

THÈSE DE DOCTORAT DE

NANTES UNIVERSITÉ

ÉCOLE DOCTORALE N° 641
*Mathématiques et Sciences et Technologies
de l'Information et de la Communication*
Spécialité : *Informatique*

Par

Marinna GAUDIN

**Computational modeling of biotic interactions structure and
function in marine plankton ecosystems**

Thèse présentée et soutenue à Nantes, le 19/01/2024
Unité de recherche : UMR6004

Rapporteurs avant soutenance :

Meike VOGT Senior Scientist, Swiss Federal Institute of Technology
Eric BAPTESTE Directeur de recherche, CNRS

Composition du Jury :

Président :

Examineurs : Meike VOGT Senior Scientist, Swiss Federal Institute of Technology
 Eric BAPTESTE Directeur de recherche, CNRS
 Nathalie NIQUIL Directeur de recherche, CNRS

Dir. de thèse : Damien EVEILLARD Professeur des universités, Nantes Université
Co-dir. de thèse : Samuel CHAFFRON Chargé de recherches, CNRS

Titre : Modélisation computationnelle de la structure et de la fonction des interactions biotiques dans les écosystèmes planctoniques marins

Mot clés : plancton marin, interactions biotiques, biogéographie, omiques environnementales, approches basées sur le graphe, apprentissage supervisé

Résumé : Les efforts visant à prédire les impacts du changement climatique sur les écosystèmes de plancton marin se sont principalement concentrés sur les espèces individuelles. Pourtant, les interactions biotiques (BI) entre les espèces jouent un rôle crucial dans l'équilibre des communautés écologiques et pourraient servir d'indicateurs plus informatifs. Toutefois, leur identification à travers les échelles spatio-temporelles représente un défi de taille. L'avènement des données omiques environnementales a permis l'inférence de proxys statistiques pour détecter de potentielles BI en utilisant les motifs de co-abondance et/ou de co-occurrence, connus sous le nom d'associations écologiques. En

nous concentrant sur les BI, nous inférons un graphe de co-abondance à partir d'un ensemble de données de métabarcoding de séries temporelles côtières marines pour étudier l'impact de la dynamique saisonnière dans la formation de sa structure. Ensuite, nous introduisons un cadre statistique appelé Association Distribution Modeling (ADM), et l'appliquons à un ensemble de données métagénomiques *Tara Oceans* pour modéliser et projeter la biogéographie des associations écologiques prédites. Enfin, nous utilisons une approche de modélisation métabolique pour prédire des échanges "cross-feeding" et leur rôle dans l'organisation d'une communauté bactérioplanctonique marine.

Title: Computational modeling of biotic interactions structure and function in marine plankton ecosystems

Keywords: marine plankton, biotic interactions, biogeography, environmental omics, graph-based approaches, machine learning

Abstract: Efforts to predict the impacts of climate change on marine plankton ecosystems have mainly concentrated on individual species' responses. Yet, Biotic Interactions (BI) hold a crucial role in supporting the balance of ecological communities and could serve as more valuable indicators. However, their identification across spatiotemporal scales presents a substantial challenge. The advent of environmental omics data has facilitated the inference of statistical proxies to detect potential BI using co-abundance and/or co-occurrence patterns, known as ecological associations. Focusing on BI, we first in-

fer a co-abundance graph from a metabarcoding dataset of marine coastal time series to study the impact of seasonal dynamics in shaping its structure. Second, we introduce a statistical framework called Association Distribution Modeling (ADM) and apply it on a to *Tara Oceans* to model and project the biogeography of the predicted ecological associations. Finally, we use a metabolic modeling approach to shed light on cross-feeding exchanges and their role in shaping the organization of a marine bacterioplankton community.