Comprendre et anticiper les effets combinés du réchauffement et de la désoxygénation sur les ressources halieutiques de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent

Institutions et environnement de recherche : Situé à Rimouski, au Québec, l'Institut des sciences de la mer de l'Université du Québec à Rimouski (ISMER-UQAR) est le premier centre francophone de recherche marine au Canada (https://www.uqar.ca/institut-des-sciences-de-la-mer-ismer/). Reconnu pour son excellence interdisciplinaire, l'ISMER offre des installations analytiques avancées et des infrastructures marines de pointe. Le projet sera réalisé en étroite collaboration avec des scientifiques de Pêches et Océans Canada (MPO), ainsi qu'avec des partenaires du secteur des pêches. Le·la doctorant·e sera basé·e à l'ISMER-UQAR et bénéficiera d'un environnement de recherche interdisciplinaire et intersectoriel.

Contexte et description du projet : L'estuaire et le golfe du Saint-Laurent (EGSL) constituent un écosystème marin particulièrement productif, abritant une importante biodiversité et soutenant des activités de pêche essentielles à l'économie du Québec et de ses communautés côtières. Au cours des dernières décennies, cet écosystème a connu d'importantes transformations environnementales, notamment un réchauffement des eaux et une diminution des concentrations en oxygène dissous. Parallèlement, de profondes réorganisations des communautés marines ont été observées, illustrées notamment par l'augmentation importante de la biomasse du sébaste et le déclin de certaines ressources historiquement importantes, comme la crevette nordique.

La température et la disponibilité en oxygène constituent deux facteurs environnementaux majeurs qui influencent le métabolisme, la croissance, la survie et la distribution spatiale des organismes marins. Leurs effets sont étroitement liés, puisque l'augmentation de la température peut accroître les besoins métaboliques en oxygène des organismes, alors même que sa disponibilité dans le milieu diminue. Si les réponses physiologiques individuelles à ces facteurs de stress sont relativement bien documentées pour certaines espèces, leurs conséquences à l'échelle des populations, des communautés et des réseaux trophiques demeurent encore mal comprises. En effet, les différences de sensibilité entre espèces peuvent modifier leurs interactions trophiques, notamment en affectant leur distribution spatiale, leurs besoins alimentaires et leur croissance. Ces effets peuvent être amplifiés ou atténués par les interactions entre espèces et la pression de pêche. Dans ce contexte, mieux comprendre la propagation des effets des changements environnementaux de l'échelle individuelle à celle de l'écosystème constitue un enjeu essentiel pour anticiper l'évolution des ressources halieutiques et adapter leur gestion.

L'objectif principal de ce doctorat sera de comprendre et de quantifier les effets individuels et combinés du réchauffement et de la désoxygénation des eaux sur la dynamique des populations marines et les interactions trophiques de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent, afin d'anticiper l'évolution des ressources halieutiques dans un contexte de changements climatiques.

Le projet reposera principalement sur le modèle écosystémique individu-centré et multi-espèces OSMOSE (*Object-oriented Simulator of Marine ecOSystem Exploitation*). Ce modèle représente les principaux processus régissant la dynamique des populations marines, notamment la croissance, la reproduction, la mortalité et la prédation. Les interactions trophiques y émergent de la cooccurrence spatiale des organismes, de leurs tailles relatives et de leurs préférences alimentaires. La configuration existante sera enrichie par l'intégration d'espèces supplémentaires d'importance écologique ou économique.

Le principal développement méthodologique du doctorat consistera à intégrer dans OSMOSE des paramétrisations permettant de représenter les sensibilités spécifiques des organismes marins à la température et à la disponibilité en oxygène, ainsi que leurs effets combinés. Ces développements s'appuieront sur les connaissances disponibles concernant les réponses physiologiques et écologiques des espèces à ces facteurs environnementaux. Des simulations historiques, forcées par des champs de température et d'oxygène issus de donnée historiques ou de modèle océanique régional, permettront d'évaluer ces nouvelles paramétrisations en confrontant les résultats aux séries temporelles d'abondance, de distribution spatiale, de structure en taille et de débarquement disponibles sur les trois dernières décennies. Des expériences numériques permettront ensuite de distinguer les effets directs des

changements environnementaux sur les populations de leurs effets indirects, résultant notamment des modifications des interactions trophiques.

Enfin, des simulations prospectives, forcées par des projections climatiques des conditions physico-chimiques de l'EGSL, permettront d'explorer les trajectoires futures des populations marines et les réorganisations potentielles des réseaux trophiques. Différents scénarios de pression de pêche pourront également être considérés afin d'évaluer leurs interactions avec les changements environnementaux et leurs conséquences sur les ressources halieutiques.

Plusieurs questions scientifiques pourront être explorées au cours du doctorat, notamment le rôle des différences de sensibilité physiologique entre espèces dans la réorganisation des communautés marines, les effets synergiques ou antagonistes du réchauffement et de la désoxygénation, le rôle des interactions trophiques dans l'amplification ou l'atténuation de ces effets, ainsi que la vulnérabilité des différentes ressources halieutiques face aux conditions climatiques futures.

Ce projet s'intègre dans un projet plus large visant à évaluer les impacts économiques des changements physico-chimiques dans l'EGSL et à développer des mesures d'adaptation aux changements en cours, mené par une équipe de recherche interdisciplinaire composée de plusieurs chercheurs de l'UQAR (M. Jutras, océanographie physico-chimique; P. Kabore, économie, D. Benkort et D. Robert, biologie) ainsi que des partenariats avec le MPO et les acteurs du secteur des pêches. L'étudiant sera donc amené à interagir directement avec les autres étudiants impliqués sur le projet et à développer des compétences multidisciplinaires. Les résultats seront également discutés avec les acteurs du secteur des pêches dans le cadre d'un atelier participatif, afin de confronter les simulations aux observations de terrain et d'en renforcer la pertinence pour la gestion des ressources marines.

Supervision : Le·la doctorant·e sera supervisé·e par la professeure D. Benkort (ISMER-UQAR), spécialiste de la modélisation des écosystèmes marins et M. Jutras (ISMER-UQAR) experte des changements physico-chimiques dans l'EGSL. Le projet bénéficiera de collaborations étroites avec des scientifiques de Pêches et Océans Canada, permettant de réunir des expertises complémentaires.

Qualifications requises : Le·la candidat·e devra être titulaire d'une maîtrise (master) en océanographie, écologie, biologie, sciences halieutiques, mathématiques appliquées ou dans une discipline connexe, et satisfaire aux critères d'admission au doctorat en océanographie de l'UQAR. Nous recherchons avant tout une personne curieuse, motivée par la recherche scientifique et possédant un esprit critique, capable d'analyser, de questionner et de discuter ses résultats. Une expérience en programmation (Java, Python ou R), en analyse de données ou en modélisation numérique serait un atout, mais une forte motivation pour acquérir ces compétences est tout aussi appréciée. Le projet nécessitera de l'autonomie, de l'initiative et une capacité à travailler dans un environnement de recherche interdisciplinaire et intersectoriel.

Financement : 25 000$ par année pour trois ans. Les candidat·es internationaux·ales pourront bénéficier d'une exemption des droits de scolarité différentiels, leur permettant, sous réserve d'approbation, de payer les mêmes frais que les étudiant·es québécois·es.

Procédure de candidature : Les personnes candidates doivent fournir un **CV complet**, **une lettre de motivation** présentant leur parcours et leur intérêt pour le projet, **leurs relevés de notes universitaires** et **deux lettres de recommandation**, dont au moins une provenant de leur direction de recherche antérieure.

Envoyer les candidatures à Déborah Benkort (deborah_benkort@uqar.ca) avant le 15 janvier 2027.

Début du doctorat : Flexible, dès l'été 2027

Équité, diversité et inclusion : Nous encourageons les candidatures de personnes aux parcours diversifiés et nous engageons à offrir un environnement de recherche inclusif et respectueux. La sélection reposera sur les compétences, le potentiel de recherche et la motivation.

Understanding and anticipating the combined effects of warming and deoxygenation on fisheries resources in the Estuary and Gulf of St. Lawrence

Institutions and research environment: Located in Rimouski, Quebec, the Institut des sciences de la mer at the Université du Québec à Rimouski (ISMER-UQAR) is Canada's leading French-speaking marine research centre (https://www.uqar.ca/institut-des-sciences-de-la-mer-ismer/). Recognized for its interdisciplinary excellence, ISMER offers advanced analytical facilities and state-of-the-art marine research infrastructure. The project will be conducted in close collaboration with scientists from Fisheries and Oceans Canada (DFO), as well as partners from the fisheries sector. The PhD student will be based at ISMER-UQAR and will benefit from an interdisciplinary and cross-sectoral research environment.

Background and project description: The Estuary and Gulf of St. Lawrence (EGSL) constitute a highly productive marine ecosystem, supporting substantial biodiversity and fisheries that are essential to the economy of Quebec and its coastal communities. Over recent decades, this ecosystem has undergone significant environmental changes, particularly ocean warming and declining dissolved oxygen concentrations. Concurrently, major shifts in marine community structure have been observed, notably illustrated by the substantial increase in redfish biomass and the decline of historically important fisheries resources, such as northern shrimp.
Temperature and oxygen availability are two major environmental factors influencing the metabolism, growth, survival, and spatial distribution of marine organisms. Their effects are closely interconnected, as increasing temperatures can raise the metabolic oxygen requirements of organisms while oxygen availability in the environment simultaneously decreases. Although individual physiological responses to these stressors are relatively well documented for certain species, their consequences at the population, community, and food web levels remain poorly understood. Differences in species-specific sensitivities can alter trophic interactions by affecting spatial distributions, food requirements, and growth. These effects may be amplified or mitigated by species interactions and fishing pressure. In this context, improving our understanding of how the effects of environmental changes propagate from the individual to the ecosystem level is essential for anticipating changes in fisheries resources and adapting their management.

The main objective of this PhD project will be to understand and quantify the individual and combined effects of ocean warming and deoxygenation on marine population dynamics and trophic interactions in the Estuary and Gulf of St. Lawrence, in order to anticipate changes in fisheries resources under climate change.

The project will primarily rely on the individual-based, multispecies ecosystem model OSMOSE (*Object-oriented Simulator of Marine ecOSystem Exploitation*). This model represents the main processes governing marine population dynamics, including growth, reproduction, mortality, and predation. Trophic interactions emerge from the spatial co-occurrence of organisms, their relative body sizes, and their feeding preferences. The existing model configuration will be further developed by incorporating additional species of ecological or economic importance.
The main methodological development of the PhD project will involve implementing parameterizations within OSMOSE to represent species-specific sensitivities of marine organisms to temperature and oxygen availability, as well as their combined effects. These developments will build on existing knowledge of species' physiological and ecological responses to these environmental factors. Historical simulations, driven by temperature and oxygen fields derived from historical data or regional ocean models, will be used to evaluate these new parameterizations by comparing model outputs with available time series of abundance, spatial distribution, size structure, and fisheries landings spanning the past three decades. Numerical experiments will then be conducted to disentangle the direct effects of environmental changes on populations from their indirect effects, arising notably from changes in trophic interactions.

Finally, future simulations driven by climate projections of the physicochemical conditions of the EGSL will be used to explore future trajectories of marine populations and potential reorganizations of marine food webs. Different fishing pressure scenarios may also be considered to assess their interactions with environmental changes and their consequences for fisheries resources.

Several scientific questions may be explored throughout the PhD, including the role of differences in physiological sensitivities among species in shaping marine community reorganization, the synergistic or antagonistic effects of warming and deoxygenation, the role of trophic interactions in amplifying or mitigating these effects, and the vulnerability of different fisheries resources to future climatic conditions.

This PhD project is part of a broader research initiative aimed at assessing the economic impacts of physicochemical changes in the EGSL and developing adaptation strategies in response to ongoing environmental changes. The project is led by an interdisciplinary research team comprising several UQAR researchers (M. Jutras, physical and chemical oceanography; P. Kabore, economics; D. Benkort and D. Robert, biology), in partnership with DFO and fisheries sector stakeholders. The PhD student will therefore have opportunities to interact directly with other students involved in the project and develop multidisciplinary skills. Research findings will also be discussed with fisheries sector stakeholders through a participatory workshop, providing an opportunity to compare simulation results with field-based observations and strengthen their relevance for marine resource management.

Supervision: The PhD student will be supervised by Professor D. Benkort (ISMER-UQAR), an expert in marine ecosystem modelling, and M. Jutras (ISMER-UQAR), an expert in physicochemical changes in the EGSL. The project will benefit from close collaborations with scientists from Fisheries and Oceans Canada, bringing together complementary areas of expertise.

Required qualifications: Applicants must hold a master's degree in oceanography, ecology, biology, fisheries science, applied mathematics, or a related discipline, and meet the admission requirements of UQAR's PhD program in oceanography. Above all, we are looking for a curious and highly motivated individual with strong critical thinking skills and the ability to analyse, question, and discuss their research findings. Experience in programming (Java, Python, or R), data analysis, or numerical modelling would be an asset, but a strong motivation to develop these skills is equally valued. The project will require independence, initiative, and the ability to work in an interdisciplinary and cross-sectoral research environment.

Funding: CAD $25,000 per year for three years. International students may be eligible for an exemption from differential tuition fees, allowing them, subject to approval, to pay the same tuition fees as Quebec students.

Application procedure: Applicants must provide a **detailed CV**, a **cover letter** outlining their academic background and interest in the project, **academic transcripts**, and **two letters of recommendation**, at least one of which must be from a previous research supervisor.

Applications should be sent to Déborah Benkort (deborah_benkort@uqar.ca) before January 15, 2027.

PhD start date: Flexible, as early as summer 2027.

Equity, diversity, and inclusion: We encourage applications from individuals with diverse backgrounds and are committed to providing an inclusive and respectful research environment. Selection will be based on applicants' skills, research potential, and motivation.