



Offre de thèse NEMESIS – 2020-2023

Interactions et communication chimique entre les diatomées toxiques du genre *Pseudo-nitzschia* et les consommateurs primaires.

(English follows)

Contexte scientifique

Les diatomées du genre *Pseudo-nitzschia* sont des micro-algues faisant partie intégrante de la communauté phytoplanctonique dans de nombreux écosystèmes côtiers, dont la baie de Seine. **Au sein de ces écosystèmes la synthèse d'une neurotoxine, l'acide domoïque, par *Pseudo-nitzschia* et son accumulation dans différents compartiments du réseau trophique engendrent des risques sanitaires importants, en particulier liés à la consommation de coquillages.** Ces événements toxiques ont ainsi un impact socio-économique important, en particulier sur les filières de pêche à la coquille Saint-Jacques. La plupart des études ayant jusqu'à maintenant porté sur l'influence des facteurs abiotiques sur le développement et la toxicité des *Pseudo-nitzschia*, il n'existe aucune information, en baie de Seine, sur la contamination par l'acide domoïque dans les compartiments pélagiques autres que phytoplanctonique ou sur l'influence des interactions biotiques sur la production de toxine chez *Pseudo-nitzschia*. **Pourtant, les interactions entre ces diatomées et leurs consommateurs primaires sont des processus cruciaux à appréhender car ils influencent la production et le transfert de la toxine dans le réseau trophique pélagique et, à terme, son éventuelle bioaccumulation dans les niveaux trophiques supérieurs.** Des travaux récents montrent, par exemple, une influence des interactions entre certaines espèces de copépodes et de *Pseudo-nitzschia* sur la production de toxine des algues et les taux de broutage des copépodes. Cependant, les espèces de *Pseudo-nitzschia* se développant en baie de Seine n'ont pour l'instant fait l'objet d'aucune étude sur leurs interactions avec les consommateurs primaires planctoniques.

Contexte et déroulement de la thèse

La thèse proposée s'inscrit dans le projet INCIDENCE financé par la Région Normandie.

L'objectif de ce projet de thèse est ainsi d'étudier les interactions entre les diatomées toxiques du genre *Pseudo-nitzschia* typiques de la région Normandie (baie de Seine et côte d'Albâtre) et les consommateurs primaires zooplanctoniques, ainsi que leurs conséquences en termes de physiologie et de toxicité au sein des deux compartiments. Grâce à une approche à la fois en laboratoire en conditions contrôlées et in situ, ce projet permettra de répondre à différentes questions scientifiques interconnectées : 1) L'acide domoïque produit par *Pseudo-nitzschia* affecte-t-il la physiologie et le comportement des organismes zooplanctoniques et, inversement, la présence des consommateurs zooplanctoniques affecte-t-elle la production de toxine chez les *Pseudo-nitzschia* de ces écosystèmes ? 2) Quelles molécules sont impliquées dans la communication chimique régissant les interactions entre le compartiment diatomées toxiques et le compartiment zooplanctonique ? 3) comment les blooms phytoplanctoniques impactent-ils *in situ* les populations zooplanctoniques et au-delà, les autres consommateurs primaires tels que les populations de bivalves filtreurs ?

Les effets de *Pseudo-nitzschia* sur le zooplancton seront évalués par des approches moléculaires ciblées (marqueur de neurotoxicité) ou ouvertes (transcriptomique) couplées à une étude du comportement (déplacements, broutage), grâce à l'utilisation de l'espèce de copépode modèle *Eurytemora affinis*. En parallèle, le/la doctorant.e aura en charge de développer une approche exploratoire afin d'étudier les changements métaboliques ayant lieu lors de l'interaction à la fois chez les deux partenaires (*Pseudo-nitzschia* et copépodes) et dans le milieu (exométabolome) pour identifier les molécules impliquées dans cette interaction. Enfin, le/la doctorant.e déploiera, au cours d'une efflorescence, une approche in situ, de biomonitoring passif consistant à prélever des PN et des copépodes afin de vérifier si les résultats obtenus en laboratoire en conditions contrôlées (dosages d'acide domoïque, biomarqueurs, changements métaboliques...) peuvent être confirmés dans le milieu naturel.

Cette thèse s'appuie sur une collaboration interdisciplinaire entre deux laboratoires de Normandie Université, BOREA et SEBIO, permettant de mettre en commun des expertises complémentaires : cultures, écophysiologie des microalgues et analyses de toxine (BOREA), physiologie et écotoxicologie des copépodes et transcriptomique (SEBIO), physiologie, peptidomique et protéomique (BOREA). Elle s'appuiera en outre sur les plateaux techniques des fédérations de recherche des universités de Caen et du Havre.

La thèse se déroulera ainsi au sein des deux laboratoires (en particulier, année 1 à Caen et année 2 au Havre), permettant au ou à la candidat.e de côtoyer une communauté scientifique variée.

Bibliographie

- Lelong et al. 2012. *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyceae) species, domoic acid and amnesic shellfish poisoning : revisiting previous paradigms. *Phycologia*. 51:168–216.
- Harðardóttir et al. 2015. Dangerous relations in the Arctic marine food web: Interactions between toxin producing *Pseudo-nitzschia* diatoms and *Calanus Copepodites*. *Mar. Drugs*. 13:3809–35.
- Thorel et al. 2017. Nutrient ratios influence variability in *Pseudo-nitzschia* species diversity and particulate domoic acid production in the Bay of Seine (France). *Harmful Algae*. 68:192–205..

- Bates et al. 2018. Pseudo-nitzschia, Nitzschia, and domoic acid: New research since 2011. Harmful Algae. 79 : 3-43.
- Lundholm et al. 2018. Induction of domoic acid production in diatoms—Types of grazers and diatoms are important. Harmful Algae 79: 64-73.
- Haroardottir et al. 2019. Trophic interactions, toxicokinetics, and detoxification processes in a domoic acid-producing diatom and two copepod species. Limnology and Oceanography.
- Pavaux et al. 2019. Effects of the toxic dinoflagellate *Ostreopsis cf. ovata* on survival, feeding and reproduction of a phytal harpacticoid copepod. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 516 : 103–113.

Approches utilisées

Isolement et cultures de microalgues. Echantillonnage et maintien d'espèces zooplanctoniques (copépodes). Expériences de co-exposition microalgues-zooplancton. Microscopie optique pour le suivi des cultures et électronique pour l'identification des espèces de *Pseudo-nitzschia*. Fluorimétrie. Dosage de l'acide domoïque par méthode immuno-enzymatique (ELISA). Approches enzymatiques. Approches moléculaires ciblées (marqueur de neurotoxicité) ou ouvertes (transcriptomique). Etude du comportement des brouteurs. Métabolomique et protéomique. Valvométrie.

Laboratoires d'accueil :

- **BOREA (Biologie des ORganismes et Ecosystèmes Aquatiques)**
<http://borea.mnhn.fr>
Université de Caen Normandie, Esplanade de la Paix, 14000 Caen, France
Directrice du Laboratoire : Dr. Céline Zatylny-Gaudin
- **UMR-I02 Stress Environnementaux et BIOsurveillance des milieux aquatiques (SEBIO)**
<https://sebio.univ-lehavre.fr/>
25, rue Philippe Lebon - BP 1123 - 76063 LE HAVRE, France
Directeur du Laboratoire : Pr. Frank Le Foll

Directrices et encadrantes de thèse :

Dr. Juliette FAUCHOT : 02.31.56.58.37 / juliette.fauchot@unicaen.fr

Pr. Céline BOULANGE-LECOMTE : 02 32 85 99 07/ celine.lecomte@univ-lehavre.fr

Dr. Nathalie NIQUIL : 02 31 56 58 85 / nathalie.niquil@unicaen.fr

Profil du ou de la candidat.e

Le ou la candidat.e doit avoir une formation de Master 2 recherche en biologie marine ou en écophysiologie et/ou écotoxicologie avec une expérience du milieu marin. Il ou elle doit montrer un intérêt pour l'écophysiologie et l'écotoxicologie, le phyto- et zooplancton, les études en laboratoire, ainsi qu'une bonne aptitude à la rédaction. Une expérience de la culture des micro-algues et/ou de l'identification et l'élevage des copépodes d'une part, et des techniques de biochimie et/ou de biologie moléculaire serait un plus.

Candidature dès que possible : Les candidat.e.s doivent envoyer leur dossier de candidature à Juliette Fauchot (juliette.fauchot@unicaen.fr) et Céline Boulangé-Lecomte (celine.lecomte@univ-lehavre.fr).

Le dossier de candidature doit comporter les documents suivants : CV, lettre de motivation, relevés de notes (L3, M1 et M2) et une lettre de recommandation d'une personne référente (précédents encadrants de stages, enseignants...).

Ph.D. thesis NEMESIS – 2020-2023

Interactions and chemical communication between toxic diatoms of the genus *Pseudo-nitzschia* and zooplankton grazers.

The diatoms *Pseudo-nitzschia* are ubiquitous in many coastal ecosystems. **Some *Pseudo-nitzschia* species are capable of producing domoic acid, a neurotoxin that accumulates in marine food webs and cause amnesic shellfish poisoning (ASP) events in the bay of Seine, resulting in closures of king scallop *Pecten maximus* harvesting sites. Interactions between *Pseudo-nitzschia* and zooplankton grazers are important since they affect the transfer and bioaccumulation of toxin in marine food webs. Recent publications report that these interactions influence *Pseudo-nitzschia* toxin production rates and also the grazing rates of some arctic copepods. Despite these interesting findings, no information is actually available on the interactions between *Pseudo-nitzschia* species and zooplankton grazers from the bay of Seine.**

This thesis will be **part of the regional project INCIDENCE** funded by the Région Normandie.

The objective of the thesis will be to investigate the interactions between toxic *Pseudo-nitzschia* species from the bay of Seine and zooplankton grazers. More specifically, this project will study in laboratory under controlled conditions: 1) the influence of zooplankton on the physiology of *Pseudo-nitzschia* species, especially on the toxin production, and the influence of *Pseudo-nitzschia* and domoic acid on the physiology of zooplankton, especially on the model copepod *Eurytemora affinis* with different molecular approaches and the study of behavioural responses; 2) the chemical communication controlling *Pseudo-nitzschia* / copepod interactions with comparative analyses of the exometabolome of the two partners. The impact of phytoplanktonic blooms on zooplanktonic populations and other primary consumers (*i.e.* filter feeders) will also be studied *in situ*.

This thesis will rely on the collaboration between two laboratories, BOREA and SEBIO, initiated within the framework of the regional project INCIDENCE which will be the major financial support of the thesis. This collaboration will allow to share different expertise: cultures and ecophysiology

of microalgae, toxin analysis, physiology and ecotoxicology of copepods, transcriptomics, proteomics and metabolomics. **The thesis will take place within both laboratories** (especially year 1 in Caen and year 2 in Le Havre), giving the opportunity for the student to work with a diverse scientific community.

Methodological approach :

Microalgal cultures. Sampling and laboratory maintenance of copepods. Co-culture experiments *Pseudo-nitzschia* / copepods. Optical and electronic microscopy. Fluorimetry. ELISA assays for domoic acid measurements. Enzymatic and molecular (transcriptomics) approaches. Copepod behavioural studies. Metabolomics and proteomics. Filter feeder valvometry.

Laboratories :

- **BOREA (Biologie des Organismes et Ecosystèmes Aquatiques)**
<http://borea.mnhn.fr>
Université de Caen Normandie, Esplanade de la Paix, 14000 Caen, France
Directrice du Laboratoire : Dr. Céline Zatylny-Gaudin
- **UMR-I02 Stress Environnementaux et BIORsurveillance des milieux aquatiques (SEBIO)**
<https://sebio.univ-lehavre.fr/>
25, rue Philippe Lebon - BP 1123 - 76063 LE HAVRE, France
Directeur du Laboratoire : Pr. Frank Le Foll

Principle investigators/supervisors :

Dr. Juliette FAUCHOT : 02.31.56.58.37 / juliette.fauchot@unicaen.fr

Pr. Céline BOULANGE-LECOMTE : 02 32 85 99 07/ celine.lecomte@univ-lehavre.fr

Dr. Nathalie NIQUIL : 02 31 56 58 85 / nathalie.niquil@unicaen.fr

Conditions :

The candidate must satisfy all conditions for admission to a doctoral program at the Ecole doctorale EDNBise (Master 2 degree or equivalent).

The candidate should have studied in marine biology or ecophysiology and/or ecotoxicology with an experience in marine environment. The candidate should show an interest in ecophysiology and ecotoxicology, phytoplankton and zooplankton and in laboratory studies. Some experience in culture of microalgae, in identification and maintenance of copepods and/or in biochemical and molecular biology technics will be appreciated.

Interested candidates should submit the following documents: a cover letter, a CV, transcripts of marks of university years, one letter of recommendation of a referent (previous supervisor, teacher...).

Applications should be sent by email to Juliette Fauchot (juliette.fauchot@unicaen.fr) et Céline Boulangé-Lecomte (celine.lecomte@univ-lehavre.fr).