4 zones retenues sur 5) et seule la zone du Tréport n'a pas eu de projet éolien validé (un seul proposé). Au total, ce 1^{er} appel d'offres permettra d'atteindre une capacité de production de 1950 MW sur les 3000 espérés, grâce aux quatre projets en cours de développement (voir **annexe III**).

Pour tenter de remplir ses objectifs et approcher les 6000 MW en 2020, le gouvernement français a annoncé début janvier 2013 un 2nd appel d'offres en proposant deux zones propices : celui-ci sera lancé probablement en mars 2013 et la désignation des lauréats est espérée pour janvier 2014. Les zones concernées sont celle du Tréport et celle de Noirmoutier (**Fig.6**). Ainsi, malgré un premier refus, le projet du Tréport (emmené par GDF Suez et La Compagnie du Vent) a une nouvelle possibilité d'être accepté et validé mais le dépôt d'autres projets en concurrence sur le site n'est pas exclu. L'autre zone concernée par l'appel d'offres était, elle aussi, très attendue : elle se situe en Vendée, là où le projet des 2 îles est déjà bien élaboré, et se projette à moins de 30 km du projet de Saint-Nazaire dit « Banc de Guérande » (**Fig. 6**).

Un 3^{ème} appel d'offres serait même envisagé dans la foulée afin de renforcer la filière industrielle française et son expertise (d'après l'agence de presse Reuters). Il serait déjà en réflexion au gouvernement d'après l'annonce de l'actuel premier ministre fin janvier 2013. Ce 3^{ème} appel d'offres permettra à d'autres projets d'émerger sur tout le territoire maritime français (hors Outre-mer). Les sites pourraient se situer en zone Méditerranée, Atlantique, Manche et mer du Nord mais concerneraient principalement des zones où des projets sont déjà existants (source : meretmarine.com), comme celui présenté à la figure **13** (Ré).

Ainsi, le développement éolien offshore se concrétise : pour atteindre ses objectifs, une dizaine de projets seront à considérer comme existants et en fonctionnement sur les côtes françaises en 2020, Méditerranée compris (projets à l'étude). Cependant, les premiers parcs éoliens présentés ne seront pas en fonctionnement avant 2017 (pour les projets les plus optimistes), et l'objectif des 6000 MW provenant de l'éolien en mer en 2020 ne pourra être atteint avant au moins 2025.

Les données sur certains projets de parcs, présentées ci-dessous (agencement du parc dans la zone, variantes de projet retenues, nombre d'éoliennes, éloignement de la côte...), sont issues des échanges effectués avec les acteurs de la filière dans le cadre de FAME (questionnaire réalisé, entretien téléphonique, rencontres) et traduisent l'état d'avancement des projets et les connaissances actuelles. Pour obtenir plus d'informations sur les projets (périmètres, modèle d'éolienne, consortium, etc.), des cartes synthétiques sont disponibles plus loin (voir **Fig. 12 et 13**) : elles ont été réalisées à partir des échanges avec les développeurs et comportent des informations publiques ou libre d'accès sur internet.

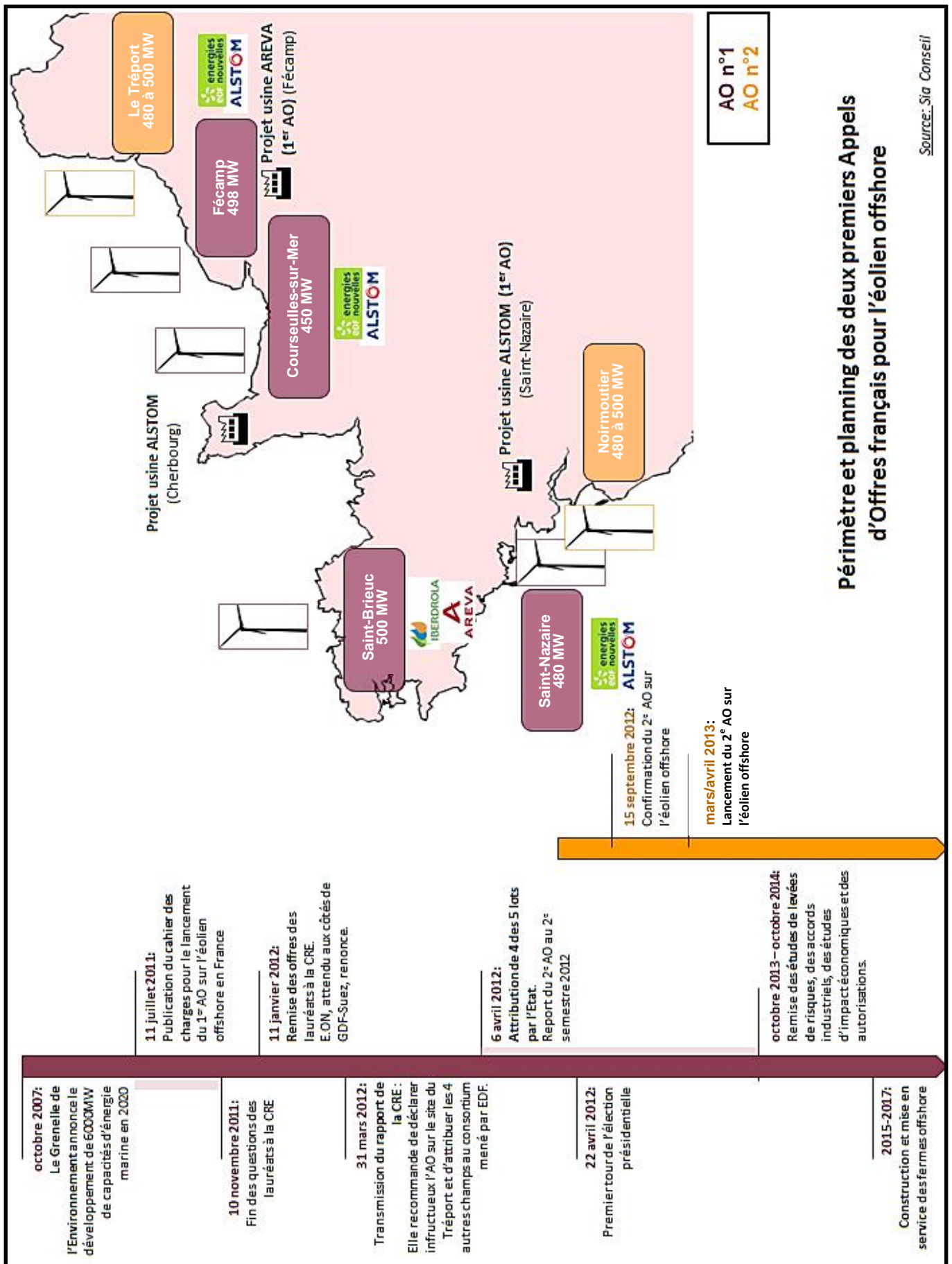


Figure 6 - Représentation du développement éolien offshore et des premiers Appels d'Offres (A.O.) en France

Le 1^{er} appel d'offres du gouvernement français (en mars 2011) concernait une puissance de 3000 MW, représentant 500 à 600 éoliennes en mer réparties sur 5 zones du DPM (totalisant 533 km²). Au final, cet AO a attribué 1928 MW répartis sur 4 zones : les périmètres des zones propices désignées et les puissances autorisées sont définis par le Journal Officiel de la République Française du 28 avril 2012 (JORF - MEDDTL), tout comme les sociétés autorisées à exploiter ces zones (disponible en **annexe III**). Les zones propices ne représentent pas obligatoirement la forme future des parcs éoliens et l'on peut imaginer des dispositions permettant de diminuer l'effet « sillage » (turbulence entre éoliennes), l'impact visuel à la côte et le dérangement des migrations de l'avifaune selon l'orientation et l'agencement des structures (Gouverneur & Jouet, 2012).

Les parcs éoliens offshore prévus sont constitués d'aérogénérateurs de forte capacité : les vents forts et réguliers en mer permettent de tirer profit de machines plus puissantes qu'à terre (de 5 à 7 MW actuellement en développement). Ainsi la dimension des pâles et la surface balayée augmente (112 à 160 mètres d'envergure du rotor) : les mâts sont donc plus hauts (**Fig. 7**). Les balisages aériens et maritimes définis par des réglementations et des normes internationales signalent les parcs aux usagers de la mer et du ciel. De nouvelles éoliennes sont à l'étude pour diminuer la dépendance à la bathymétrie de l'éolien posé (fondations en eaux profondes à l'état de prototype), voire même pour s'en affranchir (éoliennes flottantes). A ce jour, les fondations envisagées pour les projets d'éolien posé sont de plusieurs types et sont maintenues par gravitation ou par des pieux (**Fig. 8**).

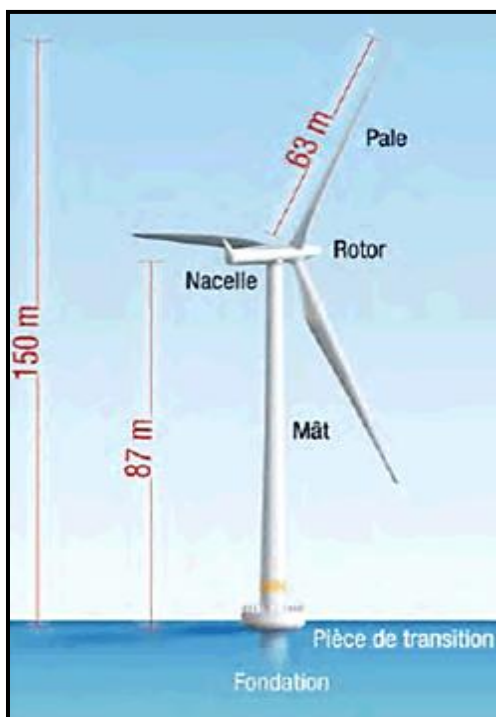


Figure 7 - Composition et dimensions d'une éolienne posée en mer de type 5 MW (source : meretmarine.com)

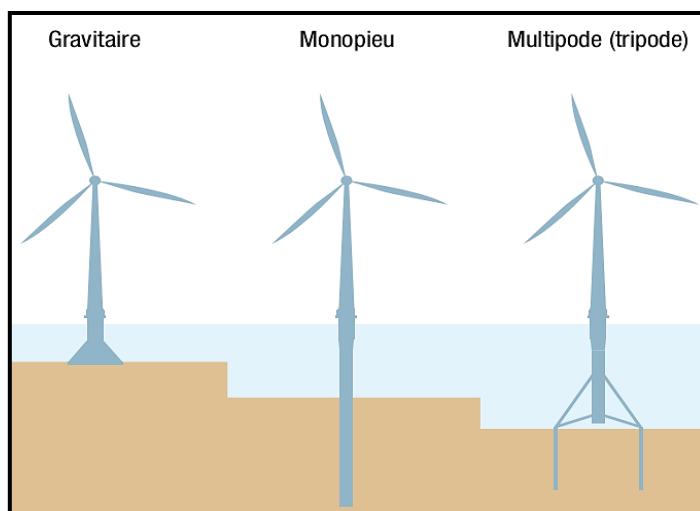


Figure 8 - Types de fondations envisagées en mer (source : La Compagnie du Vent/GDF Suez, 2010 – dossier du maître d'ouvrage)

A ce jour, deux modèles d'éoliennes, de dimensions faiblement différentes, sont envisagés :

- L'un est produit par AREVA (nommé M5000), d'une puissance unitaire de 5 MW, et mesure 170 mètres de haut pour un diamètre de rotor de 135 mètres (pâle de 67 mètres). Ce type fonctionne sur une plage de vent allant de 4 à 25 m/sec (15-90 km/h).
- L'autre est produit par ALSTOM (nommé Haliade 150), d'une puissance unitaire de 6 MW, et mesure 175 mètres de haut pour une envergure de rotor de 150 mètres (pâle de 73,5 mètres). Ce type fonctionne sur une plage de vent de 3 à 25 m/sec (10-90 km/h).

3.2 Obligations réglementaires en France

D'un point de vue réglementaire, les sociétés retenues dans l'attribution des zones propices pour 20 ans ont plusieurs obligations étant donné que la création, l'exploitation et la cessation d'activité d'éoliennes en mer font actuellement l'objet d'un corps de règles spécifiques.

Les aérogénérateurs offshore sont donc soumis à un régime juridique particulier en France en constante évolution : il dispense à ce jour de toutes formalités au titre du Code de l'Urbanisme et ce régime est différent des « Installations Classées pour la Protection de l'Environnement » (ICPE) auquel l'éolien onshore (ou terrestre) est soumis depuis la loi « Engagement National pour l'Environnement » du 12 juillet 2010.

Outre les obligations telles que l'achat d'électricité, l'autorisation d'exploitation ou l'autorisation de raccordement, les règles spécifiques à l'énergie du vent et à l'environnement marin sont codifiées au sein du chapitre III - Titre V - Livre V du code de l'environnement (articles L.553-2 et suivants).

Premièrement, les développeurs doivent obligatoirement réaliser une étude d'impact d'après l'article R. 122-2 du code de l'environnement (et son annexe) et organiser une enquête publique selon l'article L. 553-2 de la loi Grenelle (voir le décret du 29 décembre 2011 du Journal Officiel de la République Française, portant réforme des études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements). Les moyens pour remédier aux impacts potentiels (mesures de suppression) doivent être prévus et des mesures réductrices ou compensatoires sont à proposer, financer et évaluer (suivi de l'efficacité).

De plus, conformément au Code de l'environnement (article L.121-8), les sociétés sélectionnées par le gouvernement doivent saisir la Commission Nationale de Débat Public (CNDP) afin de respecter les obligations de concertation avec tous les usagers de la mer (professionnels ou privés) et la possibilité de participation de tout citoyen français. La CNDP veille au respect de la participation de tous à l'élaboration des projets d'aménagement d'intérêt national.

Enfin, les sociétés, qui n'ont pas à obtenir un permis de construire dans le but de simplifier les procédures, doivent tout de même obtenir une concession d'occupation du DPM sur la zone de la part du Préfet régional concerné, toutes les zones propices désignées étant situées sur le Domaine Public Maritime (DPM) ou en ZEE (voir **Fig. 12** – lot n°4).

A l'issue de ces démarches, les développeurs peuvent initier les projets (**Fig. 9**). Au terme de la concession d'occupation (prévue sur 20 ans), le démantèlement et la remise en état sont obligatoires sauf si la demande concession est renouvelée et acceptée (ex : parc ayant montré sa « plus-value » environnementale).

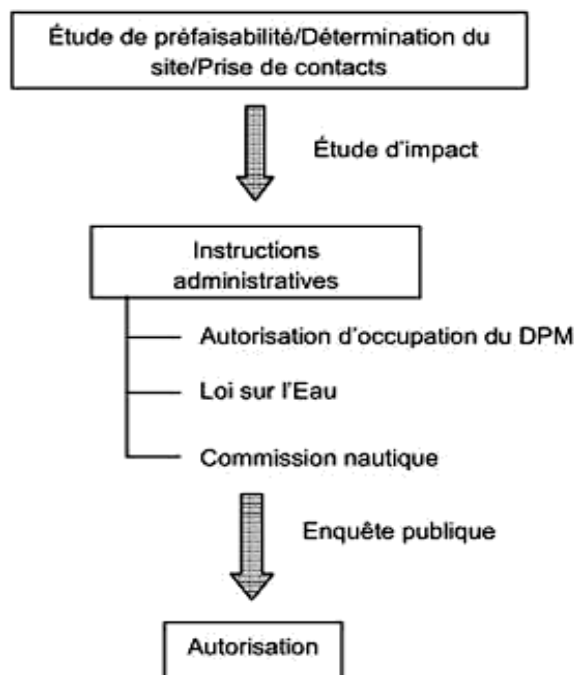


Figure 9 - Schéma simplifié des procédures réglementaires obligatoires

3.3 Des amorces de collaboration dans le cadre de FAME

Le programme FAME s'inscrit dans la continuité des travaux sur l'éolien terrestre menés par la mission « Développement Durable » à la LPO France depuis 1995 (dont la co-animation du programme national « éolien – biodiversité » depuis 2006). L'équipe FAME a contacté les personnes compétentes en matière d'environnement dans les entreprises concernées par l'éolien offshore, alors même que les sociétés de projets étaient en instance de décision sur les prestataires et la répartition des rôles de chacun dans leur groupement d'entreprises (dit « consortium »).

Pour rencontrer certains acteurs principaux de la filière éolienne offshore française, l'équipe FAME a participé à la 1^{ère} rencontre nationale sur les EMR à l'Université de Caen (juin 2012), événement qui réunissait les principaux acteurs industriels, scientifiques, bureaux d'études et associatifs concernés (Fig. 10).



Figure 10 - Photographies de la 1^{ère} rencontre nationale sur les EMR (Caen)
Copyright : P. FARQUE - FAME/LPO

En l'état actuel du développement de la filière, trois consortiums (ou groupements d'entreprises) différents ont été ciblés bien que les acteurs potentiels déjà référencés par le programme FAME soient plus nombreux.

Dans chaque consortium, au moins une entreprise a pour rôle de gérer le volet environnement d'un projet : elle doit coordonner les études d'impact obligatoires pour la création des parcs en mer. Un questionnaire a donc été élaboré pour les responsables « environnement » des entreprises désignées dans chaque consortium, soit 4 individus pour 5 projets (Fig. 11). La liste des projets, d'entreprises et de consortiums présentés n'est pas exhaustive, la filière étant en évolution constante.

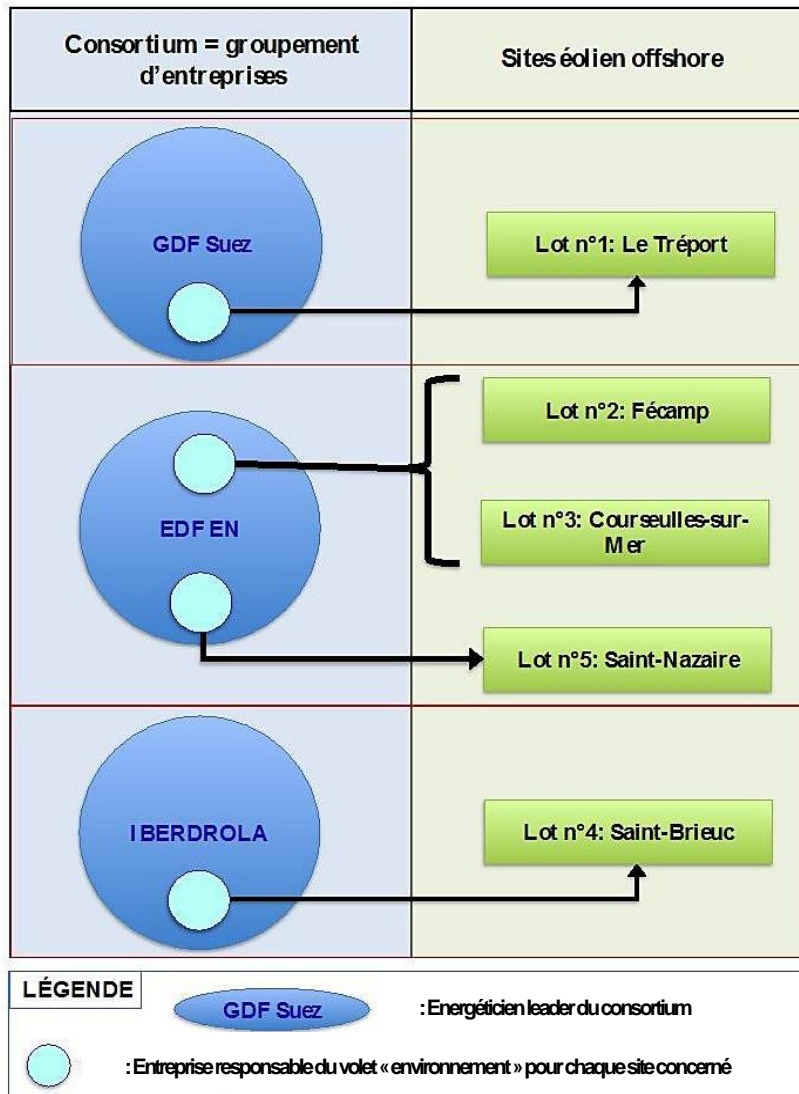


Figure 11 - Consortiums et projets de parcs du 1^{er} appel d'offres pour lesquels la collaboration avec FAME a été sollicitée – Réalisation : P. FARQUE / FAME

3.3.1 Méthode : une approche participative

Un questionnaire a été préparé et utilisé afin d'échanger, en toute confiance, avec les sociétés sur leur politique environnementale et sur leur volonté de participation à l'amélioration des connaissances, notamment sur l'avifaune marine. Le questionnaire réalisé, qui se rapporte à un seul projet à la fois, est présenté en **annexe I**.

Le questionnaire se veut très complet pour obtenir un maximum d'informations pouvant avoir un lien avec l'avifaune marine (ressources halieutiques, intégrité des fonds, mammifères supérieurs). Au total, l'enquête de 7 pages se compose de 118 questions relatives aux oiseaux comme à l'environnement marin en général. Afin de rendre sa lecture plus aisée, l'enquête est structurée selon la chronologie des études environnementales obligatoires au développement des projets éoliens : diagnostics initiaux, études des impacts potentiels sur les composantes du milieu et mesures d'intégration prévues. Au total, seize thématiques se distinguent telles que les généralités du parc (type d'éoliennes, puissance, surface), l'état initial, les mesures d'intégration environnementales envisagées, les suivis effectués, le bilan des impacts et de leurs mesures environnementales, la réglementation envisagée et la concertation réalisée, et enfin une réflexion sur l'essor d'autres EMR.

3.3.2 Contact et diffusion

Les trois consortiums en concurrence avant les résultats du 1^{er} appel d'offres ont été appréhendés pour connaître le rôle du responsable « environnement » dans chaque entreprise. Des contacts ont été établis et un partenariat préexistant LPO – EDF EN a permis la participation anticipée au programme FAME des sociétés du consortium (WPD Offshore, Nass & Wind). Le consortium « GDF Suez » a été le plus participatif à travers sa filiale : La Compagnie du Vent (LCV).

Tableau 2 – Contacts échangés avec les acteurs du 1^{er} appel d'offres (5 lots ; 4 responsables ciblés)

Consortium	Entreprise contactée	Mail	Téléphone	Entretien	Numéro de lot – localité
GDF Suez	La Compagnie du Vent	15	10	1	1 – Le Tréport
EDF EN	WPD Offshore	4	11	1	2 – Fécamp / 3 – Courseulles
	Nass & Wind	5	13	0	5 – Saint-Nazaire
IBERDROLA	Eole Res	6	10	0	4 – Saint-Brieuc
TOTAL	4 responsables « environnement »	30	44	2	5 projets de parcs

D'après le **tableau 2**, les contacts ont été bien répartis entre les responsables, à l'exception de La Compagnie du Vent avec qui les échanges ont été poursuivis jusqu'à la fin 2012 (projet non-retenu au 1^{er} A.O.). En conséquence, les échanges avec La Compagnie du Vent ont été plus nombreux qu'avec les trois autres structures (toutes ont vu leur projet retenu au 1^{er} A.O. et sont actuellement en phase « levée des risques »). Un faible retour d'information par mail a été observé, ainsi le téléphone a été privilégié pour établir un échange direct. Un seul déplacement a été effectué (Caen, rencontres nationales EMR en juin 2012), permettant de s'entretenir avec deux responsables.

Au final, il y a eu une bonne acceptation de l'enquête par les 4 interlocuteurs, bien que les réponses soient incomplètes à ce jour (3 enquêtes partiellement complétées sur 5). Cependant, les 4 responsables « environnement » des projets éoliens ont fait part de leur volonté pour communiquer avec la LPO sur les problématiques de l'avifaune marine.

3.3.3 Echange de données : un exemple de collaboration réussie (La Compagnie du Vent – zone du Tréport)

En dehors de ce contexte particulier de confidentialité depuis les résultats du 1^{er} A.O. (le 6 avril 2012), La Compagnie du Vent a montré sa motivation pour travailler avec la LPO France autour des thématiques du programme FAME, et dans le but d'améliorer les connaissances sur les oiseaux marins. Les échanges ont abouti à la signature d'un accord de confidentialité entre les 2 parties, permettant un échange sécurisé de données. Ainsi, La Compagnie du Vent a transmis le questionnaire FAME presque intégralement complété (certaines données n'ont pu être divulguées en raison des potentiels concurrents sur la zone pour le 2nd appel d'offres).

Au final, La Compagnie du Vent a collaboré activement en transmettant des informations détaillées sur les protocoles et méthodes utilisés ainsi que des données relatives au Fou de Bassan et au Puffin des Baléares, deux espèces suivies spécifiquement dans le cadre du programme FAME.

La Compagnie du Vent s'est inspirée des protocoles standardisés et validés scientifiquement pour l'étude des oiseaux marins en mer ayant été développés par des biologistes reconnus en mer du Nord, notamment au Danemark et au Royaume-Uni (ex : Tasker *et al.*, 1984 et Camphuysen *et al.*, 2004).

Les données transmises permettent d'apporter un éclairage nouveau sur les résultats obtenus dans le cadre de FAME (suivis côtiers, télémétrie, etc.) et constituent la première brique d'une collaboration à développer sur le projet du Tréport. En effet, la LPO peut apporter son expertise, notamment pour le suivi obligatoire des impacts sur l'avifaune. Par exemple, en termes de fréquentation (distribution, déplacement) et de comportement, le suivi ne pourra s'effectuer uniquement par les méthodes classiques d'observation (radar, optique infrarouge, détecteur de collision, observations, etc.) et le suivi télémétrique d'individus, complémentaire au radar, pourrait permettre d'étudier ces paramètres sur le long-terme (De Seynes & André, 2008). La LPO, à travers ses compétences et ses travaux en télémétrie (ex : activité « acquisition de connaissances » du programme FAME), dispose du matériel et du retour d'expérience nécessaires pour assurer ce complément de données.

3.3.4 Synthèse des résultats

La couche cartographique "oiseaux marins observés", utilisée pour les représentations ci-après, est issue de l'activité de comptage FAME réalisée en 2011 sur les sites d'observation côtiers (voir l'activité 2 du programme : étude et suivis des oiseaux marins). Les espèces considérées pour le comptage ont été définies dans un protocole standardisé entre les partenaires FAME, considérant 32 espèces d'oiseaux majoritairement marins (grèbe huppé inclus). Pour visualiser la liste des espèces étudiées et la répartition des sites de comptage, il faut se référer au rapport final FAME 2013 concernant l'activité 2 – suivis côtiers.

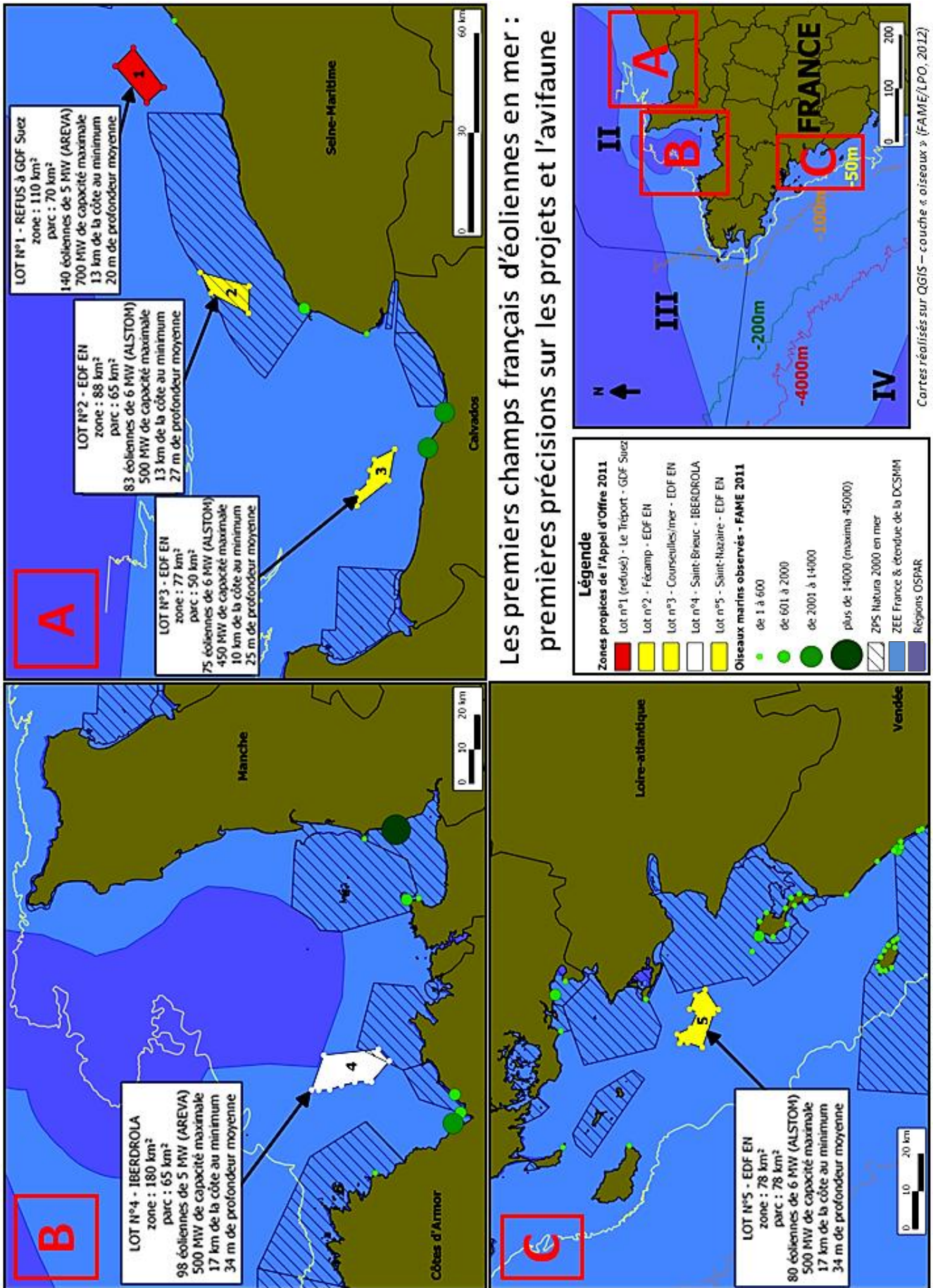


Figure 12 - Présentation des projets de parcs ayant participé au 1^{er} appel d'offres et de certains paramètres obtenus sur internet et/ou par entretien avec les responsables

Réalisation : P. Farque – Date : 10/08/2012 – © LPO/FAME

La figure 12 représente les zones des 5 lots du 1^{er} appel d'offres, leur attribution, ainsi que certaines caractéristiques. Les effectifs d'oiseaux marins, toutes espèces confondues, observés en 2011 par les suivis côtiers (cf. rapport FAME – activité 2) sont illustrés ainsi que les ZPS existantes (LPO – dernière mise à jour en juin 2012). Les zones maritimes susceptibles de présenter des interactions potentielles entre parc éolien et oiseaux marins à l'échelle du territoire ou d'une façade maritime sont ainsi mises en valeur graphiquement.

Au total, les 5 projets de parcs représentent une superficie maritime de 328 km² et les éoliennes seront espacées en moyenne de 800 mètres (de 600 à 1000 mètres).

Le lot n°4 de Saint-Brieuc est de loin le plus étendu (Fig. 12 – B) en terme de surface maritime engagée mais le consortium affirme que la taille du parc sera similaire aux autres. Ce site est également le plus éloigné des côtes et le plus profond.

Le projet du Tréport (Fig. 12 – A) présente la plus forte densité d'éoliennes pour une superficie comparable aux autres : 140 éoliennes sont envisagées. Ce projet a été refusé pour le lot n°1 de l'appel d'offres.

Les projets du consortium EDF EN (Fig. 12 – A & C) sont similaires sur plusieurs paramètres, cependant le projet envisagé à ce jour à Saint-Nazaire occuperait la totalité de la zone dédiée (lot n°5). Enfin, les projets de Fécamp et Courseulles/mer sont peu éloignés l'un de l'autre, le premier étant à seulement 10 kilomètres de la côte et le second étant prévu au sein d'une ZPS existante.

Un deuxième appel d'offres (prévu initialement pour être lancé avant l'élection présidentielle d'avril 2012), a été annoncé début janvier 2013 par Jean-Marc Ayrault. Cette deuxième offre comprend deux zones propices : l'une est située au large du Tréport (Seine-Maritime, ancien projet des « 2 Côtes »), et l'autre au large de Noirmoutier (Vendée). De plus, la mise à disposition d'informations provenant du prédiagnostic de l'un des premiers projets d'éoliennes en mer étudiés par la LPO (ENERTRAG-île de Ré / De Seynes & André, 2009) a permis son ajout dans la présente étude des interactions potentielles entre l'avifaune marine et l'éolien en mer : ce projet est potentiellement concerné par le troisième appel d'offres français, lui-même fortement attendu par la filière (Fig. 13).

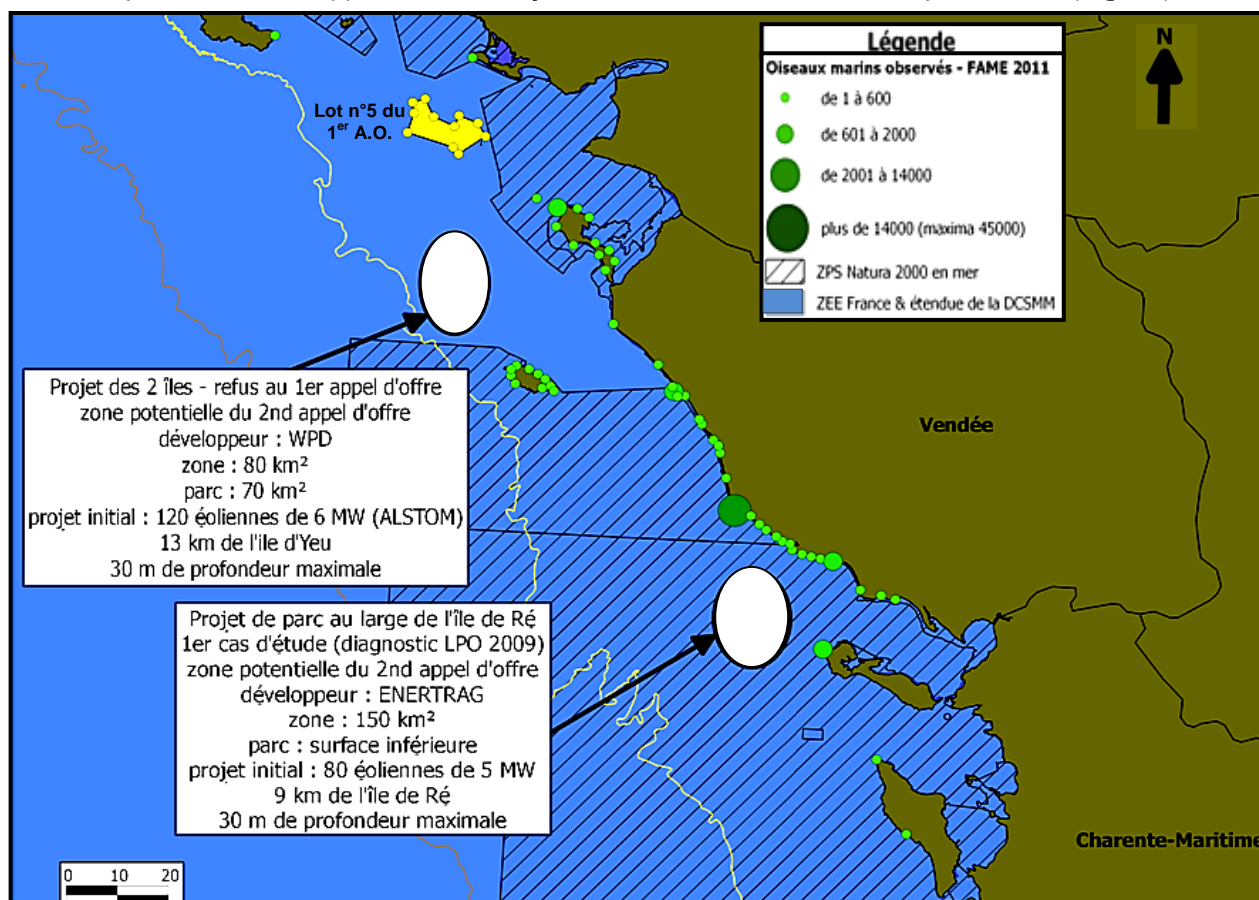


Figure 13 - Présentation de projets de parcs éligibles pour le 2nd (2 îles - Noirmoutier) et potentiellement pour le 3^{ème} appel d'offres (Ré)

Réalisation : P. Farque – Date : 10/08/2012 – © LPO/FAME

La figure 13 concerne deux projets existants de parcs éoliens en mer qui sont potentiellement éligibles à ce jour à condition que la zone maritime en Charente-Maritime soit définie comme propice pour le 3^{ème} appel d'offres par le gouvernement actuel, tout comme l'a été celle en Vendée pour le 2nd.

Bien que non présentée sur la carte ci-dessus, la zone du Tréport (refusée au 1^{er} appel d'offres) est proposée à nouveau par le gouvernement pour le 2nd appel d'offres.

Le projet des 2 îles (Vendée) se projette, quant à lui, sur une zone maritime en dehors des ZPS existantes, et à moins de 30 kilomètres du projet de Saint-Nazaire (Fig. 12 - Lot n°5 au 1^{er} A.O.).

L'ancien projet d'ENERTRAG, moins important en nombre d'éoliennes envisagées, se situe à 13 km de l'île de Ré et sur un site en mer inclus en ZPS.

Ces informations sont issues :

- De la résolution du conseil général de Vendée relative au projet « éolien offshore des 2 îles » adoptée le 22 avril 2011, suite au lancement du 1^{er} appel d'offres de l'Etat.
- Du prédiagnostic ornithologique du projet de parc éolien offshore au large de l'île de Ré (De Seynes & André, LPO, 2009).
- De la consultation du cahier des charges du 1^{er} appel d'offres portant sur des installations éoliennes de production d'électricité en mer en France métropolitaine et rédigé par la Commission de Régulation de l'Energie.

3.4 Echelles spatio-temporelles à considérer dans l'étude des impacts

L'analyse des effets d'un projet doit porter sur les effets directs (immédiats) et indirects (diffus), qu'ils soient permanents ou temporaires. La complexité de cette analyse réside dans le fait que différentes échelles sont à considérer pour une approche globale des impacts, qu'elles soient spatiales (analyse locale, par façade littorale, nationale, transnationale), temporelles ou biologiques (individu, population, espèce, communauté, écosystème).

Afin de décrire et d'évaluer les impacts d'un projet, il convient tout d'abord d'utiliser une approche macroscopique des données bibliographiques sur la zone (façade, région, etc.) pour ensuite détailler à l'échelle du site d'implantation. Les analyses les plus poussées doivent donc être centrées sur le périmètre immédiat du site de projet. Une aire d'étude intermédiaire, centrée sur la zone de projet et de rayon égal à la distance du site à la côte, permet aussi de cerner les relations entre la zone et le littoral pour l'avifaune. Par la suite, le croisement de diverses analyses locales pourra permettre d'appréhender les impacts cumulés des projets sur les populations avifaunistiques (notamment nicheuses) à l'échelle d'une façade littorale ou à l'échelle d'un pays. Cette échelle d'étude, très large, s'inscrit notamment dans une logique d'analyse des effets cumulatifs de l'aménagement éolien avec d'autres activités. Par contre, une évaluation des impacts à l'échelle d'un seul site ne peut être généralisée à toute la filière ni à toutes les zones propices désignées, chaque site ayant ses propres paramètres.

Ainsi, l'approche spatiale à privilégier est premièrement focalisée sur un niveau local, puis elle doit devenir progressivement globale en utilisant une analyse par sous-population, puis par population, puis en ciblant l'espèce et son aire de répartition mondiale. De plus, les impacts doivent être appréhendés à différentes échelles temporelles : jour, saison, année, puis décennie (durée de vie d'un projet en France : 20 ans, en lien avec la durée maximale de la concession d'occupation délivrée). L'analyse des impacts à différentes échelles spatio-temporelles permettra également de mesurer l'efficacité des mesures d'intégration environnementale mises en place sur les mêmes échelles de temps et d'espace. Il est important de prendre en compte la cohérence des mesures entre les parcs, à l'échelle d'une façade littorale, d'un pays ou d'un continent.

Enfin, étant donné que le cumul des impacts de deux activités différentes (ex : pêche et éolien) n'équivaut pas simplement à la somme des impacts de ces deux activités, une approche multi-activités est à privilégier : on parle d'analyse des impacts cumulatifs, et le bilan global de tous ces effets engendrés est complexe à réaliser pour l'avifaune marine, et encore plus pour l'écosystème.

4 INTEGRATION ENVIRONNEMENTALE : LE TRYPTIQUE ERC (EVITER-REDUIRE-COMPENSER)

Les mesures d'insertion environnementale regroupent une succession de différentes mesures à privilégier : les mesures de suppression (on évite l'impact), les mesures de réduction (on atténue l'impact) et les mesures de compensation (on compense l'impact qui n'a pu être évité ou atténué). Ces trois types de mesure sont des exigences de l'étude d'impact. Tous les autres types de mesure sont qualifiés d'actions d'accompagnement du projet et relèvent plutôt d'initiatives locales. Cette présentation n'est pas exhaustive, d'autres mesures que celles décrites ci-dessous peuvent exister, être envisagées, affinées ou même développées *a posteriori* grâce aux retours d'expérience français et étrangers attendus : le suivi obligatoire des impacts et des composantes environnementales d'un parc éolien permettra l'amélioration des connaissances et l'évaluation d'effets encore mal connus (tel que l'attractivité lumineuse).

En fonction de la localisation du site, les exigences de l'Etat sur les mesures d'intégration environnementale à mettre en place obligatoirement peuvent varier. En effet, la Cour de Justice de l'Union Européenne (CJUE) permet aux états membres, dans un arrêté du 21 juillet 2011, d'interdire sans possible dérogation les parcs éoliens dans les sites Natura 2000 ou à proximité directe. Cette décision est également applicable pour les parcs éoliens offshore et les sites N2000 en mer. La CJUE ajoute que la politique de l'Union dans le domaine de l'énergie doit tenir compte de l'exigence de préserver et d'améliorer l'environnement. Pour rappel, le régime de protection des sites Natura 2000 n'interdit pas toute activité humaine, mais nécessite une évaluation préalable des incidences sur l'environnement. Cependant, c'est au juge national de décider de l'implantation ou non d'aérogénérateurs dans les sites Natura 2000 (ZPS) ou à proximité. C'est à ce titre que la loi régionale de la *Regione Puglia* (Italie) du 21 octobre 2008 a interdit sans aucune dérogation possible l'installation d'aérogénérateurs non destinés à l'autoconsommation dans les sites Natura 2000 et dans une zone tampon de 200 mètres. A l'inverse, en France, la désignation des zones propices par l'Etat (le 11 juillet 2011) a montré que la production des énergies marines renouvelables, à travers la plus-value environnementale qu'elle apporte, peut cohabiter avec les outils communautaires de protection de l'environnement (DO et DHFF) dans le cas où le développeur démontre la compatibilité de son projet et du régime de protection du site. En conséquence, les zones « réservées » aux projets en cours sont en majorité situées au voisinage direct ou même à l'intérieur de ZPS existantes sur le littoral français (voir **figures 12 et 13**) et présentent ainsi une certaine connectivité avec les sites protégés : les sites propices à l'éolien sont donc susceptibles d'être entourés de forts effectifs d'oiseaux, sédentaires (hivernants) comme migrateurs. Il appartient donc aux développeurs de s'assurer de l'intégration environnementale suffisante de leurs projets, d'autant plus si ces sites sont dits « particulièrement sensibles ». Ces localisations peuvent se justifier en raison des multiples usages dont fait déjà l'objet la bande côtière française (DPM), le but serait donc de minimiser les conflits d'usages. Une autre manière de justifier ces localisations controversées est représentée par les limites technologiques actuelles de l'éolien offshore posé et l'augmentation rapide de la bathymétrie dans le DPM français. Ainsi, à défaut de transposer et de respecter cette préconisation européenne sur le territoire français, l'Etat et les différents acteurs scientifiques doivent s'assurer de la suffisance des mesures d'intégration mises en place afin que les impacts résiduels sur le milieu ou les espèces ne soient pas significatifs. Pour ce faire, la connaissance actuelle n'est pas suffisante et doit être approfondie.

Les suivis côtiers FAME (observations côtières d'oiseaux marins en 2010, 2011 et 2012) ont montré des effectifs importants sur le littoral français, y compris à l'extérieur des ZPS existantes, avec des variations saisonnières et interannuelles marquées selon les espèces. En partie pour cette raison, et dans le but d'identifier les risques de retard ou de non-réalisation d'un projet, le gouvernement français a imposé une phase dite « levée des risques » d'une durée de 18 mois à la suite de l'attribution des lots (du 6 avril 2012 à octobre 2013 pour le 1^{er} appel d'offres). Pendant cette période, les développeurs s'engagent à développer les campagnes d'études nécessaires pour actualiser et justifier les choix technologiques retenus pour leur projet. Au regard du cahier des charges portant sur les installations éoliennes de production d'électricité en mer en France métropolitaine (MEDDE, 2011), les candidats s'engagent à évaluer quelles mesures environnementales sont suffisantes pour que les impacts résiduels du projet soient non-significatifs. Ils doivent également assurer la mise en œuvre effective de ces mesures d'intégration (traitement des impacts par évitement, réduction ou compensation) et mener le suivi environnemental de la construction jusqu'à la remise en état complète

du site. En fonction de ce travail, l'Etat analyse la cohérence du projet et des mesures proposées : il peut ainsi décider de retirer ou de valider définitivement un projet au développeur. Le rôle des divers acteurs de l'environnement (associations, organismes scientifiques ...) est donc de veiller objectivement, et indépendamment de l'état français, à la suffisance des mesures envisagées, spécialement pour les projets inclus en ZPS marine française ou à très forte proximité. Les mesures à effet diffus (récifs artificiels, réglementation intra-parc, ...), bien que plus difficilement évaluables mais souvent bénéfiques, doivent également être incluses dans le bilan des impacts résiduels.

Ainsi, la LPO recommande de porter une attention particulière aux projets dans leur version finale et aux mesures proposées par les développeurs à l'issue de la période de « levée des risques », d'autant plus que certains sites sont situés dans ou à proximité de ZPS (**Fig. 12 et 13**) et que d'autres sont au voisinage de zones marines à forts effectifs d'oiseaux mais non-inclues en ZPS (Rapport FAME suivis côtiers, 2013). De plus, l'exigence de mesures suffisantes doit également être appliquée à tous les futurs projets éoliens en mer car, pour ceux connus à ce jour, ils montrent aussi une forte proximité avec les zones de protection ou de conservation françaises (**Fig. 12 et 13**), et ce en raison de la contrainte bathymétrique imposée par l'éolien posé.

4.1 Mesures d'évitement et de suppression des impacts

4.1.1 Désignation des zones propices

D'après *Exo et al.* (2003), il est considéré comme délicat, voire inacceptable, d'envisager des parcs éoliens à proximité ou à l'intérieur d'IBAs ou d'AMP. En effet, l'intensité des impacts varie avec la proximité des oiseaux, et ces zones préalablement désignées en ZPS peuvent être le refuge d'oiseaux marins nicheurs ou migrateurs utilisant les zones proches pour s'alimenter : le risque varie cependant en fonction des saisons mais aussi des effectifs et des espèces d'oiseaux présents.

L'état français définit des zones marines propices à l'éolien offshore en fonction de divers paramètres comme la bathymétrie, la puissance des vents locaux, etc. La richesse avifaunistique du site et l'utilisation qu'en font les pêcheurs sont également des paramètres pris en compte. Ainsi, lorsque cela concorde avec les autres paramètres, la richesse faunistique des sites désignés sera la plus faible possible, permettant de supprimer/éviter les interactions avec certaines espèces par exemple. Le choix des sites d'implantation est la première mesure pour supprimer les risques de collision. Pour l'avifaune marine, il est ainsi préférable d'éviter les secteurs sensibles en général, tels que les zones protégées ou d'intérêt, les axes migratoires des oiseaux migrateurs et les couloirs de déplacement entre les diverses zones écologiques fonctionnelles des espèces sédentaires.

4.1.2 Modulation de la forme et de la taille du parc

Les développeurs prennent en compte les axes migratoires principaux et les déplacements locaux des oiseaux pour définir la forme générale du parc et son orientation, déjà influencée par de nombreux autres paramètres comme la superficie de la zone propice, la bathymétrie, les ZPS existantes et l'impact visuel pour les riverains. De préférence, le parc aura une forme longiligne orientée parallèlement aux axes migratoires principaux (couloir de migration Est-Atlantique, orienté Nord-Sud) ou aux déplacements alimentaires (pas toujours perpendiculaires à la côte, selon la ressource). L'espacement suffisant entre les éoliennes (de 600 à 1000 mètres) est une des possibilités pouvant permettre de minimiser la perte d'habitat, le dérangement et les collisions pour les oiseaux marins. Il a d'ailleurs été montré que le comportement des oiseaux diffère entre un parc éolien spacieux et un parc dense en aérogénérateurs : plus les éoliennes sont distantes entre elles, plus les oiseaux ont tendance à voler ou à nager entre, ce qui modifie la réaction d'évitement et le risque de collision (*Boon et al.*, 2010). A l'inverse, un parc très dense en éoliennes permet de réduire l'empreinte maritime en termes de surface, et modifie ainsi l'impact du dérangement (le détour nécessaire à l'évitement du parc est réduit). De plus, il est possible d'aménager des trouées ou couloirs de passage lorsque des déplacements connus d'oiseaux marins se font en direction de la face la plus large du parc (**Fig. 15**). Cette solution peut réduire sensiblement le risque de collision lors du passage d'oiseaux migrateurs (*Everaert et al.*, 2002). Enfin, la taille du rotor est également un paramètre influant le risque de collision comme l'ont montré certaines études sur l'éolien terrestre (*Boon et al.*, 2010). Ainsi, plus grand est le rotor, moins nombreux sont les oiseaux victimes par m² de surface de pale et par quantité d'énergie produite (*Haskoning*, 2009) : il semble donc préférable de chercher le gigantisme des structures pour diminuer le nombre d'aérogénérateurs sur un site.

4.2 Mesures d'atténuation ou réductrices d'impacts

4.2.1 Adaptation de la signalisation du parc et attractivité des oiseaux

Les modalités de balisage des éoliennes en France sont définies dans l'arrêté du 13 novembre 2011. Aucune dérogation n'est possible, la totalité des éoliennes doit être balisée (diurne et nocturne) : par exemple, une peinture blanche est apposée sur les parties aériennes (fût, nacelle, pâle) alors que la base des mâts et les fondations sont en jaune (marquage spécifique).

Le balisage lumineux se définit selon les directives de l'Association Internationale de Signalisation Maritime (AISM) pour la partie maritime et celles de l'aviation civile pour la partie aérienne. Ainsi, il n'est pas possible d'adapter le balisage en fonction de l'attractivité qu'il induit sur les oiseaux, sauf en cas d'accord avec ces autorités compétentes. Il existe pourtant des solutions (telles l'ajout de lumière rouge, de peinture fluorescente et d'ultrasons) qui pourraient être utilisées comme signaux d'effarouchement à l'approche d'un oiseau (Degraer, 2011). Pour les oiseaux de passage, cet effarouchement est efficace mais pour les oiseaux qui cherchent à utiliser la zone pour l'alimentation ou le repos (sédentaires et migrateurs), cette mesure pourrait avoir un effet négatif en raison du dérangement plus important que cela provoquerait chez des oiseaux accoutumés aux éoliennes (Boon *et al.*, 2010).

Par manque de retour d'expérience, les évaluations par analogie aux activités industrielles offshore similaires sont à privilégier dans un premier temps (retour d'expérience des plateformes pétrolières). Cependant, il reste difficile de prévoir et de quantifier les conséquences de l'attractivité des oiseaux par une source lumineuse. En effet, la nature, la couleur et le rythme de clignotement adéquats ne sont pas unanimement reconnus (Weed, 2006), d'autant plus qu'en mer, les facteurs influençant l'attractivité semblent plus complexes : la nuit, comme il y a peu d'infrastructures humaines marines, les oiseaux marins assimilent un point lumineux à un bateau ou à une terre émergée (île, littoral), ils se dirigent alors dans sa direction lorsqu'ils veulent se reposer ou se nourrir, en halte migratoire par exemple, ou lorsque des conditions météorologiques défavorables leur imposent de trouver rapidement un reposoir (tempêtes). D'ailleurs, l'utilisation d'un éclairage intermittent à la place d'un balisage permanent est un des thèmes de recherche à développer, afin d'évaluer l'efficacité d'une telle mesure. De même, la recherche et la mise en œuvre d'un éclairage de moindre attractivité pour les oiseaux sont des mesures envisageables, mais devront être confrontées aux exigences réglementaires et de sécurité. Enfin, l'éclairage des pâles pourrait réellement permettre aux oiseaux une meilleure détection du rotor en mouvement, s'il n'a pas l'effet inverse (attraction + collision).

En définitive, par manque de connaissances sur l'attractivité lumineuse à ce jour, le balisage des parcs pourrait être minimisé sur décision du préfet maritime, dans le but d'assurer la sécurité en mer tout en évitant un surplus d'attraction pour les oiseaux, par principe de précaution. Un exemple de proposition de signalisation restreinte, émis par La Compagnie du Vent, est présenté ci-contre (**Fig. 14**) : les positions des éoliennes des angles du parc sont signalées systématiquement (Signaux de Position Systématique : SPS) et certaines structures sont aussi balisées lorsqu'elles se situent hors du rayon de portée des signaux SPS et sur une grand côté du parc (I).

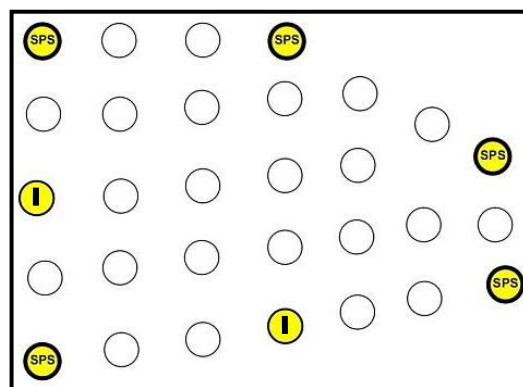


Figure 14 – Exemple de signalisation proposée
Source : La Compagnie du Vent – Le Tréport

Enfin, il est possible de diminuer l'attractivité du site en évitant la création de perchoirs sur les structures qui attirent les sédentaires accoutumés, de jour comme de nuit (alimentation, repos, etc.), et en conservant un niveau de bruit optimal pour les oiseaux afin de les aider à percevoir la présence d'une éolienne par l'audition dans des conditions obscures. Cependant, il existe à ce jour peu d'informations sur les effets du bruit sur les oiseaux marins. De même, il est nécessaire d'examiner les caractéristiques de la vision des oiseaux plutôt que d'appliquer les perspectives de la vision humaine. Il y a donc un besoin pressant d'essais et d'expérimentations de méthodes pour augmenter les connaissances sur les oiseaux marins.

4.2.2 Adaptation du calendrier des travaux

Il est fortement recommandé d'adapter le calendrier des travaux aux espèces d'oiseaux présentes localement à une période de l'année (sédentaires, migrateurs et nicheurs), notamment dans le but d'éviter un dérangement lors des périodes dites « sensibles » pour l'avifaune marine, la période reconnue comme l'une des plus critiques étant celle de la nidification (Boon *et al.*, 2010). De plus, les nombreux trajets des navires lors de la construction en mer doivent être étudiés afin d'éviter des passages récurrents en zone écologique fonctionnelle pour l'avifaune, que le site soit utilisé par une seule ou plusieurs espèces d'oiseaux marins. Au final, définir des fenêtres temporelles adéquates pour la construction et le trafic de maintenance pourrait être une mesure efficace de réduction d'impacts.

4.2.3 Modulation du fonctionnement du parc

La régulation des éoliennes est automatisée et dépend en premier lieu de la vitesse du vent. L'adaptation du fonctionnement du parc aux conditions météorologiques ne se fera pas directement en lien avec la présence et le nombre d'oiseaux marins. Pourtant, l'une des mesures les plus efficaces pour minimiser le risque de collision consiste à arrêter les éoliennes lors de passages d'effectifs importants (Degraer, 2011), ce qui a été rendu possible en Allemagne en cas de migration importante ou de tempêtes : l'autorité réglementaire permet ainsi d'éliminer un risque de collision de masse temporairement élevé.

Pourtant, en France, les développeurs estiment que ce type de mesure est peu envisageable au regard de la faisabilité technique et financière (vent fort = forte productivité), hormis lors de formations de brouillard puisque le parc lui-même s'arrêtera de fonctionner (pas de vent), ou lors de tempêtes en mer peu communes (vents trop forts, supérieurs à 90 km/h).

Dans le but de réduire l'impact des projets sur l'avifaune, il est tout de même fortement recommandé aux développeurs de prendre en compte les saisons et les périodes migratoires connues dans le calendrier de fonctionnement des parcs éoliens, en utilisant par exemple la détection radar pour repérer un groupe d'oiseaux ou des individus isolés se dirigeant vers le parc (limite de détection jusqu'à 6 kilomètres à la ronde avec les avancées technologiques actuelles).

4.2.4 Aménagements au sein du parc

Afin de réduire l'impact sur l'habitat marin, tous les développeurs d'éoliennes posées envisagent l'utilisation des fondations adaptées pour créer un effet « récif » à la base de chaque aérogénérateur, favorisant le maintien ou le développement de la biodiversité aux alentours. Les oiseaux marins, tout comme les pêcheurs, voudront tirer profit de ce gain de ressources alimentaires. L'attractivité du site en tant que zone alimentaire privilégiée des oiseaux marins dépendra donc de la richesse en proies au niveau des fondations et de l'accoutumance des oiseaux marins envers les éoliennes. L'espacement entre les éoliennes est déterminant dans le risque de collision que peut engendrer cette attractivité alimentaire. De plus, la réglementation sur zone à l'égard des autres activités humaines en mer (pêche, navigation...), si elle est restrictive pour ces usages, pourrait permettre de coupler effet « récif » et effet « réserve », ce qui augmenterait encore plus la biomasse locale, et donc aussi l'attractivité des oiseaux marins.

4.3 Mesures compensatoires

Par définition, ces actions positives pour la biodiversité sont mises en œuvre pour contrebalancer les impacts résiduels d'un projet sur l'environnement : elles doivent générer un gain net en biodiversité supérieur à la perte occasionnée par le projet (notion d'additionnalité). Elles n'interviennent qu'après les mesures de suppression ou de réduction d'impact. Une mesure compensatoire se met en place à l'extérieur du site impacté et ne cible pas directement les oiseaux mais plutôt un habitat.

Ces mesures doivent être pérennes et garantir la durabilité de la vocation écologique des espaces naturels qui font l'objet d'une compensation : l'acquisition foncière est souvent indispensable pour procéder à ces mesures. Cependant, en mer territoriale, les développeurs n'ont pas la liberté d'acquérir une zone marine (celle du projet est une concession) afin de permettre la mise en place de

zones « refuge » par exemple (récifs artificiels, nurseries, etc.). En conséquence, il existe peu d'exemple de mesures compensatoires mises en place et le retour d'expérience sur ce type de mesures en Europe est faible.

Les zones d'intérêt avifaunistique déjà existantes à proximité des sites de projets éoliens, telles que les Important Bird Areas (IBAs), les outils Natura 2000 en mer (ZPS, ZSC) ou les aires marines protégées (AMP, réserve naturelle, parc marin), sont des espaces maritimes désignés pour leur importance en terme d'écologie : ils représentent le meilleur vecteur pour mettre en place des mesures compensatoires pour l'environnement marin et l'avifaune localement.

Lorsqu'un impact résiduel est jugé trop important, de nouvelles zones protégées peuvent être créées s'il n'est pas possible d'agrandir celles pré-existantes : cette solution est envisagée particulièrement lorsque le projet de parc se situe sur une IBAs pour certaines espèces protégées (Degraer, 2011). D'ailleurs, la proximité voire la localisation en ZPS de certains projets éoliens pourrait logiquement aboutir à un soutien financier envers les structures gestionnaires dans le but d'optimiser la conservation de ces mêmes zones protégées (élargissement de la ZPS, création de corridors écologiques, etc.).

4.4 Actions d'accompagnement du projet : une taxe «éolien offshore»

La législation française relative à l'éolien en mer a déjà anticipé cette forme de mesures en rendant obligatoire la mise en place d'une taxe « éolien en mer » qui sera reversée aux divers acteurs locaux, dans le but de favoriser les initiatives locales. Les développeurs d'éolien offshore peuvent donc participer indirectement à divers programmes environnementaux par le biais de ce financement.

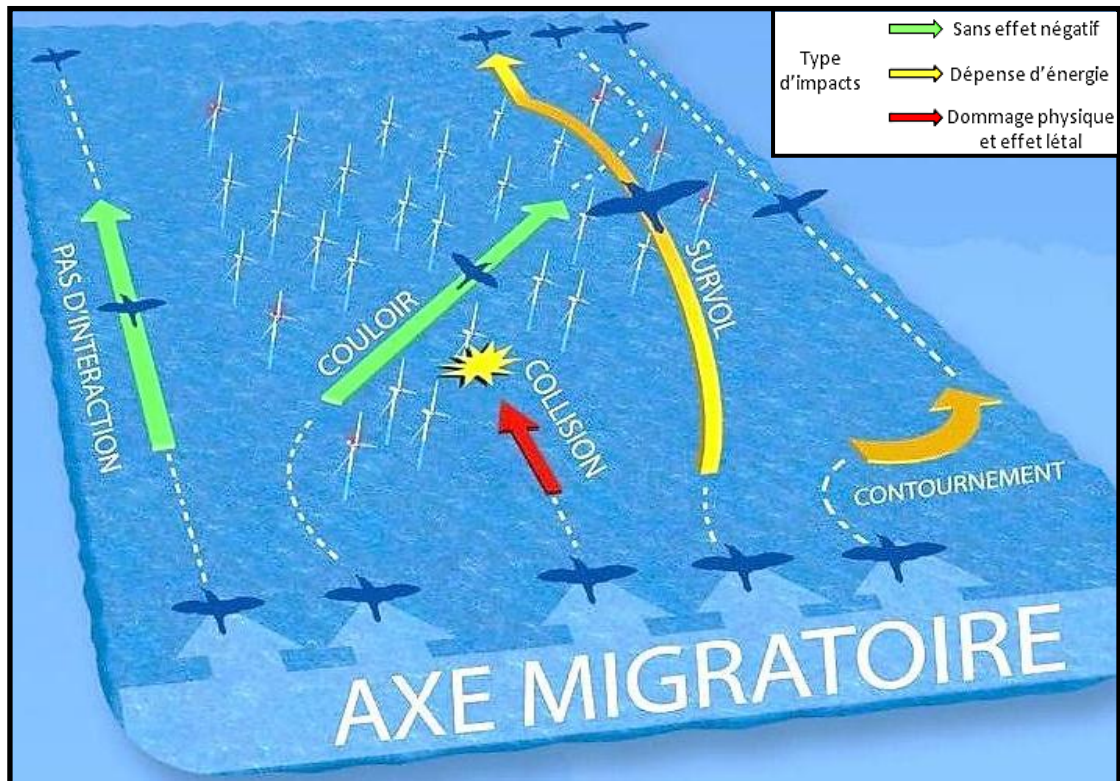
Le décret, paru le 28 janvier 2012 au Journal Officiel de la République Française (JORF), a été intégré au code général des impôts à l'article 1519 B (par décret n°2012-653 du 4 mai 2012). Il prévoit une taxe de 14 113 euros/an/MW installé (avec une réévaluation chaque année), qui sera reversée à hauteur de 35% pour les pêcheurs professionnels (comité national, régionaux et départementaux), de 50% aux communes littorales impactées visuellement (rayon de 12 milles marins, soit 22,2 km) et de 15% au « *financement de projets concourant au développement durable des autres activités maritimes* ».

Les régions, les départements, les collectivités, ainsi que les gestionnaires d'espaces protégés et les associations locales de défense de l'environnement pourraient donc se voir reverser une partie de cette taxe afin d'impulser localement, entre autres, des programmes de conservation, de protection ou de restauration du milieu ou d'espèces.

4.5 Résumé des effets et de leur possible insertion environnementale

Les interactions et certaines mesures d'intégration environnementale sont résumées ci-dessous dans un extrait du panneau FAME « éolien et oiseaux marins » conçu en 2 parties à partir de la littérature disponible (**Fig. 15**). Deux types d'interactions y sont illustrés : l'interaction avec les oiseaux marins représente les effets directs sur l'oiseau (**A**), l'interaction avec le milieu intègre les effets indirects pour l'avifaune (**B**).

Les interactions sont ainsi classées en 2 types ayant différentes solutions d'aménagement. Le comportement potentiel des oiseaux à l'encontre d'un parc y est d'abord schématisé : les flèches représentent l'intensité de l'impact négatif sur l'oiseau, allant du vert pour un impact nul au rouge pour un impact fort.



A)

B)



Figure 15 – Interactions potentielles entre parcs éoliens en mer et oiseaux marins (extrait panneau FAME)

Réalisation : P. Farque – Date : 28/05/2012 – © LPO / FAME

Exemples de mesures d'intégration pour l'avifaune (selon Drewitt & Langston, 2006) :

- 1 – les principaux sites d'importance pour la conservation et la sensibilité sont évités (zone écologique fonctionnelle, zone de forte densité en proies, de concentration d'oiseaux, etc.).
- 2 – des pratiques appropriées de travail sont appliquées pour respecter et protéger les habitats.
- 3 – l'information adéquate est fournie au personnel du site et, dans les zones particulièrement sensibles, un écologiste est employé pendant la construction.
- 4 – un programme de contrôle et de suivi approuvé et planifié est mis en œuvre.

- 5 – les fondations sont proches les unes des autres pour minimiser l'empreinte spatiale d'un parc en mer (sous réserve de contraintes techniques telles l'espacement entre turbines).
- 6 – l'agencement des turbines est étudié pour éviter de former une barrière aux trajectoires de vol principales et pour fournir des couloirs de passage au sein des grands parcs éoliens.
- 7 – la visibilité des pâles du rotor est augmentée par utilisation de modèles de contraste élevé ou de peinture Ultra-Violet sur les lames, ce qui accroît leur visibilité pour les oiseaux.
- 8 – la construction et les visites d'entretien doivent être bien planifiées (temps réduit, route utilisée) afin d'éviter les périodes dites « sensibles » pour les oiseaux et réduire la perturbation induite par les bateaux, les hélicoptères et le personnel de maintenance.
- 9 – des travaux d'amélioration de l'habitat des espèces utilisant le site sont mis en œuvre.

4.6 L'éolien en mer : une opportunité pour de nombreux enjeux ...

L'émergence de projets éoliens en mer est une opportunité pour concilier écologie et production d'énergie, améliorer le dialogue entre acteurs de la mer (concertations et débats publics), préserver l'environnement marin (effet réserve par réglementation des usages et effet récif) et augmenter les connaissances sur l'avifaune en mer (plateformes scientifiques...). En effet, l'éolien, sous l'impulsion de la réglementation, est un formidable vecteur de rapprochement des pêcheurs, des industriels, des élus et de l'Etat, des scientifiques et des structures de protection de la nature.

Etant donné que le contexte actuel français n'a pas permis de réunir l'ensemble des informations recherchées dans le cadre de FAME, le principal résultat à retenir est la volonté des porteurs de projet, du moins certains, à participer activement à l'amélioration des connaissances, conscients de leur rôle de précurseur dans des études complètes *in situ*. A ce titre, certains développeurs ont d'ores et déjà confié qu'un transfert de données à la LPO est envisageable, sous clause de confidentialité si nécessaire.

5 CUMUL D'ACTIVITES ANTHROPIQUES ET VARIABILITE DES IMPACTS CUMULATIFS POUR LES OISEAUX

Le point le plus complexe sera celui de la compatibilité avec d'autres usages, notamment la pêche et le tourisme, d'où l'importance d'un travail précoce de concertation et de développement de l'emploi local. Par ailleurs, l'acceptabilité sociale et environnementale pourrait être plus élevée si ces sites accueillent des technologies hybrides (couplage avec houlomoteur et hydrolien) et des usages associés comme l'aquaculture afin de réduire l'étalement et la fragmentation maritime. D'ailleurs, la possibilité d'associer des cultures marines au sein de champs éoliens offshore est explorée sur les côtes allemandes (Buck *et al.*, 2004), les difficultés étant surtout d'ordre réglementaire (double-usage d'une même zone). La compatibilité avec le développement du réseau d'aires marines protégées et leurs divers niveaux de protection sera également un facteur à considérer.

5.1 Pêche comme activité structurante du milieu et conflits d'usages

En France, les appels d'offres sur l'éolien offshore concernent principalement des multinationales (GDF-Suez, EDF EN, Siemens, Iberdrola, Alstom, Areva, Eiffage, Vinci, etc.). Ces opérateurs et la pêche côtière française (récréative comme professionnelle) devront cohabiter alors même que la pêche sera l'activité humaine la plus impactée par les infrastructures offshore.

Activité traditionnelle et encore parfois artisanale, la pêche exploite le milieu par « intermittence », et les pêcheurs possèdent un certain statut d'ancienneté sur les zones désignées. En effet, bien qu'ils utilisent différentes zones marines de manière temporaire, la majorité se concentre dans la bande des douze milles marins (zone littorale), naturellement plus exploitée et convoitée en raison du rayon d'action moyen d'un navire de pêche professionnelle français : les ¾ des navires sont

inférieurs à 12 mètres et pratiquent une pêche côtière (Thébaud *et al.*, 2008). Le caractère « permanent » d'un parc éolien en mer, tout du moins pour 20 ans, ne doit donc pas empêcher ou modifier l'extraction ponctuelle de ressources alimentaires par les pêcheurs locaux.

Ces usagers ont une connaissance du milieu acquise sur le long-terme qu'il faut prendre en compte et respecter. Une action pourrait être la réalisation ou l'actualisation d'un schéma d'aménagement maritime concerté avec les pêcheurs dont l'objectif serait la gestion intégrée des activités humaines et des écosystèmes.

Ainsi, des mesures (« taxe éolienne », réglementation adaptée, mesures compensatoires) prennent forme à la suite des concertations engagées entre les 2 secteurs. Certains consortiums ont même déjà signé une charte avec des comités de pêche, et anticipent toutes une série de mesures pour la pêche en mer, à court et long-terme (EDF EN et le CNPMM ; IBERDROLA et le CRPMM St-Brieuc).

De plus, la pêche exerce un pouvoir attractif sur la plupart des oiseaux marins, rendant complexe l'analyse des comportements aviaires en présence de ces deux activités. Alors que les éoliennes créent un dérangement de l'avifaune, les bateaux de pêche sont très attractifs. Le problème se pose donc aux alentours et au sein d'un parc éolien puisque ces activités entraînent des effets non-additifs et parfois inverses sur les oiseaux (impacts cumulatifs), ce qui pourrait augmenter significativement les risques de collision avec les structures offshore ou de captures accidentelles dans les engins de pêche.

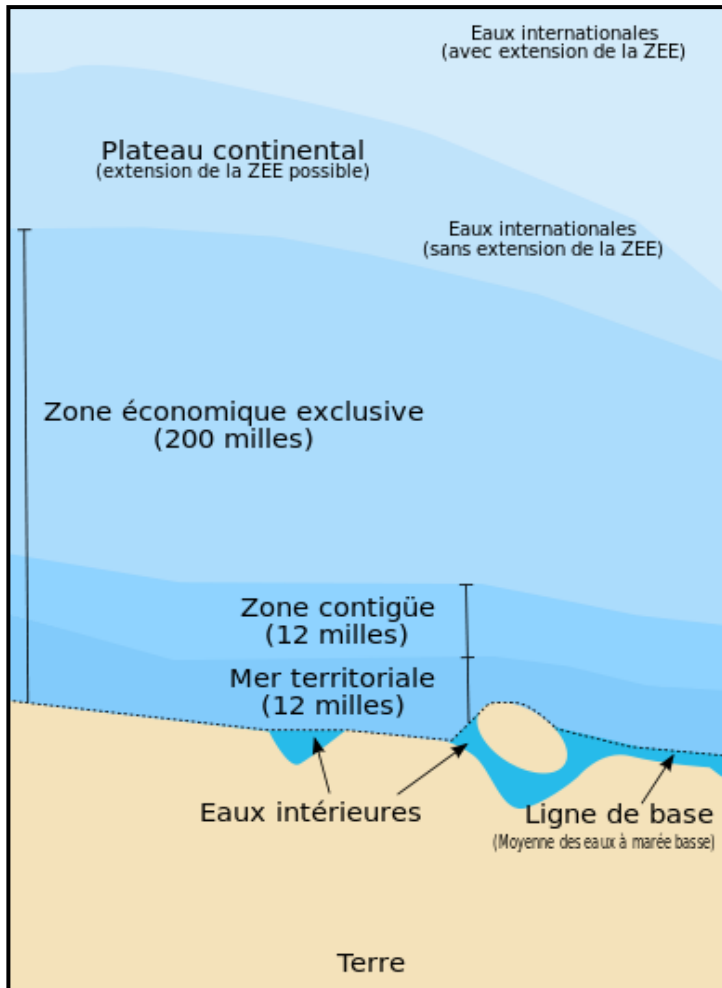
Enfin, le cumul des 2 activités anthropiques semble influencer fortement la distribution locale de l'avifaune (Leopold *et al.*, 2009), pouvant masquer le rôle d'autres facteurs déterminants pour modéliser les impacts.

5.2 Eolien en mer et nouvelles technologies françaises

Actuellement, il existe de nombreuses pistes d'amélioration pour l'éolien en mer, certaines étant déjà en phase de concrétisation et qualifiées de « projet novateur ». Parmi ceux-ci, l'éolien flottant est une des optimisation-clé pour l'avenir, et l'on parle d'éolienne « 2^{ème} génération » permettant une implantation far-shore, où les profondeurs et l'éloignement à la côte sont importants. A mesure que l'on s'éloigne de la côte, la richesse spécifique de l'avifaune marine diminue (Gouverneur & Jouet, 2012), et il devrait donc y avoir moins d'espèces susceptibles de fréquenter les zones d'implantation.

Cependant, si les espèces observées sur zone ont un statut de conservation défavorable (statut UICN...), l'éolien flottant ne peut être qualifié comme propice sur ce site. A l'heure où les zones marines côtières subissent une fragmentation grandissante, s'affranchir de la bathymétrie permet donc d'apporter un certain nombre d'avantages : l'éolien offshore peut être envisagé plus au large grâce à un système de ballast, dans des zones de moindre conflit d'usages entre les activités humaines (pêche, tourisme, ...), tout en diminuant l'impact paysager et les interactions avec l'avifaune marine (certaines espèces) et les chiroptères. De plus, les plateformes flottantes envisagées permettront de minimiser l'impact sur le benthos en comparaison à l'éolien posé qui nécessite des travaux sous-marins endommageant fortement les fonds (câblage, fondations), ce qui peut se répercuter à travers toute la chaîne alimentaire, y compris sur les oiseaux marins (Pearce-Higgins *et al.*, 2012). Enfin, le démantèlement, qui est obligatoire, sera fortement simplifié par le procédé flottant, tout comme la construction (assemblage en port ou proche des côtes et remorquage jusqu'à la zone de parc). De nombreux avantages peuvent ainsi être mis en avant : par exemple, le bruit émis pendant la construction et la maintenance est susceptible de perturber les oiseaux au-delà du bruit ambiant naturel (Madsen *et al.*, 2006), mais on peut estimer que ces perturbations seront minimales pour la mise en œuvre de dispositifs flottants qui n'implique ni forage, ni battage (Thomsen *et al.*, 2006 ; Snyder & Kaiser, 2009).

Les industriels français participent pleinement aux innovations dans le secteur, notamment sur les fondations, en raison de l'augmentation rapide de la bathymétrie du plateau continental français en comparaison aux pays de la mer du Nord. Cette contrainte confine actuellement l'utilisation de l'éolien posé au Domaine Public Maritime français (12 milles marins) ou à la zone contigüe (voir **Fig. 16**). Cette limite actuelle, à la fois technique (technologie) et physique (bathymétrie), ajoute ainsi des conflits d'usages dans la mer territoriale et ses abords, compte tenu de l'occupation déjà existante de la bande côtière et de la législation précise et complexe du DPM.



Un des projets éolien flottant les plus avancés à ce jour se nomme Winflo (Wind turbine with Innovative design for Floating Lightweight Offshore) et est piloté par Nass&Wind (associé à DCNS et l'Ifremer), partenaire du consortium EDF EN et membre de la société Eolien Maritime France qui en découle. Il existe aussi le projet d'éoliennes flottantes Diwet, lui aussi labellisé par le pôle Mer Bretagne, tout comme 2 autres projets pour l'éolien flottant labellisés par le pôle Mer PACA (French WindWaveFloat : plateforme éolienne couplée à l'houlomoteur ; Vertiwind : éolienne flottante à axe vertical).

Figure 16 – Schéma des zones maritimes d'après le droit international de la mer – Source : Historicaïr © licence Creative Commons (CC – BY – SA)

De plus, les diagnostics environnementaux classiques réalisés avant toute construction pourront être plus complets à l'aide de bouées de mesures en mer (BLIDAR, SIMEO), permettant l'obtention de données continues en milieu marin sur les sites d'implantation (vent, richesse biologique, ...). Par exemple, le projet SIMEO, développé par BIOTOPE en partenariat avec l'IFREMER et l'IRD, prévoit l'intégration, sur une même bouée, d'instruments de mesure de pointe : radar, sondeur, vidéo, mesures de sons et de météo, courantomètre, ainsi que des sondes pour analyser l'eau (température, salinité, etc.). Cette bouée sera divisée en 3 parties (une aérienne, une centrale et une sous-marine) et sera autonome en énergie tout en assurant le transfert continu des données à terre, devant permettre aux scientifiques d'obtenir des données en continu et plus complètes sur les vertébrés marins que par les traditionnelles campagnes sur zone. Enfin, pendant les phases de construction, fonctionnement et démantèlement, le recours à des plateformes de recherche ou des mâts de mesure équipés d'une multitude d'instruments de mesure (type plateforme FINO à HornsRev ou RAVE à AlphaVentus) permettrait un meilleur suivi des interactions réelles existantes entre un parc éolien et l'avifaune marine.

Des alternatives très innovantes, voire expérimentales, pourront peut-être permettre de minimiser encore les impacts sur l'environnement marin et l'avifaune. Par exemple, des aérogénérateurs hybrides ont été imaginés en s'inspirant des roues à aube et combinent intelligemment éoliennes et hydroliennes sans utiliser de mât ou d'hélice. Industrialisé, ce système pourrait diminuer les coûts de production, les impacts environnementaux, l'impact visuel et l'impact acoustique. Il convient donc de poursuivre les efforts en recherche et développement afin de permettre l'essor de nouvelles technologies et l'amélioration de l'intégration sociale et environnementale des projets.

Enfin, des projets portant sur le design visent à améliorer le biomimétisme des structures productrices d'énergie en mer. Ce principe consiste à s'inspirer de formes naturelles ayant les mêmes fonctions/propriétés pour dessiner la structure productrice d'énergie. Le cryptisme est également envisagé : des projets tels que des turbines marémotrices intégrées au sein de falaises littorales sont déjà en cours au Danemark (projet ALDA).

5.3 Développement d'autres énergies marines renouvelables

En France, les efforts s'accroissent sur l'hydrolien, système qui utilise l'énergie des courants. Les stades de développement sont différents : prototype ALSTOM immergé à Paimpol-Bréhat, mesurant 30 mètres de haut et développé par EDF SA ; BluStream est une hydrolienne 2^{ème} génération plus petite et orientable ; SABELLA est un projet au large d'Ouessant soutenu par GDF Suez ; OpenHydro est un autre modèle en développement. Le projet de parc démonstrateur d'hydroliennes d'EDF (4 hydroliennes immergées au large de Paimpol) se concrétise, sa mise en service est prévue pour 2013 et son intégration environnementale a été soigneusement anticipée (concertations multiples...).

Des projets marémoteurs et houlomoteurs innovants sont également en développement, ils sont à combiner tant que possible avec l'éolien flottant ou posé pour limiter à la fois l'extension des zones de production d'énergies marines et la généralisation des perturbations en mer pour l'avifaune. La France est un pays précurseur en termes de projets marémoteurs puisque l'usine marémotrice de La Rance (Bretagne), 1^{ère} mondiale, se situe en estuaire et fonctionne depuis 1967. Le projet houlomoteur PELAMIS, développé à la Réunion, a pour objectif la production d'électricité à partir de l'énergie de la houle récupérée sur 30 machines flottantes de 1 MW. Quant à lui, le projet SEM-REV de l'école centrale de Nantes expérimente la récupération de l'énergie des vagues sur un site en mer à proximité de Saint-Nazaire.

D'autres systèmes de production d'énergie sont en développement tels que l'osmose (utilisation de gradient de salinité), la géothermie, la biomasse marine, etc. Le projet « Energie Thermique des Mers » (ETM) sur l'île de la Réunion en est un exemple : piloté par la DCNS, ce projet a l'objectif d'utiliser la différence de température des masses d'eau pour faire fonctionner, par procédé thermodynamique classique, une machine thermique flottante qui produira alors de l'électricité.

Au final, les impacts des différentes technologies sur le milieu entraînent des interrogations spécifiques, notamment pour les systèmes hybrides pour lesquels on prévoit des effets croisés non additifs, comme par exemple la combinaison éolien / houlomoteur.

6 CONCLUSION

Dans le but d'améliorer les connaissances, les travaux de recherche sur l'avifaune marine du Golfe de Gascogne et de la Manche/Mer du Nord nécessitent de déployer les moyens techniques et financiers pour l'observation in-situ.

En raison de connaissances incomplètes, la prise en compte des enjeux environnementaux dans l'essor de l'éolien en mer n'est pas parfaite (localisation de projet en ZPS, etc.). Les projets éoliens offshore français représentent cependant l'opportunité idéale pour augmenter localement les connaissances en mer, en raison de moyens techniques et financiers sans précédent. Ainsi, la LPO recommande de porter une attention particulière aux projets dans leur version finale et aux mesures proposées par les développeurs à l'issue de la période de « levée des risques ». Cette exigence de mesures environnementales suffisantes doit être d'autant plus respectée que les sites de projet éolien se situent à proximité de ZPS existantes (certains y sont même inclus). La vigilance ne doit pas être moindre pour autant envers les autres projets puisque certains se situent au voisinage de zones marines non-inclues en ZPS montrant pourtant de forts effectifs d'oiseaux (FAME suivis côtiers, 2013).

Le contexte technologique actuel permet aussi d'envisager de nouvelles EMR sur le DPM français, tels que l'hydrolien ou l'éolien flottant : ces usages augmenteront la compétition pour l'espace en mer et une organisation raisonnée des zones d'exploitation des ressources doit être mise en place afin de s'assurer que les oiseaux marins et autres entités biologiques du milieu (plancton, annélides, mollusques, crustacés, poissons, céphalopodes, mammifères, etc.) ne soient pas impactés.

L'approfondissement des connaissances sur les oiseaux marins pourra permettre d'identifier les zones écologiques fonctionnelles situées sur le plateau continental français (0 à 200 mètres de profondeur), dans le but de préserver ces entités ainsi qu'une connectivité suffisante entre elles. La multiplication des usages risque d'augmenter les conflits entre activités en mer, et la résolution de ceux-ci passe par une prise de conscience par chacun de ses devoirs et responsabilités envers le milieu et les espèces.

7 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ahlén I., Bach L., Baagøe H.J. & Pettersson J. (2007). **Bats and offshore wind turbines studied in southern Scandinavia**. Vindval, Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm, p. 36.
- Ahlén I., Baagøe H.J. & Bach L. (2009). **Behavior of Scandinavian Bats during Migration and Foraging at Sea**. *Journal of Mammalogy* n°90, pp. 1318-1323.
- Arnett E. B., Huso M.M.P., Schirmacher M.R. & Hayes J.P. (2011). **Altering turbine speed reduces bat mortality at wind-energy facilities**. *Frontiers in Ecology and the Environment* n°9, pp. 209-214.
- Atienza J.C., Martín Fierro I., Infante O., Valls J. y Domínguez J. (2011). **Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos** (versión 3.0). SEO/BirdLife, Madrid.
- Aumüller R., Boos K., Freienstein S., Hill K. & Hill R. (2011). **Description of a bird strike event and its causes at a research platform in the German Bight, North Sea**. *Vogelwarte* n°49, pp. 9-16.
- Baerwald E.F., D'Amours G.H., Klug B.J. & R.M.R. (2008). **Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines**. *Current Biology*, Barclay, vol. 18, pp. 695-696.
- Band W. (2012). **Using a collision risk model to assess bird collision risks for offshore windfarms**. Project Report to the Crown Estate Strategic Ornithological Support Services (SOSS), project SOSS-02.
- Barrios L. & Rodríguez A. (2004). **Behavioural and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines**. *Journal of Applied Ecology* n°41, pp. 72-81.
- Boon A.R., ter Hofstede R., Klok C., Leopold M., Blacquiere G., Poot M.J.M., Kastelein R.A. & Camphuysen C.J. (2010). **Monitoring and researching ecological effects of Dutch offshore wind farms**. *Deltares*, p. 157.
- Brinkmann R. & Schauer-Weissahn H. (2004). **Untersuchungen zu möglichen betriebsbedingten Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse in Südbaden – Zwischenbericht**. – Unveröff.
- Brown M.J., Linton E. & Rees E.C. (1992). **Causes of mortality among wild swans in Britain**. *Wildfowl* n°43, pp. 70-79
- Buck B., Krause G. & Rosenthal H. (2004). **Extensive open ocean aquaculture development within wind farms in Germany: the prospect of offshore co-management and legal constraints**. *Ocean and Coastal management* n°47, pp. 95-122.
- Cadiou B. & Yésou P. (2006). **Population trends of Lesser Black-backed, Herring and Great Black-backed Gulls *Larus fuscus*, *L. argentatus*, *L. marinus* in the Molène archipelago (Brittany, France): A check-up after 50 years of colony monitoring**. *Revue d'Ecologie (La Terre et la Vie)*, n°61, pp. 159-173.
- Cadiou B., Yésou P. & Siorat F. (2007). **Chronique d'une saison difficile pour les oiseaux marins en Bretagne**. *Bretagne Vivante* n°14, pp. 22-25.
- Cadiou B., Février Y., Yésou P., Fortin M. & Le Nuz M. (2011). **Priorités de collecte des données pour l'Observatoire régional des oiseaux marins en Bretagne : éléments d'orientation pour les suivis en mer**. Rapport OROM, Brest, pp. 1-21.
- Cadiou B. (2011). **Cinquième recensement national des oiseaux marins nicheurs en France métropolitaine 2009/2011** - Première synthèse : bilan intermédiaire 2009/2010 et les coordinateurs régionaux, coordinateurs départementaux et coordinateurs-espèce, Mars 2011 – GISOM et AAMP.
- Capoulade M., Quemmerais-Amice G. & Cadiou B. (2010). **La conservation de la sterne de Dougall**. Actes du séminaire du LIFE « Conservation de la sterne de Dougall en Bretagne ». *Penn ar Bed* n°208, pp. 1-134.
- Comolet-Tirman J., Hindermeier X. & Siblet J.-P. (2007). **Liste des oiseaux marins susceptibles de justifier la création de Zones de Protection Spéciale**. Rapport MNHN – S.P.N./MEDDTL, Paris, pp. 1-11.

- Cook A.S.C.P., Wright L.J. & Burton N.H.K. (2012). **A Review of flight heights and avoidance rates of birds in relation to offshore windfarms.** Crown Estate Strategic Ornithological Support Services (SOSS), project SOSS-02.
- Croxall J.P., Butchart S.H.M., Lascelles B., Stattersfield A.J., Sullivan B., Symes A. & Taylor P. (2012). **Seabird conservation status, threats and priority actions: a global assessment.** *Bird Conservation International* n°22, pp 1-34.
- Curtin R. & Prellezo R. (2010). **Understanding marine ecosystem based management: A literature review.** *Marine Policy* n°34, pp. 821-830.
- Cury P. & Morand S. (2004). **Biodiversité marine et changements globaux : une dynamique d'interactions où l'humain est partie prenante.** « in Chevassus B. & Barbault R. » : *Biodiversité et changements globaux, Enjeux de société et défis pour la recherche.* Paris, eds ADPF / ministère des Affaires étrangères, pp. 50-68.
- Dagonne C. (2010). **L'éolien offshore en Europe : état des lieux, politiques, impacts.** Institut d'études politiques de Lyon. Université lumière Lyon 2, pp. 1-107.
- Davies Z.G., Fuller R.A., Dallimer M., Loram A. & Gaston K.J. (2012). **Household Factors Influencing Participation in Bird Feeding Activity: A National Scale Analysis.** *PLoS ONE* n°7.
- Degraer S. (2011). **MER Offshore Windmolenpark NTS Blight Bank.** 07/12194/PV ECOLAS. Belwind, p. 40.
- De Seynes A. & André Y. (2008). **De l'inventaire des connaissances à la définition de protocoles de suivi des oiseaux en mer en prévision du développement des parcs éoliens offshore.** Programme national Eolien & biodiversité. LPO France – ADEME - SER/FEE - MEEDDAT, p. 46.
- De Seynes A. & André Y. (2009). **Projet de parc éolien offshore au large de l'île de Ré : Pré-diagnostic ornithologique.** SEPN - LPO France, p. 116.
- Desholm M. & Kahlert J. (2005). **Avian collision risk at an offshore wind farm.** Department of Wildlife Ecology and Biodiversity, Denmark. *Biology Letters* n°1(3), pp. 296–298.
- Dierschke V. & Daniels J.P. (2003). **Zur Flughöhe ziehender See-, Küsten- und Greifvögel im Seegebiet um Helgoland.** [Flight altitude of migrating seabirds, coastal birds and raptors in the southeastern North Sea.] *Corax* 19, n°2, pp. 35-41.
- Dif G. (1982). **Les oiseaux de mer d'Europe,** eds Arthaud, Paris, juin 1982.
- Drewitt A.L. & Langston R.H.W. (2006). **Assessing the impacts of wind farms on birds.** In « Wind, Fire and Water: Renewable Energy and Birds. » Proceedings of the BOU Conference, University of Leicester, April 2005. *Ibis* n°148, pp.29-42.
- Dupuis V., Jiguet F., Deceuninck B., Micol T. (2011). **Etat et tendances de l'avifaune nicheuse en France métropolitaine** - MNHN/LPO, service édition LPO.
- Elkins N. (1998). **Weather and Bird Behaviour,** eds T. & A. D. Poyser-Colton Angleterre, p. 280.
- Everaert J., Devos K. & Kuijken E. (2002). **Windturbines en vogels in Vlaanderen. Voorlopige onderzoeksresultaten en buitenlandse bevindingen.** Rapport Instituut voor Natuurbehoud. Brussel, p. 76.
- Exo K.M., Hüppop O. & Garthe S. (2003). **Birds and offshore windfarms: a hot topic in marine ecology.** *Water Study Group Bull* n°100, pp. 50-53.
- FAO (2010). **The state of world fisheries and aquaculture.** Rome, Food & Agriculture Organisation, pp. 1-197.
- Furness R.W. (1993). **An assessment of Human hazards to seabirds in the North Sea – WWF International Report,** Department of Zoology, University of Glasgow, February 1993.
- Furness R.W. & Tasker M.L. (2000). **Seabird-fishery interactions: quantifying the sensitivity of seabirds to reductions in sandeel abundance, and identification of key areas for sensitive seabirds in the North Sea.** *Mar. Ecol. Prog.* n°202, pp. 253-264.
- Garthe S. & Hüppop O. (2004). **Scaling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds: developing and applying a vulnerability index.** *J. Appl. Ecol.* n°41, pp. 724-734. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.0021-8901.2004.00918.x/full>

- GISOM (2010) – **Communiqué de presse recensement national oiseaux marins nicheurs.**
- Gouverneur P. & Jouet F. (2012). **Les éoliennes en mer, questions – réponses.** éd. *Le cherche midi*, Lonrai.
- Grémillet D., Pichegru L., Siorat F. & Georges J.Y. (2006). **Conservation implications of the apparent mismatch between population dynamics and foraging effort in French northern gannets from the English Channel.** *Marine Ecology Progress Series* n°319, pp. 15-25.
- Haskoning R. (2009). **Offshore wind farm “Den Helder I” - Environmental Impact Assessment part B - The effects,** project n°9S8680.01, p. 260.
- Henderson I.G., Langston R.H.W. & Clark N. (1996). **The response of common terns *Sterna hirundo* to power lines: an assessment of risk in relation to breeding commitment, age and wind speed.** *Biological Conservation* n°77, pp. 185-192.
- Hötker H., Thomsen K.-M. & Köster H. (2005). **Auswirkungen regenerativer Energiegewinnung auf die biologische Vielfalt am Beispiel der Vögel und Fledermäuse.** *BfNSkripten 142*, Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.), Bonn – Bad Godesberg.
- Hüppop O., Dierschke J., Exo K.M., Friedrich E. & Hill R. (2006). **Bird migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines.** *Ibis* vol.148, pp. 90-109.
- Kaiser M.J., Galanidi M., Showler D.A., Elliott A.J., Caldow R.W.G., Rees E.I.S., Stillman R.A. & Sutherland W.J. (2006). **Distribution and behaviour of common scoter *Melanitta nigra* relative to prey resources and environmental parameters.** *Wind, Fire and Water: Renewable Energy and Birds.* *Ibis* vol.148, pp. 110-128.
- Karlsson J. (1983). **Fåglar och vindkraft. Resultat rapport 1977-1982.** Sweden.
- Krijgsveld K.L., Fijn R.C., Heunks C., Van Horssen P.W., De Fouw J., Collier M., Poot M.J.M., Beuker D. & Dirksen S. (2010). **Effect studies OffshoreWind Farm Egmond aan Zee, Progress report on fluxes and behaviour of flying birds covering 2007 & 2008.** *Bureau Waardenburg* Report 09-023, Culemborg, p. 103.
- Langston R.H.W. & Pullan J.D. (2003) **Windfarms and birds: an analysis of the effects of wind farms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues.** Report by BirdLife International to the Council of Europe, Bern Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats. RSPB/BirdLife in the UK.
- Larsen J. K. & Guillemette M. (2007). **Effects of wind turbines on flight behaviour of wintering common eiders: implications for habitat use and collision risk.** *Journal of Applied Ecology* n°44, pp. 516–522.
- Le Fur F. (2010). **Expertise sur l'étude des impacts des engins de pêche sur les habitats et espèces d'intérêt communautaire - Tome 1 pêche professionnelle – référentiel pour la gestion dans les sites Natura 2000 en mer – AAMP/Ifremer.**
- Leopold M.F., Camphuysen C.J., Verdaat H., Dijkman E.M., Meesters H.W.G., Aarts G.M., Poot M. & Fijn R. (2009). **Local Birds in and around the OffshoreWind Park Egmond aan Zee (OWEZ) (T-0 & T-1) IMARES,** Wageningen UR Report, p. 269.
- Lindeboom H.J., Kouwenhoven H.J., Bergman M.J.N., Bouma S., Brasseur S., Daan R., Fijn R.C., de Haan D., Dirksen S., Hal R., Hille Ris Lambers R., terHofstede R., Krijgsveld K.L., Leopold M. & Scheidatl M. (2011). **Short-term ecological effects of an offshore wind farm in the Dutch coastal zone: a compilation - IOP Publishing environmental research letters,** United-Kingdom, Letter 6, p. 13.
- LPO-BIOTOPE (2008). **Etude des mouvements d'oiseaux par radar – analyse des données existantes,** 2008.
- Maclean I.M.D., Wright L.J., Showler D.A. & Rehfisch M.M. (2009). **A review of assessment methodologies for offshore windfarms.** British Trust for Ornithology (BTO) Report commissioned by COWRIE Ltd. p. 76.
- Madsen P.T., Wahlberg M., Tougaard J., Lucke K. & Tyack P. (2006). **Wind turbine underwater noise and marine mammals: implications of current knowledge and data needs.** *Marine Ecology Progress Series*, vol. 309, pp. 279-295.
- Millenium Ecosystem Assessment (MEA, 2005). **Rapport de synthèse de l'Evaluation des Ecosystèmes pour le Millénaire.** pp. 1-59.

- Merck T. & von Nordheim H. (2000). **Technische Eingriffe in marine Lebensräume**, Workshop des Bundesamtes für Naturschutz, Internationale Naturschutzakademie Insel Vilm, BfN-Skripten 29, Bonn-Bad Godesberg, pp. 27-29.
- Michel P. & Perrot M. (2011). **Etude méthodologique des impacts environnementaux et socio-économiques des énergies marines renouvelables**. Rapport final, Direction générale de l'énergie et du climat, MEDDTL/EGIS Eau, mars 2011, p. 302.
- Mikkola-Roos M., Tiainen J., Below A., Hario M., Lehikoinen A., Lehikoinen E., Lehtiniemi T., Rajasärkkä A., Valkama J. & Väisänen R.A. (2010). **Birds**, pp. 336 – 343 in **2010 Red List of Finnish Species** (Rassi, P., Hyvärinen E., Jusslén A., Mannerkoski I.). Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM, 2010). **Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens**. MEEDDM – DREAL – SER – MNHN – ONF – LPO – ADEME, Actualisation 2010, p. 187 - www.developpement-durable.gouv.fr
- Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE, 2011). **Cahier des charges de l'appel d'offres n° 2011/S 12 6-208873 portant sur des installations éoliennes de production d'électricité en mer en France métropolitaine**. Document officiel, p. 80.
- Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE, 2012). **Etude méthodologique des impacts environnementaux et socio-économiques des énergies marines renouvelables**. Version 2012, p. 361 - http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/120615_etude_version_finale.pdf
- Newton I. (2004). **Population limitation in migrants**, *Ibis* 146, pp. 197-226.
- Nicholls, B. & Racey P. A. (2007). **Bats Avoid Radar Installations: Could Electromagnetic Fields Deter Bats from Colliding with Wind Turbines?** *Plos ONE* 2, p. 293.
- OSPAR (2010). **Bilan de santé 2010**. Commission OSPAR, Londres, pp. 1-176.
- Pearce-Higgins J.W., L. Stephen, A. Douse & R.H.W. Langston (2012). **Greater impacts of wind farms on bird populations during construction than subsequent operation: results of a multi-site and multi-species analysis**. *Journal of Applied Ecology 2012, British Ecological Society* n°49, pp. 386–394.
- Petersen I.K., Christensen T.K., Kahler J., Desholm M. & Fox A.D (2006). **Final results of bird studies at the offshore wind farms at Nysted and Horns Rev, Denmark**. *NERI Report*, p. 166.
- Poot H., Ens B. J., de Vries H., Donners M.A., Wernand M.R. & Marquenie J. M. (2008). **Green light for nocturnally migrating birds**. *Ecology and Society* n°13, p. 47.
- Rahmel U., Bach L., Brinkmann R., Limpens H., Roschen A. (2004). **Wind turbines and bats - Guidelines for an assessment study and for planning aspects**. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz* vol. 7, pp. 265-271.
- Ropert-Coudert Y., Grémillet D., Ryan P., Kato A., Naito Y. & Le Maho Y. (2004). **Between air and water: the plunge dive of the Cape Gannet *Morus capensis***. *Ibis* n°146, pp. 281-290.
- Russell R.W. (2005). **Interactions between migrating birds and offshore oil and gas platforms in the northern Gulf of Mexico: Final Report**. U.S. Dept. of the Interior, Minerals Management Service, Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, LA, p. 348.
- Skov H., Durinck J., Leopold M.F., Tasker M.L. (1995). **Important bird areas for seabirds in the North Sea, including the Channel and Kattegat**. BirdLife International, Cambridge.
- Snyder B. & Kaiser M.J. (2009) - **Ecological and economic cost-benefit analysis of offshore wind energy**. Eds Elsevier, *Renewable Energy* n°34, pp. 1567-1578.
- Stephen D.W. & Krebs J.R. (1986). **Foraging theory. Monographs in behaviour and Ecology**. Princeton University Press, Chichester, UK, p. 247.
- Sutherland W.J. (1996). **From individual behaviour to population ecology**, *Oxford University Press*, UK, 391p. (pp.1-14 & pp. 142-166).
- Tanskanen A. (2012). **Impact on breeding birds of a semi-offshore island-based windmill park in Åland, Northern Baltic Sea**, *Ornis Svecica* n°22, Helsinki, pp. 9-15.

- Thaxter C.B., Daunt F., Hamer K.C., Watanuki Y., Harris M.P., Grémillet D., Peters G. & Wanless S. (2009). **Sex-specific food provisioning in a monomorphic seabird, the common guillemot *Uria aalge*: nest defence, foraging efficiency or parental effort?** *Journal of Avian Biology* n°40, pp. 75–84.
- Thébaud O., Daurès F., Girard S., Guyader O., Le Floch P., Le Gallic B., Mongruel M. (2008). **Données sur la situation économique du secteur de la pêche en France.** UMR-AMURE. Rapport OFIMER / DPMA.
- Thomsen F., Lüdemann K., Kafemann R. & Piper W. (2006). **Effects of offshore wind farm noise on marine mammals and fish.** Biola, Hamburg, Germany on behalf of COWRIE Ltd, p. 62.
- Valéry L. (2010). **Etude de la répartition spatiale des oiseaux marins au large.** Guide méthodologique pour le programme de connaissances Natura 2000 en mer. Rapport MNHN - SPN, juin 2010, pp. 1-8.
- Votier S.C., Birkhead T.R., Oro D., Trinder M. & others (2008). **Recruitment and survival of immature seabirds in relation to oil spills and climate variability.** *J Anim Ecol* n°77, pp. 974-983.
- Walter G., Matthes H. & Joost M. (2005). **Fledermausnachweise bei Offshore-Untersuchungen im Bereich von Nord- und Ostsee.** *Natur- und Umweltschutz* (Zeitschrift Mellumrat) n°4, pp. 8-12.
- Weed C. (2006). **Summary of Wind turbine environmental issues.** Centerville Township Commercial Wind Ordinance Committee, september 2006.
- Wilhelmsson, D., Malm T., Thompson R., Tchou J., Sarantakos G., McCormick N., Luitjens S., Gullström M., Edwards J.K.P., Amir O. & Dubi A. (2010). **Greening Blue Energy: Identifying and managing the biodiversity risks and opportunities of offshore renewable energy.** Gland, Switzerland. IUCN, p. 102.
- Williams J.M., Tasker M.L., Carter I.C. & Webb A. (1995). **A method of assessing seabird vulnerability to surface pollutants.** *Ibis* n°137, pp. 147-152.
- Wilson R.P., Liebsch N., Davies I., Quintana M. & others (2007). **All at sea with animal tracks: methodological and analytical solutions for the resolution of movement.** *Deep-Sea Res II* n°54, pp. 193-210.
- Wiltschko W., Munro U., Ford H. & Wiltschko R. (1993). **Red light disrupts magnetic orientation of migratory birds.** *Nature* n°364, pp. 525–527.
- Winkelman J.E. (1992). **De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels.** DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, RIN-rapport 92/2-5, 4 volumes, Arnhem.
- Yésou P., (2011). **Rapport de l'atelier de synthèse de l'évaluation initiale de la DCSMM.** ONCFS – SRM MMN, IFREMER/AAMP, Paris, septembre 2011.

Annexe I : enquête FAME à destination des responsables environnement des projets éolien ciblés



ENQUETE EOLIEN OFFSHORE & OISEAUX MARINS

Les oiseaux de mer, en prédateurs supérieurs, sont de bons indicateurs de l'état de santé des écosystèmes marins : leur suivi permet d'évaluer les stocks halieutiques en Europe.

Or les risques de décès provoqués par collisions avec les éoliennes augmentent pour ce groupe d'oiseaux avec le développement d'une filière offshore. Cette cause de mortalité est fortement préjudiciable pour les oiseaux marins à longue durée de vie : leur rythme de reproduction est trop lent pour compenser les pertes dues aux activités anthropiques en mer.

C'est pourquoi le programme européen FAME (Futur of the Atlantic Marine Environment) s'intéresse au développement de la filière éolienne offshore à travers le recueil des données par la LPO à l'échelle française afin d'évaluer au préalable les mesures retenues pour minimiser l'impact sur l'avifaune marine et l'environnement marin.

De plus, la LPO coordonne le programme national « éolien – biodiversité » en partenariat avec l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie), le SER-FEE (Syndicat des Energies Renouvelables – France Energie Eolienne) et le MEEDDM (Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer) depuis 2008.

A – Généralités :

- 1 - Nom de la structure interrogée :
- 2 - Nom de la personne et son poste :
- 3 - Appartenance à un groupe de structures (consortiums ou autre) : Oui – Non
Si oui, lequel :
- 4 - Quels partenaires avez-vous ?
- 5 - Votre rôle : investisseur / maître d'ouvrage / fournisseur / exploitant / autre :

B – L'éolienne :


- 1 - Nom du modèle :
- 2 - Puissance : / Longueur de pale (en m) :
- 3 - Hauteur de mât : / Hauteur cumulée (hors sol) :
- 4 - Vitesse de vent minimum : / Vitesse maximum :
- 5 - Type de fondation : jacket – tripode – simple (mono-) – autre :
- 6 - Maintien par : gravitation / pieux dans substrat / flottaison arrimée / autre :
- 7 - Matériau utilisé : béton / métaux / roches / autre :

C – Parc éolien :

- 1 - Nom du site :
- 2 - Distance minimale de la côte :
- 3 - Profondeur (en m) : Marnage (en m) :
- 4 - Substrat : plateau rocheux / sable grossier coquillé / sable fin / vase / autre :
- 5 - Provenance des vents dominants : Ouest – Sud – Est – Nord – autre :
- 6 - Etendue / surface allouée (en ha ou km²) :
- 7 - Surface utilisée au sol pour une éolienne :
- 8 - Total d'éoliennes envisagées et puissance totale : → Mégawatts
- 9 - Investissement total du consortium pour ce site : d'euros

1 mille nautique = 1852 mètres

D – Agencement / Implantation du parc :

- 1 - Forme général : ellipse / cercle / rectangle / losange / rangée / autre, dessiner : 
- 2 - Espacement entre éoliennes (en m) :
- 3 - Micro-sitting (impact visuel, effet sillage) :
- 4 - Y-a-t'il plusieurs variantes du projet ? Combien ?
-

E – Etat initial : Pré-diagnostic, diagnostic & étude d'impact

- 1 - Zone(s) étudiée(s) :
- 2 - Département(s) :
- 3 - Nombre d'organisme(s) en charge du pré-diagnostic & diagnostic :
- 4 - Etat d'avancement de l'évaluation environnementale (diagnostic & pré-diagnostic) :
Non débutée → cadrage préalable → inventaires naturalistes → Terminée
- 5 - Durée totale du diagnostic :
- 6 - Surface totale de la zone d'étude (en km² ou ha) :
- 7 - Votre rôle dans l'évaluation de l'état initial (*moyens humains, matériels, etc.*) :
-
- 8 - Seriez-vous prêt à nous transmettre le diagnostic environnemental pour l'inclure aux autres données du programme FAME (démographie des oiseaux marins en France) ? Oui – Non
- 9 - Seriez-vous enclin à le rendre public pour l'amélioration des connaissances ? Oui – Non
- 10 - Organisme(s) chargé(s) de l'inventaire **halieutique** :
- Durée & période de l'inventaire (mois ou années) :
- Méthodologie / indicateur(s) :

Bilan halieutique : importance du site (nourricerie – éclosion ...) selon espèce(s) :
.....
.....

- 11 - Organisme(s) chargé(s) de l'inventaire **mammalogique** :
- Durée & période de l'inventaire (mois ou années) :
- Méthodologie / indicateur(s) :

Bilan des mammifères marins : nombre d'observations, espèces sur site, période de présence :
.....
.....

- 12 - Organisme(s) chargé(s) de l'inventaire **ornithologique** :
- Durée & période de l'inventaire (mois ou années) :

13 - Moyens mis en œuvre pour l'inventaire **ornitho** : observation par bateau / avion / depuis la côte / mesures radar / mesures infrarouges / autre :

14 - Protocole(s) / indicateur(s) / bibliographie utilisés pour l'inventaire **ornitho** :

.....

15 - Autre(s) étude(s) réalisées : géologie / paysage / sécurité en mer / autre :

16 - Quel(s) organisme(s) est/sont envisagé(s) pour réaliser l'étude d'impact ?

.....

17 - Quelle est la durée prévue pour cette étude ?

18 - A-t'elle été réalisée ? Oui - Non / Si oui, quand ?

19 - Seriez-vous prêt à nous transmettre cette étude d'impact une fois terminée ? Oui – Non

20 - Bilan du diagnostic : *zone bien connue, données complètes inédites, variante(s) rejetée(s)*
.....
.....

F – Bilan ornithologique dans le périmètre d'étude :

- 1 - Liste complète des espèces d'oiseaux observées sur zone & fréquence d'observation :
Oiseaux marins :
.....
→ Proportion d'observations oiseaux marins / total d'oiseaux observés : %
Oiseaux littoraux et terrestres :
.....
→ Proportion d'observations oiseaux littoraux / total d'oiseaux observés : %
- 2 – Nombre total d'espèces & d'individus : espèces et individus
- 3 – Altitude de vol moyenne (en m) :
- 4 - Connaissance du statut de protection du Fou de Bassan : Oui – Non
- 5 - Connaissance du statut de protection du Puffin des Baléares : Oui – Non
- 6 – Observation de groupe(s) d'oiseaux au repos : Oui – Non / Espèce, lieu & fréquence :
.....
.....
- 7 – Migration(s) observée(s) : Oui - Non / Espèce, période, axe migratoire :
.....
.....
- 8 - Site(s) d'alimentation observé(s) : Oui – Non / Nombre de site(s) :
Si oui, lieu(x) & espèces :
- 9 – Colonies / Site(s) de reproduction observé(s) : Oui – Non / Nombre de site(s) :
Si oui, lieu(x) & espèces :
- 10 - Importance du site dans l'aire de répartition des espèces les plus menacées :
Espèce : / Valeur du site : ...*ex* : *nutrition pr 1 population* ...
Espèce : / Valeur du site : ...*ex* : *seul nichoir français*
Espèce : / Valeur du site :
Espèce : / Valeur du site :
Espèce : / Valeur du site :
- 11 - Richesse ornithologique du site, comparée au littoral ouest français (atlantique/manche)
Biodiversité : Forte – Moyenne – Faible
Effectifs : Forts – Moyens – Faibles
- 12 - Avez-vous comparé ces données avec des paramètres environnementaux ? Oui – Non
Lesquels (sédimentologie, courantologie, écotoxicologie, climatologie, météorologie ...) ?
.....
- 13 - Avez-vous comparé ces données ornitho. avec des paramètres anthropiques ? Oui – Non
Lesquels (trafic maritime, pression de pêche, fréquentation du site)?
.....
- 14 - Selon vous, quelles sont les interactions positives pour les oiseaux avec 1 parc éolien ?
.....
- 15 - D'après vous, quelles sont les interactions négatives pour les oiseaux avec 1 parc éolien ?
.....
- 16 - Bilan global : les oiseaux les plus impactées sont globalement
- impact « dérangement migration » : espèce(s) =
- impact « perte d'habitat/ressource » : espèce(s) =
- impact « mortalité/collision » : espèce(s) =
- 17 – Avez-vous observé des chauves-souris sur la zone d'étude ? Oui – Non
- 18 – Si oui, lesquelles, combien, quand & comment ? *ex* : *migration nocturne, détection radar*
.....
.....

G – Bilan socio-économique dans le périmètre d'étude :

- 1 - Concertation réalisée : Oui – Non / Si oui, forme(s), lieu(x), date(s) & fréquence : ...
ex : *débat public*.....
- 2 - Parmi les acteurs/usagers ayant activement participé à la concertation, il y a :
Les élus locaux : Oui – Non / Détails :
Les pêcheurs professionnels : Oui – Non / Détails :
Les associations/ONG : Oui – Non / Détails :
Autre(s) structure(s), précisez :
- 3 - Organisme chargé de l'animation / médiation :
- 4 - Avis général des acteurs/usagers de la mer et variation des avis selon la filière entrevue :
.....
.....

H – Fonctionnement et amélioration des connaissances :

- 1 - Le personnel de maintenance sera-t-il formé à l'identification des oiseaux ? Oui – Non
- 2 - Envisagez-vous la construction de votre propre plateforme de recherche & développement type FINO en France ? Oui – Non / Si oui, quelles mesures et quels équipements ?
- 3 - Envisagez-vous l'installation d'un détecteur de collision « aviaire » ? Oui – Non
- 4 - Les observations seront-elles possibles (caméras, radar, comptages et identification...) ?
.....
- 5 - Dans ce cas, accepteriez-vous de transmettre vos enregistrements, suivis, et toutes données sur les oiseaux à la LPO (passages migratoires, collisions...) ? Oui – Non
- 6 - Et plus généralement sur le milieu (la haute mer : regroupement de bancs de poissons et de prédateurs supérieurs variés, observation de pollutions, ...) ? Oui – Non

I – Intégration environnementale du projet :

- 1 - Avez-vous un budget précis pour l'intégration environnementale ? Oui – Non
Si oui, combien ?
- 2 - Pour le milieu marin/aquatique ? Oui – Non / Combien ?
- 3 - Pour le milieu aérien et l'avifaune ? Oui – Non / Combien ?
- 4 - Les mesures proposées pour l'intégration environnementale sont-elles homogénéisées entre les différents projets français de parcs éoliens en mer ? Oui – Non
Détails :

J – Mesures d'évitement et de suppression :

- 1 - Avez-vous considéré la sensibilité des sites marins pour définir l'emplacement du parc ?
Oui – Non
Détails :
- 2 - Avez-vous considéré la fonction ornithologique des sites pour définir l'emplacement ?
Oui – Non
Détails :
- 3 - Avez-vous pris en compte les principales trajectoires des migrations pour définir la forme et l'orientation du parc ? Oui – Non
Détails :
- 4 - Et les trajectoires des déplacements locaux (alimentation, repos ...) ? Oui – Non
Détails :

K – Mesures réductrices :

→ a - Pour l'environnement marin

1 – Y a-t-il une période propice pour envisager la construction (ex : hors période de ponte et d'élevage des jeunes) ? Oui – Non / Si oui, laquelle et d'après quels paramètres ?

2 – Réduction volontaire des sons & des vibrations dans le milieu aquatique : Oui – Non
Pendant la construction ? Oui – Non
Pendant l'exploitation ? Oui – Non

3 - Solution(s) pour minimiser les sons et vibrations résiduels : Oui – Non
- en phase construction :
- en phase exploitation :

4 - Avez-vous défini le seuil non-nuisible de pollution sonore pour les mammifères marins ?
Et l'environnement marin en général ?

5 – Savez-vous comment réduire l'altération des fonds marins lors de la construction ?

6 - Envisagez-vous d'adapter les fondations pour favoriser l'effet « récif » ? Oui – Non
Comment ?

7 - Pensez-vous utiliser les fondations pour y fixer des cages d'aqua/pisciculture ? Oui – Non

→ b - Pour les oiseaux marins

1 - Envisagez-vous des constructions empêchant l'effet perchoir au sommet des éoliennes ?
Oui – Non / Quelles mesures pour empêcher cet effet attractif ? *ex : mât cylindrique, ondes*

2 - Quelle sera la signalétique (nature, couleur, rythme) et sa localisation dans le parc ?
Maritime :
Aérienne :

3 - Le balisage maritime du parc est-il décidé par la commission nautique ? Oui – Non

4 - Le balisage aérien du parc est-il décidé par l'aviation civile ? Oui – Non

5 – Si non, qui décide du balisage maritime ? / aérien ?

6 - Effarouchement visuel envisagé : Oui – Non / Type :

7 - Effarouchement sonore envisagé : Oui – Non / Type :

8 - Combien par éolienne ?

9 - Seriez-vous prêt à arrêter les pâles lors de pics migratoires connus ou détectés ?

10 - Envisagez-vous l'arrêt des pâles lors de conditions météorologiques très défavorables pour les oiseaux (pluie, tempête, brouillard) ?

L – Mesures compensatoires :

(si impacts résiduels trop importants au sein du parc)

1 - Mesures compensatoires envisagées pour les impacts résiduels et lieu(x) :
ex : dérangement

2 - Envisagez-vous de reporter vos efforts de compensation et de réduction des impacts environnementaux au service de la conservation marine ? Oui – Non
Si oui, comment ? (ex : coordination avec AMP, réserve, parc naturel marin...).....

3 - Envisagez-vous des mesures compensatoires en faveur des oiseaux marins en reportant vos efforts sur d'autres secteurs impactant pour eux (trafic maritime, chat sauvage, pêche, pollution plastique) ? Oui – Non
En investissant dans la recherche ou le développement de techniques nouvelles ? Oui – Non

M – Bilan des impacts & risques

1 - Liste des principaux enjeux identifiés :

2 - Désignation de l'impact dominant : sur le milieu marin / sur les oiseaux de mer
- En phase construction : /
- En phase fonctionnement : /
- En phase démantèlement : /

3 - Faire une liste des mesures prises (suppression/réduction/compensation) par impact considéré pour l'avifaune marine uniquement :

Impact : dérangement..... → Mesures prises :

Impact : effet barrière migration → Mesures prises :

Impact : altération de l'habitat..... → Mesures prises :

Impact : modification des ressources..... → Mesures prises :

Risque : collision → Mesures prises :

Risque : attractivité du mât (perchoir)..... → Mesures prises :

Risque : attractivité du site à long terme (effets récif/réserve) → Mesures prises :

4 - Bilan final pour les oiseaux marins (ressources, migration ...) – avis de la structure après prise en compte des mesures réductrices & compensatoires & impacts résiduels :

→ à court terme : positif – nul – négatif / Pourquoi ?

→ à long terme : positif – nul – négatif / Pourquoi ?

N – Suivis des impacts et de l'évolution de la zone :

1 - Quels suivis post-installations sont envisagés ? Qui ? Quoi ? Comment ? Durée prévue ?

2 - Envisagez-vous des bilans de l'avifaune et des pêcheries locales pour mesurer l'évolution des populations marines (poissons, oiseaux, mammifères marins...) et la part de responsabilité du parc éolien dans celle-ci (bonne comme mauvaise) ? Oui – Non / Précisez :

O – Réglementation envisagée & acceptation sociale :

- 1 - D'après l'enquête publique, comment envisagez-vous l'intégration sociale du parc éolien ?
.....
- 2 - Quel est votre pouvoir de décision sur la concession DPM ? Qui décide ? Statut de l'état ?
.....
- 3 - Y-a-t'il une différence spatiale dans la législation envisagée (parc au sens strict, câble sous-marin, transformateur à terre) ?
.....
- 4 - Envisagez-vous une évolution temporelle de celle-ci entre les différentes phases du projet (construction, fonctionnement, démantèlement)?
.....
- 5 - Quelle réglementation est envisagée dans le parc (zone d'implantation des éoliennes) ?
pour les activités marines en général :
pour la pêche (pro. & plaisance) : *arts dormants, trainants*
pour la navigation de plaisance :
et la plongée :
- 6 - Envisagez-vous d'interdire l'accès au parc pour les bateaux ne possédant pas d'engins de pêche équipés des mesures de réduction de captures d'oiseaux (effarouchement ...) ?
.....
- 7 - Avez-vous pensé à des mesures de concertation avec les pêcheurs ? Existe-t-il déjà un consensus ? % *taxe sur l'éolien reversée*,
.....
- 8 - Traitez-vous directement avec le Comité National des Pêches (CNPMM) ? Oui – Non
Avec les comités rég. ? Oui – Non / Les comités départementaux ? Oui – Non
Quels sont ces comités ?
- 9 - Envisagez-vous d'associer ces comités à votre projet, en tant que partenaires ? Oui – Non
Si oui, quelle importance leur sera attribuée dans la commission de décision ?
.....

P – Réflexion sur l'essor d'autres énergies renouvelables :

- 1 - Envisagez-vous la multifonctionnalité du parc dans le futur, afin de minimiser l'étalement maritime (autres énergies renouvelables, amarrage, tourisme ...) ?
.....
.....
.....
.....
.....
- 2 - Réflexion sur d'autres énergies renouvelables (hydrolien, houlo- ou marée-moteur, solaire, géothermie) :
.....
.....
.....
.....
.....

Annexe II : liste des espèces considérées et statut de conservation français (d'après Comolet-Tirman et al., 2007 – Liste des oiseaux pouvant justifier la désignation de ZPS marines en France / UICN et al., 2011 – Liste rouge des oiseaux de France)

Nom vernaculaire	Nom scientifique	directive oiseaux	d'après CT et al 2007		situation en Bretagne			UICN et al. 2011	UICN et al. 2011
			côtier	haute mer	nidification	migration	hivernage	liste rouge France nicheurs	liste rouge France hivernants
GAVIIDAE									
Piongoson cathmann	<i>Gavia stellata</i>	Ann. 1	P	---	---	P	P		NA
Piongoson arctique	<i>Gavia arctica</i>	Ann. 1	P	---	---	P	P		NA
Piongoson imbrin	<i>Gavia immutabilis</i>	Ann. 1	P	---	---	P	P		VU
PODICIPEDIDAE									
Grèbe huppé	<i>Podiceps cristatus</i>	Migr. art. 4.2	P	---	---	P	P		NA
Grèbe jougris	<i>Podiceps grisegana</i>	Migr. art. 4.2	P	---	---	P	P		NA
Grèbe esclavan	<i>Podiceps auritus</i>	Ann. 1	P	---	---	P	P		VU
Grèbe à cou noir	<i>Podiceps nigricollis</i>	Migr. art. 4.2	P	---	---	P	P		LC
PROCELLARIIDAE									
Fulmar boréal	<i>Fulmarus glacialis</i>	Migr. art. 4.2	P	P	N	P	---	LC	NA
Puffin cendré	<i>Calonectris diomedea</i>	Ann. 1	P	P	---	P	---	VU	NA
Puffin majeur	<i>Puffinus gravis</i>	Migr. art. 4.2	P	P	---	P	---		[NA]
Puffin fuligineux	<i>Puffinus puffinus</i>	Migr. art. 4.2	P	P	---	P	---		[NA]
Puffin des Anglais	<i>Puffinus puffinus</i>	Migr. art. 4.2	P	P	N	P	---	VU	[NA]
Puffin des Baléares	<i>Puffinus mauretanicus</i>	Ann. 1	P	P	---	P	P		[YU]
Puffin Yelkouan	<i>Puffinus yelkouan</i>	Ann. 1	---	---	---	---	---	VU	NA
HYDROBATIDAE									
Océanite tempête	<i>Hydrobates pelagicus</i>	Ann. 1	P	P	N	P	---	NT	[NA]
Océanite culblanc	<i>Oceanodroma leucorhoa</i>	Ann. 1	P*	P	---	P	---		[NA]
SULIDAE									
Fou de Bassan	<i>Morus bassanus</i>	Migr. art. 4.2	P	P	N	P	P	NT	[NA]
PHALACROCORACIDAE									
Grand Cormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>	Migr. art. 4.2	P	P*	N	P	P	LC	LC
Cormoran huppé	<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	Migr. art. 4.2	P	---	N	P	P	LC	NA
ANATIDAE									
Bernache cravant	<i>Branta bernicla</i>	Migr. art. 4.2	P	---	---	P	P		LC
Tadome de Belon	<i>Tadorna tadorna</i>	Migr. art. 4.2	P	---	N	P	P	LC	LC
Fuligule milouinan	<i>Aythya milvina</i>	Migr. art. 4.2	P	---	---	P	P		NT
Eider à duvet	<i>Somateria mollissima</i>	Migr. art. 4.2	P	---	N*	P	P		NA
Harlequin boréal	<i>Clangula clangula</i>	Migr. art. 4.2	P	---	---	P	P		NA
Macreuse noire	<i>Melanitta nigra</i>	Migr. art. 4.2	P	P*	---	P	P		LC
Macreuse brune	<i>Melanitta fusca</i>	Migr. art. 4.2	P	---	---	P	P		EN
Garret à Oeil d'or	<i>Bucophala clangula</i>	Migr. art. 4.2	P	---	---	P	P		NA
Harlequin huppé	<i>Mergus serrator</i>	Migr. art. 4.2	P	---	---	P	P		LC
SCOLOPACIDAE									
Phalarope à bec étroit	<i>Phalaropus lobatus</i>	Ann. 1	P	---	---	P	---		[NA]
Phalarope à bec large	<i>Phalaropus fulicarius</i>	Migr. art. 4.2	P	P	---	P	---		[NA]
STERCORARIIDAE									
Labbe pomarin	<i>Stercorarius pomarinus</i>	Migr. art. 4.2	P	P	---	P	(?)		[LC]
Labbe parasite	<i>Stercorarius parasiticus</i>	Migr. art. 4.2	P	P	---	P	---		[LC]
Labbe à longue queue	<i>Stercorarius longicaudus</i>	Migr. art. 4.2	P	P	---	P	---		[YU]
Grand Labbe	<i>Stercorarius skuja</i>	Migr. art. 4.2	P	P	---	P	(?)		[LC]
LARIDAE									
Mouette mélanocéphale	<i>Larus melanocephalus</i>	Ann. 1	P	P	N*	P	P	LC	NA
Mouette pygmée	<i>Larus minutus</i>	Ann. 1	P	P	---	P	P		LC
Mouette de Sabine	<i>Larus sabini</i>	Migr. art. 4.2	P	P	---	P	---		[NA]
Mouette neuse	<i>Larus ridibundus</i>	Migr. art. 4.2	P	P*	N*	P	P	LC	LC
Goéland rieur	<i>Larus genei</i>	Ann. 1	P*	---	---	(?)	---	EN	NA
Goéland d'Audouin	<i>Larus audouinii</i>	Ann. 1	P*	---	---	(?)	---	EN	[NA]
Goéland cendré	<i>Larus canus</i>	Migr. art. 4.2	P	---	---	P	P	VU	LC
Goéland brun	<i>Larus fuscus</i>	Migr. art. 4.2	P	P	N	P	P	LC	LC
Goéland argenté	<i>Larus argentatus</i>	Migr. art. 4.2	P	P	N	P	P	LC	NA
Goéland leucophaea	<i>Larus michaëlis</i>	Migr. art. 4.2	P	P	N*	P	P	LC	NA
Goéland bougrinesse	<i>Larus hyperboreus</i>	Ann. 1	P	P*	---	P	P		NA
Goéland mann	<i>Larus mannus</i>	Migr. art. 4.2	P	P	N	P	P	LC	NA
Mouette tridactyle	<i>Rissa tridactyla</i>	Migr. art. 4.2	P	P	N	P	P	NT	NA
STERNIDAE									
Sterne hansel	<i>Sterna hantoni</i>	Ann. 1	P*	---	---	P	---	VU	[NA]
Sterne caspienne	<i>Sterna caspia</i>	Ann. 1	P	---	---	(?)	---		NT
Sterne caugak	<i>Sterna sandvicensis</i>	Ann. 1	P	P	N	P	---	VU	[LC]
Sterne de Dougall	<i>Sterna dougalli</i>	Ann. 1	P	P*	N	P	---		NT
Sterne pierregarin	<i>Sterna hiundo</i>	Ann. 1	P	P*	N	P	---	LC	[LC]
Sterne arctique	<i>Sterna paradisaea</i>	Ann. 1	P	P	N*	P	---		[LC]
Sterne naine	<i>Sterna albifrons</i>	Ann. 1	P	P*	N	P	---	LC	[LC]
Gurlette noire	<i>Chlidonias niger</i>	Ann. 1	P	P*	---	P	---	VU	[DD]
ALCIDAE									
Guillemot de Troil	<i>Uria aalge</i>	Migr. art. 4.2	P	P	N	P	P	EN	DD
Pingouin londa	<i>Alca londa</i>	Migr. art. 4.2	P	P	N	P	P		DD
Mergule nain	<i>Alle alle</i>	Migr. art. 4.2	P	P*	---	P	---		NA
Mercureux moine	<i>Fratercula arctica</i>	Migr. art. 4.2	P	P	N	P	---		NA

d'après Comolet-Tirman et al. 2007 Liste des oiseaux pouvant justifier la désignation de ZPS marines en France

statut en Manche et Atlantique : P = présent, P* = présent très rare, --- = absent (aucune mention), N = nicheur régulier, N* = nicheur occasionnel
 approche simplifiée pour la situation en Bretagne : P = Présent, sans évaluation du degré de rareté, (?) = statut mal connu ou non évalué dans le cadre de l'Orion

UICN et al. 2011 = liste rouge des oiseaux de France

nicheurs, hivernants ou de passage [entre]], en italique : passage de manière occasionnelle ou marginale

CR : En danger critique ; EN : En danger ; VU : Vulnérable ; NT : Quasi menacée ; LC : Préoccupation mineure ; DD : Données insuffisantes ; NA : Non applicable ; NE : Non évaluée



ERIC BESSON
MINISTRE CHARGÉ DE L'INDUSTRIE, DE L'ÉNERGIE ET DE L'ÉCONOMIE NUMÉRIQUE
AUPRES DU MINISTRE DE L'ÉCONOMIE, DES FINANCES ET DE L'INDUSTRIE

Communiqué de presse

Communiqué de presse

www.economie.gouv.fr

Paris, le vendredi 6 avril 2012
N°611

Désignation des lauréats du premier appel d'offres « éolien en mer » : la France lance le développement d'une nouvelle filière industrielle

Le Gouvernement a lancé le 11 juillet 2011 un premier appel d'offres pour le développement de capacités de production d'électricité par énergie éolienne offshore. La date limite de remise des offres était fixée au 11 janvier 2012.

Cet appel d'offres représentait une puissance maximale de 3 000 MW répartie sur 5 zones : Le Tréport, Fécamp, Courseulles-sur-Mer, Saint-Brieuc et Saint-Nazaire.

Cet appel d'offres avait pour objectif de franchir une première étape vers l'objectif de 6 000 MW d'éolien en mer et d'énergies marines à horizon 2020, inscrit dans le Grenelle Environnement. Cette capacité de production représente environ 1000 à 1200 éoliennes, qui fourniront l'équivalent de la consommation annuelle de 4,5 millions de foyers.

Les offres des candidats ont été notées selon 3 critères :

- la qualité du projet industriel et social (40 %),
- le prix d'achat de l'électricité proposé (40 %),
- le respect de la mer et de ses usages (20 %).

La Commission de régulation de l'énergie (CRE) a transmis au Gouvernement le 28 mars 2012 son rapport de synthèse sur l'analyse des offres. La CRE souligne que l'ensemble des dossiers reçus sont de bonne qualité, avec des propositions industrielles solides. Néanmoins, les prix d'achat de l'électricité proposés par les candidats présentent des écarts significatifs et dépassent, dans certains cas, le prix plafond fixé par le cahier des charges de l'appel d'offres.

Le Gouvernement annonce aujourd'hui les lauréats suivants, après en avoir saisi la CRE, qui en a pris acte :

- Fécamp (Seine-Maritime, puissance 498 MW), lauréat : Eolien Maritime France ;
- Courseulles-sur-Mer (Calvados, puissance 450 MW), lauréat : Eolien Maritime France ;
- Saint-Nazaire (Loire-Atlantique, puissance 480 MW), lauréat : Eolien Maritime France ;
- Saint-Brieuc (Côtes d'Armor, puissance 500 MW), lauréat : Ailes Marines SAS ;
- Le Tréport (Seine-Maritime – Somme), déclaré sans suite.

La société Eolien Maritime France (EMF), dont les actionnaires principaux sont EDF Energies Nouvelles et Dong Energy Power, énergéticien danois, propose des éoliennes fournies par Alstom.





La société Ailes Marines SAS, dont les actionnaires principaux sont Iberdrola, énergéticien espagnol, et EOLE-RES SA, propose des éoliennes fournies par Areva et des partenariats avec Technip et STX notamment.

La zone du Tréport n'a pas fait l'objet d'une concurrence suffisante, présente le prix d'achat de l'électricité le plus élevé parmi les 5 zones, et entraîne à elle seule une surcharge de l'ordre de 500 millions d'euros pour la Contribution au Service Public de l'Electricité. De ce fait, afin d'éviter une augmentation inconsidérée des factures d'électricité, l'appel d'offres sur la zone du Tréport est déclaré sans suite.

La décision du Gouvernement concernant les 4 autres zones se base sur la conviction qu'une filière industrielle pérenne doit s'appuyer sur plusieurs acteurs structurants, que l'effort industriel et donc le risque associé doit être réparti sur différents opérateurs, afin de s'assurer que les objectifs fixés dans le cadre du Grenelle Environnement sont respectés dans la durée. Ce choix permet aussi de garantir la sécurité d'approvisionnement et de bénéficier de l'expérience d'opérateurs étrangers dans ce domaine.

La sélection de ces lauréats permet dès à présent le déploiement d'une puissance totale de près de 2 000 MW, un investissement de 7 milliards d'euros, et la création de 10 000 emplois industriels directs dans les régions Pays-de-la-Loire, Bretagne, Basse-Normandie et Haute-Normandie. Des usines de fabrication d'éoliennes (turbines et pâles) seront implantées à Saint-Nazaire, à Cherbourg et au Havre. Des usines d'assemblage et de fondations seront créées à Saint-Nazaire, Brest, Cherbourg et au Havre. Un grand nombre d'industriels déjà présents sur la façade maritime, en particulier les Chantiers de l'Atlantique à Saint-Nazaire, bénéficieront d'importants contrats de sous-traitance. Des centres d'exploitation et de maintenance seront localisés dans 4 ports : La Turballe, Saint-Brieuc, Ouistreham, et Fécamp.

Un nouvel appel d'offres sera lancé dès le second semestre 2012 pour de nouvelles zones de développement éolien offshore, comprenant notamment la zone du Tréport et la zone de Noirmoutier.

« Cette décision va permettre à la France de poursuivre le développement des énergies renouvelables, qui sont à côté de l'énergie nucléaire l'un des deux piliers de notre politique énergétique. En 5 ans, la capacité éolienne terrestre installée en France a été multipliée par 4, et la capacité photovoltaïque par 200. L'objectif de 6 000 MW de capacité éolienne en mer et d'énergies marines sera lui aussi atteint. Les objectifs fixés dans le Grenelle Environnement sont atteints. Cette décision va aussi conduire au développement d'une nouvelle filière industrielle à vocation mondiale, avec 10 000 emplois industriels créés, et de positionner la France parmi les leaders mondiaux de l'industrie éolienne offshore. Il s'agit d'un double succès, pour notre politique énergétique et pour notre politique industrielle », a conclu Eric BESSON.

Contact presse :

Cabinet d'Eric BESSON - Pierre-Antoine LACHAL / Clotilde LARROSE : 01 53 18 45 13

RESUME

Inépuisable, le vent permet une production d'énergie moins compromettante pour l'avenir de la planète et c'est aujourd'hui en mer que les aérogénérateurs se multiplient, notamment sur toute la façade nord-atlantique européenne. En réponse au Grenelle de l'Environnement et à l'objectif de 23% d'énergies renouvelables d'ici 2020, la France investit également dans cette filière pour concrétiser ses ambitions énergétiques : le pays possède un fort potentiel de vent et les côtes françaises du nord-ouest sont particulièrement adaptées à l'éolien offshore posé, seule solution actuellement existante en mer.

Malgré ses avantages pour l'Homme, l'activité d'éolien offshore interagit avec les oiseaux marins et les habitats qu'ils utilisent : les éoliennes et l'avifaune sont en compétition pour l'espace maritime aérien. Comme démontré avec l'éolien terrestre, cette activité humaine en mer génère de multiples impacts sur les espèces, c'est pourquoi le recours à cette technologie ne doit pas interférer avec les efforts réalisés pour la conservation de la biodiversité marine. Ainsi, la LPO, à travers le programme FAME, s'est intéressée aux premiers projets de parc éolien en mer sur les côtes françaises et a proposé à chaque responsable environnemental d'accompagner leur projet. L'enjeu est d'identifier, au regard du lien fonctionnel des oiseaux avec la zone, les impacts occasionnés sur l'avifaune marine. Cependant, en raison de la diversité des facteurs impliqués dans l'écosystème (espèce, site, météo, etc.), du caractère nouveau de l'activité en milieu marin et de l'amélioration technologique des aérogénérateurs, les menaces pour les oiseaux marins restent encore largement méconnues et l'évaluation des impacts engendrés par un projet n'est, à ce jour, pas exhaustive.

Il existe pourtant de nombreuses mesures d'intégration environnementale mais leur efficacité dépend de nombreux facteurs. D'une manière générale, les migrateurs seraient plus touchés que les oiseaux sédentaires, qui eux s'accoutumeraient progressivement à ces structures mais il existe trop peu de données et de certitudes sur l'impact des parcs à l'égard de chaque espèce d'oiseaux marins. L'exigence de mesures environnementales suffisantes doit être d'autant plus respectée que les sites de projet éolien se situent à proximité de ZPS existantes, certains y étant même inclus). La vigilance ne doit pas être moindre envers les autres projets puisque certains se situent au voisinage de zones marines non-inclues en ZPS qui ont pourtant montré de forts effectifs d'oiseaux (FAME suivis côtiers, 2013). De plus, les impacts cumulatifs sur l'avifaune marine, résultante de toutes les activités humaines en mer, complexifient encore l'analyse des impacts engendrés par l'éolien offshore seul.

ABSTRACT

Inexhaustible, wind provides energy less compromising to the future of the planet and wind turbines are now multiplying at sea, especially over the North European Atlantic frontage. In response to the Grenelle Environment Forum and to the objective of 23% of renewable energies in 2020, France is investing in this sector to concretize its energetics ambitions: the country has a great potential of wind and the northwest French coasts are particularly adapted to aerogenerators posed, single solution currently usable at sea.

Despite benefits for man, the activity of offshore wind interacts with seabirds and marine habitats they use: turbines and birds are competing for the aerial maritime space. As demonstrated with terrestrial windfarms, this human activity at sea generates multiple impacts on species, which is why the use of this technology should not interfere with efforts to conserve marine biodiversity. Thus, the LPO, through the FAME program, became interested to the first offshore wind farm projects on the French coasts and has proposed to each environmental responsible a support to their project. The challenge is to identify, in terms of functional link between birds and a project area, the impacts caused on seabirds. However, because of the diversity of factors involved in the ecosystem (species, areas, weather, etc.), the novelty of the activity at sea and the technological improvement of wind turbines, threats to seabirds remain largely unknown and an evaluation of impacts caused by a project is, to date, not completely exhaustive.

However, there are many measures of environmental integration, but their effectiveness depends on many factors. Generally, migrants birds are more affected than sedentary birds, which gradually would accustom to these structures, but there are few data and certainty on the impact of windfarms for each species of seabirds. The requirement of adequate environmental measures should be more respected than the project sites are located close to existing SPAs, some being even included. Vigilance must not be less towards others because some projects are in the vicinity of marine areas non-included in SPAs who nevertheless showed high numbers of birds (FAME report – Coastal monitoring, 2013). In addition, the cumulative impacts on seabirds, resulting from all human activities at sea, complicate yet analysis of the impacts generated only by offshore wind.