

Note scientifique

APPROCHE ÉCOSYSTÉMIQUE DES ÉNERGIES MARINES RENOUVELABLES :

étude des effets sur le réseau trophique de la construction du parc éolien en mer du Calvados et du cumul d'impacts







Introduction

Le besoin de développer une nouvelle approche

Dans le cadre de la transition énergétique, le gouvernement envisage la construction de 40 GW d'éolien en mer d'ici 2050. A ce jour, il n'existe pas d'étude globale et intégrée des effets de la construction et de l'exploitation de ces parcs sur l'écosystème.

L'innovation principale de la thèse d'Aurore Raoux (2017) et du projet TROPHIK (ANR-10-IEED-0006-12) (2019) consiste à poser les bases méthodologiques permettant le passage de la vision « fractionnée » des études environnementales à une approche « holistique et fonctionnelle » de l'écosystème dans son ensemble (du phytoplancton aux oiseaux et mammifères marins). Cette approche globale du réseau trophique est innovante dans la recherche scientifique et dans les Energies Marine Renouvelables (EMR). Ainsi, la thèse d'Aurore Raoux et le projet TROPHIK posent les bases d'une approche écosystémique des EMR en s'appuyant sur un cas d'étude, celui du futur parc éolien en mer du Calvados, situé au large de Courseulles-sur-mer au sud de la baie de Seine.





Méthodologie : la modélisation des réseaux trophiques

Une vision des changements communautaires et des écosystèmes liés aux réseaux trophiques peut permettre une compréhension plus globale de leur réponse suite à une perturbation. En effet, les relations trophiques entre les espèces donnent une vision holistique du système puisque les communautés s'organisent principalement en fonction de leur alimentation (principe de la chaine alimentaire). Cette notion de flux de matière et d'énergie entre les différentes espèces est l'une des plus importantes en termes d'interactions écologiques. Pour cela, les modèles de réseaux trophiques sont utilisés, se basant sur la quantification des flux entre l'ensemble des êtres vivants d'un écosystème. Par exemple, le modèle 'Ecopath with Ecosim', permet de caractériser le lien entre des éléments de structure et certaines propriétés fonctionnelles de l'écosystème.

Le module Ecopath est une image instantanée des flux formant le réseau trophique. Le module Ecosim est un module dynamique qui évolue avec le temps. Ce dernier peut servir de base au développement d'un modèle spatial, appelé Ecospace. Cette approche spacio-temporelle permet de comprendre l'organisation et le fonctionnement trophique d'un écosystème en le considérant dans sa globalité des producteurs primaires (les algues) aux prédateurs supérieurs (oiseaux et mammifères). L'ensemble de la biomasse de l'écosystème est ainsi répartie entre différentes boîtes trophiques, appelées compartiments ou groupes fonctionnels, qui sont reliés entre eux par des liens trophiques.

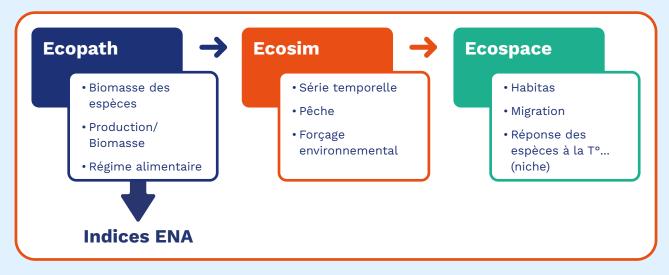


Figure 1 : Présentation des trois outils numériques de la suite « Ecopath with Ecosim ».



Méthodologie : la modélisation des réseaux trophiques

Le modèle Ecopath décrit le réseau trophique du site d'implantation du parc éolien en mer du Calvados avec des données acquises sur le site en 2009 lors de la réalisation de l'état initial des études environnementales (Raoux et al. 2017, 2019). Ainsi, ce modèle a permis de décrire l'écosystème de la zone d'implantation du parc éolien en 2009. Par la suite, le module Ecosim a été utilisé pour simuler l'impact de l'effet récif (colonisation des fondations d'éoliennes par du biofiouling) sur l'écosystème. Pour cela, les espèces susceptibles d'être sensibles à cet effet « récif » ont été identifiées, en croisant les données issues de la bibliographie des parcs éoliens offshore belges, danois et allemands déjà en exploitation, avec les avis des différents experts de la baie de Seine. Ainsi les biomasses observées dans ces parcs ont été adaptées à la situation de la baie de Seine.

La structure et l'organisation de l'écosystème ou du réseau trophique modélisé ont par la suite été étudiées à l'aide d'indices de l'analyse des réseaux écologiques (ENA) permettant d'identifier les propriétés émergentes du système. Une propriété émergente est une propriété d'un système non directement déductible. Les indices de l'analyse des réseaux (ENA) ont été calculés pour les deux périodes « avant » et « après », afin de comparer le fonctionnement et la structure du réseau trophique.

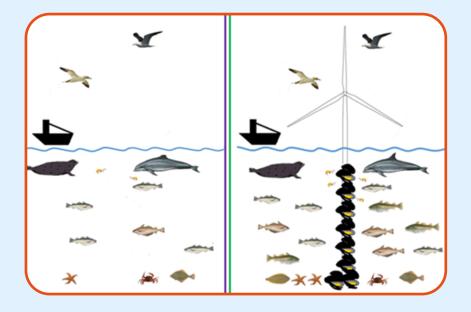


Figure 2 : Modélisation de l'écosystème avant (à gauche) et après construction du parc éolien (à droite) (Raoux, 2017)



Principaux résultats

Les résultats du modèle Ecopath ont mis en évidence des changements dans la structure et le fonctionnement de l'écosystème. En effet, l'effet récif est supposé augmenter l'activité du système et certains processus écologiques tels que l'activité de recyclage et il serait à l'origine d'une utilisation plus efficace de l'énergie conduisant à une augmentation de l'organisation (Ascendence, telle que définie par Robert E Ulanowicz) du système. Par ailleurs, les résultats de cet exercice de modélisation mettent également en évidence que la biomasse du système après installation du parc augmenterait de 40% avec un développement important de la moule comme au sud de la Mer du Nord. Cette augmentation des espèces suspensivores (se nourrissant de particules de la colonne d'eau) et de niveau trophique inférieur est à l'origine d'une baisse du niveau trophique moyen de l'écosystème. Cette approche écosystémique a permis de tester deux hypothèses issues de la bibliographie des EMR qui stipulent :

- que l'effet récif pourrait attirer des prédateurs supérieurs tels que les mammifères marins et se répercuterait ainsi sur tout le réseau trophique ;
- que la colonisation des moules sur les mâts des éoliennes pourrait être à l'origine d'une transition de systèmes dominés par les producteurs primaires et les herbivores vers des systèmes plus détritivores. Les résultats de cette approche abondent dans le sens de ces deux hypothèses.

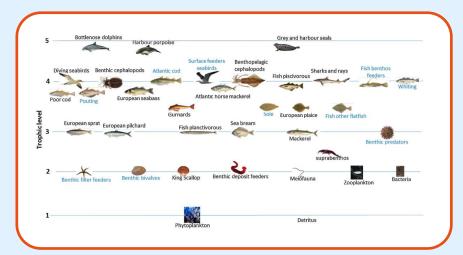


Figure 3 : Compartiments du modèle de réseau trophique mis en place par l'approche Ecopath pour l'écosystème du futur parc éolien au large Courseulles-sur-mer. Les groupes trophiques en bleu correspondent aux espèces identifiées comme étant sensibles à l'effet récif et donc aux compartiments modifiés lors de la simulation Ecosim (Raoux, 2017)



Validation du modèle

Dans le contexte croissant de la gestion écosystémique des ressources marines, les modèles de réseaux trophiques ont vu, ces vingt dernières années, leur utilisation s'accroître en particulier pour étudier les impacts de la pêche sur le fonctionnement des écosystèmes. La validation se fera dans 10 ans quand on aura une observation directe après stabilisation de la colonisation. Les méthodes en développement sont plutôt pour quantifier l'incertitude ou éventuellement pour valider par une approche multi modèles.

Dans cette étude, nous avons utilisé des données isotopiques comme outil indépendant de validation du modèle Ecopath avant implantation des écliennes. En effet, les ratios des isotopes stables du carbone et de l'azote (13C/12C et 15N/14N) sont des outils très utilisés comme traceurs du régime alimentaire des espèces en milieu naturel et peuvent être utilisés pour calculer de façon indépendante le niveau trophique de ces dernières. Cette approche repose sur le fait qu'il existe une relation entre les signatures isotopiques de consommateurs et de leurs proies : lorsqu'un prédateur consomme sa proie, il y a un transfert d'énergie qui s'accompagne d'un fractionnement isotopique, de valeur variable selon l'isotope considéré.

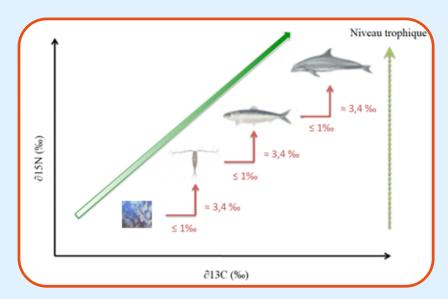


Figure 4 : Schéma d'une chaine trophique et du principe d'utilisation des isotopes stables du carbone et de l'azote en environnement marin. Le facteur d'enrichissement (en rouge) généralement estimé entre une source et son consommateur est indiqué pour chaque élément (Raoux, 2017)

Dans le but d'évaluer la robustesse du modèle Ecopath, des prélèvements sur différents compartiments biologiques ont été effectués au niveau du site d'implantation du futur parc éolien au large de Courseulles-sur-Mer en 2015 afin de réaliser des analyses isotopiques sur ces derniers. Les résultats ont mis en évidence que les niveaux trophiques dérivés du modèle Ecopath BOWF, avant la construction du parc éolien, sont cohérents avec ceux calculés à partir des analyses isotopiques et confirment donc que le modèle Ecopath avant implantation des éoliennes est robuste.





Limite de cet exercice de modélisation

Tous les modèles de réseaux trophiques sont des simplifications plus ou moins proches de la réalité observée et sont le produit d'hypothèses propres à chaque modèle. Ainsi, aucun des résultats issus de cet exercice de modélisation ne doit être communiqué sans mentionner au préalable les hypothèses qui ont été formulées lors de construction du modèle et scénario. Les seuls effets de la construction du parc éolien, modélisés dans cette étude, sont l'effet « récif » (colonisation d'organismes benthiques et épibenthiques sur les substrats durs des éoliennes) et l'effet « réserve » sur une partie du parc. Nous avons donc deux hypothèses fortes : 1) celle que la colonisation par les moules et autres espèces atteignent les mêmes quantités qu'en mer du Nord et 2) que la pêche étant prévue entre les rangées de mâts, elle ne disparaisse que de 15% de la surface du parc. Il est également important de rappeler que cet exercice de modélisation a été effectué en utilisant des biomasses moyennes issues de campagnes d'échantillonnages en 2009 et 2010 et qu'il a pu avoir des changements dans les biomasses des compartiments modélisés dans la thèse d'Aurore RAOUX.

Conclusion

Ces travaux constituent la première étape de la prise en compte de l'intégration environnementale des EMR à l'échelle écosystémique. Ces études ont permis de poser les bases d'une méthodologie permettant le passage de la vision sectorielle des études d'impact environnemental vers une approche holistique et fonctionnelle basée sur les modèles de réseaux trophiques c'est à dire plus proche de la réalité.

En outre, suite à ces études différentes approches de modélisations abordant plusieurs dimensions ont été développées afin d'appréhender les effets directs et indirects des EMR de manière holistique mais également leur intégration dans un contexte plus global de cumul d'impacts et au sein d'un réseau socio-écologique. La thèse de Quentin NOGUES qui fait suite au projet TROPHIK et à la thèse d'Aurore RAOUX pose les bases d'une approche écosystémique du cumul d'impacts en y intégrant les effets du changement climatique.



Le parc en quelques chiffres



+ de 10 km

Distance de la côte



Distantes d'1 km entre elles



45,3 km²

de superficie



> 1 000 emplois

mobilisés en Normandie pendant la construction



≈450 MW

équivalent de la consommation en électricité de 90% des habitants du Calvados



Pour plus de questions :

Parc-eolien-en-mer-du-calvados@edf-re.fr

Les porteurs du projet













