

---

# Modélisation Linéaire Inverse appliquée aux écosystèmes marins

Théo Grente<sup>\*1</sup>, Valérie Girardin<sup>2</sup>, and Nathalie Niquil<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Groupe de Recherche en Informatique, Image, Automatique et Instrumentation de Caen – Université de Caen Normandie, Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Caen, Centre National de la Recherche Scientifique – France

<sup>2</sup>Laboratoire de Mathématiques Nicolas Oresme – Université de Caen Normandie, Centre National de la Recherche Scientifique – France

<sup>3</sup>Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Université de Caen Normandie, Institut National des Sciences de l'Univers, Université de Rouen Normandie, Centre National de la Recherche Scientifique – 24 rue des Tilleuls 14000 Caen, France

## Résumé

Les travaux présentés dans cet exposé sont le fruit d'une collaboration entre Valérie Girardin LMNO, Nathalie Niquil M2C, et Théo Grente GREYC. Cette collaboration est née en 2021 dans le cadre du projet NESTORE entre l'université de Caen Normandie et France Energies Marines, institut pour la transition énergétique. La thématique principale en est l'étude des réseaux trophiques, modélisation sous forme de graphes des interactions proies/prédateurs d'un écosystème marin. Les noeuds de ces graphes représentent les espèces (ou rassemblements d'espèces) et les arêtes leurs interactions sous forme d'échanges de matière organique appelés flux. La valeur exacte de la plupart de ces flux n'est pas connue en général. Une classe de méthodes regroupées sous le terme de Modélisation Linéaire Inverse (Linear Inverse Modeling ou LIM) a été développée dans le but de les estimer. Elles consistent à résoudre un système de contraintes linéaires établi sur ces flux à partir de mesures réalisées sur le terrain, d'expériences en laboratoire et de connaissances issues de la bibliographie. Les équations et inéquations de ce système définissent un polytope (généralisation à toute dimension de la notion de polygone en dimension 2) de solutions. Pour obtenir par simulation un ensemble de scénarios représentatif, les écologues utilisaient un package R, qui s'est avéré peu performant, limitant

---

\*Intervenant

les possibilités d'étude des réseaux. En collaboration avec Matthieu Dien GREYC et Philippe Regnault LMR URCA, nous avons développé un nouveau package R, beaucoup plus performant. Les algorithmes impliqués utilisent une méthode de Monte-Carlo par chaînes de Markov avec réflexion de trajectoires sur les frontières du polytope. Les écologues utilisent un ensemble d'indicateurs, appelés ENA (Ecological Network Indices), leur permettant de décrire un écosystème. Ces indicateurs se sont révélés être issus de la théorie de l'information, un domaine développé de longue date au LMNO. Cette collaboration, et l'efficacité du nouveau package qui en est issu, permet en particulier de simuler et d'interpréter une distribution empirique des ENA selon la dégradation des données, au lieu d'une seule valeur isolée. L'impact de l'incertitude des mesures de terrain sur la reconstruction de l'écosystème peut ainsi être estimé statistiquement, ce qui fait l'objet de la thèse de Jacques Bréhelin en cours au LMNO, dirigée par Valérie Girardin et co-encadrée par Théo Grente.