

---

# Vers une modélisation intégrée des socio-écosystèmes marins : retour d'expérience et perspectives interdisciplinaires

Aurore Raoux\*<sup>†1</sup>, Frédérique Loew-Turbout Loew-Turbout\*<sup>‡2</sup>, and Nathalie Niquil\*<sup>§1</sup>

<sup>1</sup>Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, Laboratoire Morphodynamique Continentale et Côtière, CNRS UMR 6143 M2C, 24 rue des Tilleuls, 14000 Caen, France (M2C) – Université de Caen – France

<sup>2</sup>Pemar MRSB - Pôle Espaces maritimes, sociétés littorales, interfaces portuaires (MRSB) (MRSB) – Université de Caen – France

## Résumé

Les transitions écologiques et solidaires constituent aujourd'hui un cadre structurant pour repenser l'évaluation et la gestion des activités anthropiques sur les écosystèmes marins. En Manche, l'une des mers les plus anthropisées au monde, les effets conjoints du changement climatique et du développement rapide de l'éolien en mer génèrent des pressions multiples, interactives et non linéaires, nécessitant des outils d'analyse capables d'en appréhender la complexité.

Les travaux présentés s'inscrivent dans une dynamique de recherche menée depuis plus d'une décennie au sein des UMR M2C et BOREA autour de la modélisation quantitative des réseaux trophiques, visant à analyser la structure, le fonctionnement et la dynamique des écosystèmes marins soumis à des pressions anthropiques cumulées. À travers le développement de modèles écosystémiques et l'exploration de scénarios combinant forçages climatiques et aménagements offshore, ces recherches ont permis de mieux caractériser les flux de matière et d'énergie, d'identifier les compartiments clés des réseaux trophiques et d'évaluer les trajectoires écologiques possibles dans un contexte de transition énergétique. Ces approches ont notamment été mobilisées pour étudier les effets directs et indirects des parcs éoliens en mer sur les communautés benthiques et halieutiques et le fonctionnement global des écosystèmes côtiers.

Ces travaux ont cependant mis en évidence les limites intrinsèques des modèles de réseaux trophiques lorsqu'il s'agit d'accompagner la prise de décision et la gestion opérationnelle des socio-écosystèmes. S'ils permettent une représentation fine des dynamiques écologiques, ils intègrent encore difficilement les dimensions sociales, économiques, territoriales et institutionnelles qui conditionnent pourtant fortement les trajectoires environnementales. L'analyse des conflits d'usage, des arbitrages entre services écosystémiques, des stratégies d'acteurs et des processus de gouvernance apparaît dès lors indispensable pour comprendre pleinement les dynamiques à l'œuvre.

---

\*Intervenant

<sup>†</sup>Auteur correspondant: aurore.raoux@unicaen.fr

<sup>‡</sup>Auteur correspondant: frederique.loew-turbout@unicaen.fr

<sup>§</sup>Auteur correspondant: nathalie.niquil@unicaen.fr

Cette prise de conscience conduit aujourd'hui à un changement d'échelle conceptuel et méthodologique, visant à dépasser la seule modélisation des réseaux trophiques pour s'orienter vers celle des systèmes socio-écologiques. Les recherches récentes explorent ainsi le développement de modèles qualitatifs intégratifs, fondés notamment sur les cartes mentales et les approches participatives, afin de représenter les interactions entre composantes écologiques, usages et acteurs. Ces outils permettent de structurer des diagnostics partagés, de co-construire des scénarios prospectifs et de renforcer l'aide à la décision dans une perspective de gestion adaptative et inclusive.

Cette communication propose un retour d'expérience sur cette trajectoire scientifique, mettant en lumière la nécessité d'une interdisciplinarité renforcée entre écologues, sociologues et géographes. Elle s'inscrit pleinement dans les enjeux des transitions écologiques et solidaires, en contribuant à la structuration de cadres d'analyse intégrés pour accompagner la transformation durable des socio-écosystèmes marins.

**Dr Aurore RAOUX, Ingénieure de recherche Unicaen (HDR).** Aurore Raoux a été la première doctorante à poser les bases d'une approche écosystémique des Energies Marines Renouvelables (EMR) au niveau mondial. Ses travaux de thèse ont ouvert la voie à l'intégration des impacts cumulés des EMR dans la modélisation des écosystèmes marins. Depuis, elle développe une expertise reconnue dans la modélisation des réseaux trophiques et des systèmes socio-écologiques, avec un focus particulier sur l'approche écosystémique des EMR et des pressions anthropiques, la structure et le fonctionnement des réseaux trophiques, la dynamique de colonisation des structures immergées et des espèces non indigènes, ainsi que le développement d'indicateurs multicritères pour soutenir l'évaluation environnementale. Auteure de 62 publications, ses travaux couvrent aussi bien le domaine de la modélisation des impacts sur les réseaux trophiques que l'étude des socio-écosystèmes qui émergent lors de la construction d'un nouveau parc éolien ou encore l'étude des communautés benthiques ayant colonisées des substrats durs artificiels en lien avec le développement des Energies Marines Renouvelables.

**Dr Frédérique Loew-Turbout, Ingénieur de recherche MRSH, Unicaen.** Frédérique Loew-Turbout est géographe et cartographe, spécialiste de l'analyse des dynamiques et des enjeux de bassins transfrontaliers maritimes, dont celui de la Manche et celui de la Caraïbe. Elle étudie depuis plus de trente ans ces deux bassins maritimes en privilégiant une approche multiscalaire comparée pour révéler les enjeux et les défis auxquels sont soumis ces espaces maritimes, ces petites " Méditerranées " du monde. Elle s'intéresse particulièrement à la question des mobilités, des stratégies d'acteurs et des processus de gouvernance mobilisés pour faire face aux enjeux actuels et à venir, en variant les approches pluridisciplinaires (économistes, politologues, écologues, sociologues, ethnologues, juristes, historiens...). Elle a en charge la coordination scientifique de programmes de recherche pluridisciplinaires autour de ces bassins maritimes, en partenariat avec le CERTIC (DSI-Unicaen) et participe au développement du contenu scientifique (plus de 150 études et 3 000 cartes originales) de trois atlas numériques dont l'objet est de donner à voir et à comprendre, notamment auprès des décideurs, des aménageurs et du grand public, les spécificités et les points communs de ces socio-écosystèmes que sont les bassins maritimes transfrontaliers. Elle a participé à de nombreux programmes de recherche pluridisciplinaires dont trois programmes européens : EMDI (Espace Manche development Initiative, **Interreg III B Europe du Nord-Ouest**, **CAMIS** Interreg III A (France – Manche -Angleterre) et RICAe (Interreg Caraïbe) entre 2004 et 2013. Elle co-dirige aujourd'hui le pôle pluridisciplinaire " Espaces maritimes, sociétés littorales et interfaces portuaires de la MRSH.

**Dr Nathalie NIQUIL, Directrice de recherche au CNRS (HDR).** Nathalie Niquil est

spécialiste de la modélisation des réseaux trophiques marins et des systèmes socio-écologiques côtiers. Nathalie Niquil a été pionnière dans le développement de l'approche écosystémique des énergies marines renouvelables (EMR) et de l'analyse des impacts cumulés avec les changements climatiques. Elle a joué un rôle central dans divers travaux de modélisation écosystémique portant sur l'impact du changement climatique sur les aires de répartition des espèces en Manche, des éoliennes en mer, notamment en ce qui concerne l'effet récif artificiel, ainsi que d'autres pressions d'origine anthropique telles que la pêche ou l'extraction de granulats. Elle a dirigé et participé à plusieurs projets nationaux d'envergure (Trophik, Nestore, Appeal, Windserv), développant des approches intégrées alliant modélisation quantitative et qualitative pour appuyer la gestion écosystémique. Elle co-pilote actuellement l'Expertise Scientifique Collective du CNRS sur les effets des énergies marines renouvelables sur la biodiversité marine, mobilisant 29 experts. Auteure de plus de 100 publications scientifiques avec comité de relecture, son engagement dans les conventions internationales (création du groupe Food Web pour la DCSMM à l'OSPAR) et dans des travaux fortement cités sur les indicateurs de santé des réseaux trophiques reflètent sa reconnaissance à l'échelle internationale.

**Mots-Clés:** modèles quantitatifs, modèles qualitatifs, Energies Marines Renouvelables, impacts cumulés