

THESE DE DOCTORAT DE

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 642

Ecole doctorale Végétal, Animal, Aliment, Mer, Environnement

Spécialité Biologie et écologie marine

Par

Colleen GUINLE

Vers une évaluation intégrative de l'impact de facteurs environnementaux et de polluants émergents sur la moule bleue (*Mytilus* spp.) : apport des approches à différents niveaux d'organisation biologique et de la spectroscopie vibrationnelle

Thèse présentée et soutenue à Nantes, le 30/01/2026

Unité de recherche : Institut des Substances et Organismes de la Mer, ISOMer, UR-2160, UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques, Nantes Université

Rapporteurs avant soutenance :

Hélène THOMAS Maître de conférences, La Rochelle Université, UMR LIENSs
Frank LE FOLL Professeur des universités, Université Le Havre Normandie, UMR SEBIO

Composition du Jury :

Président :

Examineurs : Nathalie DUPUY Professeure des universités, Aix-Marseille Université, UMR-7263 IMBE
Arnaud HUVET Chargé de recherche, Ifremer Plouzané, UMR-6539 LEMAR

Dir. de thèse : Aurore ZALOUK-VERGNOUX Professeure des universités – HDR, Nantes Université, UR-2160 ISOMer
Co-dir. de thèse : Laurence POIRIER Professeure des universités – HDR, Nantes Université, UR-2160 ISOMer
Paul DELERIS Maître de conférences, Nantes Université, UR-2160 ISOMer

Invités

Cécile LEVASSEUR-GARCIA Enseignant-chercheur – HDR, Ecole d'ingénieurs PURPAN, OCCI'FOOD
Yann AMINOT Chargé de recherche, Ifremer Centre Atlantique, CCEM

Titre : Vers une évaluation intégrative de l'impact de facteurs environnementaux et de polluants émergents sur la moule bleue (*Mytilus* spp.) : apport des approches à différents niveaux d'organisation biologique et de la spectroscopie vibrationnelle

Mots clés : Moule bleue, stress environnemental, PFAS, biomarqueurs, spectroscopie PIR

Résumé : Les organismes colonisant les écosystèmes côtiers sont confrontés à des pressions environnementales croissantes liées à la pollution chimique et au dérèglement climatique. Cette thèse visait à évaluer les effets individuels du stress thermique, du stress hyposalin et de l'exposition aux substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS) sur une espèce intertidale sentinelle, la moule bleue (*Mytilus* spp.). Une méthodologie intégrative a été appliquée, incluant des mesures de biomarqueurs moléculaires, biochimiques et physiologiques et une caractérisation du lipidome par des analyses ciblées et non ciblées. Cette méthodologie a révélé diverses réponses biologiques des moules face aux facteurs de stress abiotiques, dont (i) la régulation du métabolisme énergétique, (ii) le remodelage des

lipides membranaires, (iii) l'activation de mécanismes de défense tissu-spécifiques, et (iv) la régulation de l'activité d'alimentation. Ces résultats mettent en lumière la plasticité physiologique de *Mytilus* spp. en réponse au stress environnemental. En complément, la spectroscopie proche-infrarouge (SPIR) couplée à la chimiométrie a été employée dans une optique de proposer des méthodes de chimie verte en écotoxicologie. Les résultats obtenus fournissent une preuve de concept du potentiel de la SPIR pour identifier des moules exposées aux PFAS et quantifier des changements moléculaires induits par ce stress chimique. Cette approche innovante ouvre la voie au développement d'outils rapides et non-destructifs pour la biosurveillance des populations naturelles de bivalves marins.

Title: Towards an integrative assessment of the impact of environmental factors and emerging pollutants on the blue mussel (*Mytilus* spp.): contribution of approaches at different levels of biological organisation and vibrational spectroscopy

Keywords: Blue mussel, environmental stress, PFAS, biomarkers, NIR spectroscopy

Abstract: Organisms colonising coastal ecosystems face increasing environmental pressures related to chemical pollution and climate change. This thesis aimed to evaluate the individual effects of thermal stress, hyposaline stress, and exposure to per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) on an intertidal sentinel species, the blue mussel (*Mytilus* spp.). An integrative methodology was applied, including measurements of molecular, biochemical and physiological biomarkers, and lipidome characterisation using targeted and non-targeted analyses. This methodology revealed various biological responses of mussels to abiotic stressors, including (i) the regulation of energy metabolism, (ii) the lipid remodelling of

cell membranes, (iii) the activation of tissue-specific defence mechanisms, and (iv) the regulation of feeding activity. These results highlight the physiological plasticity of *Mytilus* spp. in response to environmental stress. In addition, near-infrared spectroscopy (NIRS) coupled with chemometrics was used with the aim of proposing green chemistry methods in ecotoxicology. The results obtained provide proof-of-concept of the potential of NIRS to identify mussels exposed to PFAS and to quantify molecular changes induced by this chemical stress. This innovative approach paves the way for the development of rapid and non-destructive tools for the biomonitoring of natural populations of marine bivalves.