

# Quantifier les conséquences du dérangement acoustique sur les populations de mammifères marins: un outil d'aide à la décision pour le développement des parcs éoliens en mer

Emeline PETTEX<sup>1</sup>, Thomas FOLEGOT<sup>2</sup>, Dominique CLORENNEC<sup>2</sup>, Ludivine MARTINEZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Cohabys, ADERA – Université de La Rochelle, 2 rue Olympe de Gouges, 17000 La Rochelle. [emeline.pettex@univ-lr.fr](mailto:emeline.pettex@univ-lr.fr)

<sup>2</sup> Quiet-Oceans, 525 avenue Alexis Rochon, 29280 Plouzané

Télécharger le diaporama



## Résumé

La construction de parcs éoliens en mer est en plein essor en Europe. L'impact sur la faune marine du bruit engendré par le battage des pieux reste une question importante, en particulier pour les mammifères marins. Toutefois, il est difficile d'évaluer les conséquences du bruit sur la reproduction et la survie des individus, et donc à plus long terme, sur la démographie des espèces marines. Le développement récent de modèles prédictifs offre de nouvelles perspectives sur ce sujet. Dans le cadre du projet de recherche RESPECT (Réduction des Empreintes Sonores des Parcs Eoliens en mer: Comprendre pour de nouvelles Technologies), nous avons utilisé le modèle IPCoD (*Interim Populations Consequences of Disturbance*) afin de prédire les conséquences du bruit engendré par les opérations de battage de pieux lors de l'installation du parc éolien de Dieppe - Le Tréport sur la population de marsouin commun en Manche. Nous avons comparé cinq techniques de réduction du bruit en estimant différents niveaux d'efficacité, et prédit pour chaque cas la réduction des impacts démographiques. Les résultats issus de l'étude ont permis de quantifier l'efficacité des mesures de réduction applicables au site de Dieppe - Le Tréport et de mettre en évidence une atténuation significative de l'impact populationnel dès les premiers décibels gagnés. La méthodologie utilisée apparaît donc comme un outil d'aide à la décision prometteur pour les porteurs de projets et pourrait constituer un apport aux études d'impacts.

## Abstract

### Quantifying the long-term impacts of wind farms as a decision-making tool for mitigation

Offshore wind farm construction is growing rapidly in Europe. The underwater noise from pile driving may impact the marine fauna, especially sensitive species as marine mammal. However, short-term consequences of noise on reproduction and survival rates remain difficult to assess, as well as long-term consequences on the demography of marine populations. The recent development of models predicting the population consequences of disturbance offer interesting perspectives. As part of the RESPECT project, we used the IPCoD model (*Interim Populations Consequences of Disturbance*) to predict the demographical consequences of the noise generated by the piling of the Dieppe – Le Tréport wind farm on the English Channel harbour porpoise population. Marine mammals appear to be particularly sensitive to disturbance caused by wind farms construction because of their high dependence on acoustics. We used the IPCoD model to compare five mitigation technics at various efficiency levels, in order to estimate the reduction of demographical impacts. The results enabled to quantify the mitigation measures effectiveness and demonstrated a significant decrease of demographical impacts when such measures were implemented. This method appears to be an innovative and promising tool to assist decision-makers in carrying out projects and could be an important contribution to environmental impact assessment.

## Motivation

Les changements climatiques encouragent le développement des énergies marines renouvelables en Europe. La construction de parcs éoliens en mer implique souvent l'utilisation d'ateliers de battage de pieux qui engendrent un bruit sous-marin intense. Ce bruit soulève des inquiétudes au sujet des impacts sur

les espèces marines et en particulier sur les mammifères marins. L'ouïe est le sens le plus développé chez les mammifères marins, qui l'utilisent pour détecter les proies, les prédateurs, les congénères, ou toute information provenant de leur environnement.

Le bruit sous-marin a des effets négatifs croissants sur le système auditif sensible des mammifères marins (Richardson *et al.*, 1995). Au premier stade, le bruit

masque les informations de l'environnement marin. Dans un second temps, il peut obliger les animaux à quitter la zone impactée. Au-delà d'une certaine intensité, le système auditif peut être endommagé, générant des pertes d'audition temporaires ou permanentes (Richardson *et al.*, 1995). Pour l'individu, cela se traduit par une diminution de sa valeur sélective, en limitant sa survie ou sa capacité de reproduction. A long terme pour la population, le bruit impactera la démographie via une réduction de la natalité et/ou une augmentation de la mortalité.

La Manche présente des enjeux de conservation importants, matérialisés par la présence d'espèces protégées telles que le marsouin commun ou les phoques gris et veaux-marins, et de nombreuses aires marines protégées. Les pressions anthropiques y sont déjà fortes et plusieurs projets de parcs éoliens en mer sont installés (Rampion), ou prévus au large des villes de Courseulles-sur-Mer, Fécamp, Dieppe - Le Tréport et Saint Brieuç).

Le projet de recherche multidisciplinaire RESPECT réunit des géophysiciens, des acousticiens et des biologistes. Son objectif est d'étudier la propagation du bruit émis par le battage d'un pieu lors de la construction d'un parc éolien en mer et de déterminer l'empreinte sonore et les différentes zones de risque acoustique vis-à-vis du marsouin commun. Le volet biologique de l'étude a pour objectifs (1) de prédire les effets à long terme du battage de pieu du futur parc éolien de Dieppe - Le Tréport sur la population de marsouin commun (dans un cas fictif où les fondations des éoliennes sont des monopieux de 8,5 m de diamètre, alors que l'opérateur de Dieppe - Le Tréport utilisera des pieux de type jacket de 2,2 m diamètre) et (2) de comparer cinq systèmes de réduction du bruit à la source, en simulant des niveaux d'efficacité décroissants, pour évaluer leur performances à long terme sur la démographie de cette espèce. Pour cela, nous avons eu recours à la modélisation dans l'objectif de proposer aux développeurs de parcs éoliens en mer un outil d'aide à la décision pour réduire l'impact acoustique d'un atelier de battage sur la population de marsouin commun.

## Méthodologie

La zone d'étude est à l'échelle de la Manche et représente 93 000 km<sup>2</sup> et l'espèce étudiée est le marsouin commun. Nous avons utilisé le modèle IPCoD développé par SMRU Consulting (King *et al.*, 2015), qui prédit les effets d'un dérangement quantifié (bruit de battage) sur la tendance démographique d'une population de mammifères marins. Ce modèle fait le lien entre la quantité de bruit reçue et les changements

comportementaux ou physiologiques en établissant une relation de type dose-réponse - les effets variant en fonction de la dose reçue - entre le nombre de jours de battage de pieu et les taux de fécondité ou de survie des individus. Le modèle calcule le risque additionnel d'observer un déclin annuel de 1 % dans les populations soumises au bruit (résultat comparé aux populations non exposées).

Ce modèle mathématique nécessite plusieurs informations :

- les paramètres estimés de l'atelier de battage : durée, nombre de jours effectifs de battage et calendrier des travaux. Dans notre cas fictif, nous avons caractérisé le bruit pour un pieu de 8,5 m de diamètre.
- les paramètres biologiques : l'âge de première reproduction, les taux de survie des nouveau-nés, des jeunes et des adultes, la fertilité des femelles.
- les paramètres de la population étudiée et de simulation du modèle : la taille de la population (30 000 marsouins communs), le nombre de simulations (500), le nombre d'années après le chantier (25 ans) et le nombre de marsouins qui subissent un dérangement ou une perte d'audition permanente.

Des cartes d'empreinte sonore du chantier ont été réalisées pour cinq systèmes de réduction du bruit (Big Bubble Curtain, Little Bubble Curtain, Hydro Sound Damper, Hydrohammer IHC et le fluide visqueux interne proposé dans le cadre du projet RESPECT). Ces systèmes agissent comme des filtres du bruit, dont les performances varient en fonction de la fréquence. Pour chaque système, l'empreinte sonore est calculée en partant de son efficacité maximale et en la réduisant par pas de 1 dB jusqu'à ce qu'elle soit nulle (niveau d'exposition sonore à la source sans système de réduction : 217 dB re 1 $\mu$ Pa<sup>2</sup>s).

Pour le marsouin commun, un risque de dérangement serait avéré au-delà d'un niveau d'exposition sonore de 145 dB re 1 $\mu$ Pa<sup>2</sup>s et un risque physiologique de perte d'audition permanente est à craindre au-delà de 179 dB re 1 $\mu$ Pa<sup>2</sup>s (Lucke *et al.*, 2009; Southall *et al.*, 2007)<sup>1</sup>. Pour chaque empreinte sonore obtenue, le rayon médian et la surface de ces deux types de risque acoustique sont évalués. Le nombre de marsouins affectés pour chaque type de risque acoustique est obtenu en superposant les zones de risque acoustique aux cartes de densités des marsouins en Manche. Le nombre d'individus affectés par du dérangement (inclus dans la zone de risque de dérangement) et ceux subissant une perte d'audition permanente (inclus dans la zone de risque de perte

<sup>1</sup> La valeur de ces seuils évolue avec les connaissances sur les capacités acoustiques des animaux. De nouveaux seuils ont été publiés par la NOAA ultérieurement à notre étude (NMFS, 2016).

d'audition permanente) est obtenu en multipliant la densité locale par la surface de la zone d'impact.

## Résumé des résultats

Le rayon et la surface de la zone de risque de dérangement varient en fonction de l'efficacité des mesures de réduction. Ces distances diminuent proportionnellement avec le niveau de bruit. La même observation est faite pour le nombre de marsouins dérangés car la densité est quasi-uniforme dans cette aire. Tous les systèmes de réduction du bruit ont des effets similaires, mais certains d'entre eux pourraient réduire le bruit de manière plus importante. On observe que la surface et le nombre de marsouins inclus dans la zone de risque de dérangement diminuent de 50 % quand l'exposition sonore est réduite de 3 dB.

Le rayon et la surface de la zone de risque perte d'audition permanente sont très inférieurs à ceux de la zone de risque de dérangement. En conséquence, le nombre théorique de marsouins impactés est faible. Ces trois variables (rayon, surface et nombre d'individus impactés) diminuent tout de même quand les mesures de réduction réduisent le bruit à la source. Une diminution de 5 dB entraîne une réduction de 50 % de la surface et du nombre de marsouins affectés par un risque de perte d'audition.

Lorsque les systèmes de réduction du bruit sont à leur efficacité maximale, le risque additionnel de déclin de 1 % de la population du marsouin commun en Manche (calculé par le modèle IPCoD) est inférieur à 5 % sur les 25 années après la fin des travaux. Le grand rideau de bulle (Big Bubble Curtain) est le système de réduction du bruit qui limite le plus efficacement le risque de déclin pour le marsouin. Cependant, il faut souligner que ces performances sont théoriques et que la sensibilité aux conditions environnementales doit être évaluée, ce qui permettra aussi de déterminer la mesure de réduction du bruit la plus adaptée au site de Dieppe-Le Tréport.

Nous avons ensuite comparé le risque additionnel de déclin annuel de 1 % en fonction du bruit reçu pour tous les systèmes testés (deux années après la fin d'installation du chantier). Ce risque démographique est corrélé à l'exposition sonore. Quand le bruit n'est pas atténué (217 dB re 1 $\mu$ Pa<sup>2</sup>s), le risque additionnel de déclin est maximal (compris entre 10 et 15 % pour l'ensemble des 5 systèmes). Ce risque additionnel diminue rapidement quand le bruit de battage est filtré par un système de réduction du bruit. Comme précédemment, une diminution du bruit de 3 dB entraîne une diminution de 50 % du risque de déclin. Nous avons estimé que la valeur de réduction optimale serait de 7 dB, car au-delà, le risque additionnel ne baisse plus et le gain devient nul.

La combinaison des différents résultats obtenus précédemment montre que la relation entre la taille des surfaces de risque de dérangement et de perte d'audition permanente et le risque additionnel de déclin de 1 % est linéaire. Si l'on parvient à diminuer la taille des zones de risque acoustique en réduisant le bruit, l'impact à long terme sur la population de marsouin est atténué proportionnellement.

## Interprétation, conclusion, perspectives et applications possibles

En conclusion, le modèle IPCoD représente une avancée prometteuse vers la quantification des conséquences du bruit sur la démographie des mammifères marins. Dans le cadre du projet de recherche RESPECT, ce modèle a permis de définir un niveau optimal de réduction du bruit pour le projet de parc éolien en mer de Dieppe - Le Tréport de 7 dB, valeur qui a été retenue comme objectif par l'opérateur éolien.

La modélisation peut être envisagée comme un outil d'aide à la décision pour les acteurs de l'éolien en mer en permettant de quantifier l'efficacité des systèmes de réduction du bruit avant la construction, afin d'en évaluer les bénéfices pour l'environnement et les coûts financiers. A ce jour, les incertitudes sur les valeurs des paramètres utilisés par le modèle IPCoD (seuils auditifs, densités et mouvement des marsouins, paramètres démographiques) nous obligent à rester mesurés vis-à-vis des prédictions du modèle. Cependant les connaissances sur les espèces progressent continuellement et la modélisation permet de refaire les analyses au fur et à mesure des évolutions de nos connaissances sur les espèces marines.

## Bibliographie

- King, S.L., Schick, R.S., Donovan, C., Booth, C.G., Burgman, M., Thomas, L., Harwood, J., 2015. An interim framework for assessing the population consequences of disturbance. *Methods Ecol. Evol.* 6, 1150–1158.
- Lucke, K., Siebert, U., Lepper, P.A., Blanchet, M.-A., 2009. Temporary shift in masked hearing thresholds in a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) after exposure to seismic airgun stimuli. *J. Acoust. Soc. Am.* 125, 4060–4070.
- NMFS, 2016. Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing-Acoustic Threshold Levels for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts (No. 81 FR 51693).
- Richardson, W.J., Finley, K.J., Miller, G.W., Davis, R.A., Koski, W.R., 1995. Feeding, social and

migration behavior of bowhead whales, *Balaena mysticetus*, in Baffin Bay vs. The Beaufort Sea—regions with different amounts of human activity. *Mar. Mammal Sci.* 11, 1–45.

Southall, B.L., Bowles, A.E., Ellison, W.T., Finneran, J.J., Gentry, R.L., Greene Jr, C.R., Kastak, D., Ketten, D.R., Miller, J.H., Nachtigall, P.E., 2007. Marine mammal noise exposure criteria: Initial scientific recommendations. *Aquat. Mamm.* 33, 411–521.

#### Remerciements

Ce projet de recherche est financé par Eoliennes en Mer Dieppe Le Tréport (EMDT). Le modèle IPCoD est mis à disposition par SMRU Consulting (<http://www.smruconsulting.com/products-tools/pcod/interim-pcod/>). Les cartes de densités du marsouin commun sont issues des campagnes SAMM (<http://cartographie.aires-marines.fr/?q=node/45>), financées par le Ministère de l'Écologie et l'Agence Française pour la Biodiversité.