

Aperçus métagénomiques des communautés diazotrophes dans l'estuaire du Saint-Laurent : les maillons manquants pour comprendre le cycle de l'azote

Description : Nous recherchons une étudiante ou un étudiant motivé pour réaliser un projet de maîtrise de deux ans portant sur la métagénomique et l'analyse de biomarqueurs sédimentaires, afin d'élucider la dynamique passée et actuelle des diazotrophes en contexte d'hypoxie et de changement climatique dans l'estuaire du Saint-Laurent.

Contexte : L'estuaire du Saint-Laurent occupe une position stratégique à l'interface des apports d'eau douce provenant des Grands Lacs et des masses d'eau du Nord-Atlantique. Il constitue ainsi un laboratoire naturel privilégié pour étudier le cycle de l'azote dans un environnement soumis à des transformations rapides. Au cours des deux derniers siècles, les activités humaines ont profondément modifié un système autrefois bien oxygéné, aujourd'hui caractérisé par une limitation saisonnière en azote dans les eaux de surface et par une hypoxie persistante en profondeur. Ces changements affectent non seulement la productivité primaire, mais modifient également la séquestration du carbone ainsi que les flux de gaz à effet de serre, avec des répercussions dépassant largement les limites de l'estuaire.

En explorant comment diverses assemblages diazotrophes, des symbioses phototrophes de la couche photique jusqu'aux microorganismes anaérobiques prospérant dans les eaux profondes appauvries en oxygène, contribuent au bilan azoté estuarien, ce projet vise à répondre à des questions fondamentales sur la résilience des écosystèmes et les rétroactions biogéochimiques dans un contexte de réchauffement global.

Bien que la fixation biologique de l'azote soit désormais reconnue en dehors des gyres tropicaux, notamment dans les estuaires tempérés, les mers subarctiques et les zones appauvries en oxygène, l'estuaire du Saint-Laurent demeure pratiquement inexploré. Aucune étude n'a encore intégré des archives sédimentaires (gène *nifH*, lipides hopanoïdes, signatures isotopiques) et des approches métagénomiques contemporaines pour reconstruire l'évolution de l'activité diazotrophe depuis l'ère pré-industrielle. En comblant cette lacune critique, ce projet mettra en lumière l'influence de l'hypoxie et de l'enrichissement anthropique en nutriments sur la reconfiguration des communautés fixatrices d'azote au fil du temps, établissant ainsi un cadre robuste pour anticiper leurs réponses aux changements futurs et soutenir les stratégies de gestion des milieux estuariens.

Objectifs du projet : Ce projet vise à caractériser la diversité des communautés diazotrophes à travers les gradients d'oxygène et de salinité de l'estuaire du Saint-Laurent en s'appuyant sur la métagénomique et les biomarqueurs sédimentaires.

Une approche duale sera employée :

1. Amplifier, séquencer et analyser des amplicons du gène *nifH* à partir d'échantillons des eaux de surface et des zones profondes hypoxiques, afin de caractériser la diversité, la distribution et les changements de communautés diazotrophes en réponse aux gradients environnementaux. Cela permettra d'identifier la contribution relative de lignées distinctes et leur partitionnement écologique.
2. Analyser des biomarqueurs sédimentaires (copies du gène *nifH*, lipides hopanoïdes) afin de reconstruire l'évolution de l'activité diazotrophe de l'ère pré-industrielle à aujourd'hui.

Encadrement : Ce projet de maîtrise sera réalisé à l'Institut des sciences de la mer de Rimouski (ISMER) à l'Université du Québec à Rimouski (UQAR). L'étudiante ou l'étudiant intégrera un environnement de recherche dynamique et multidisciplinaire, et acquerra des compétences en bio-informatique, microbiologie marine et biogéochimie. La formation comprendra aussi une participation à des campagnes océanographiques, incluant l'échantillonnage et la collecte de données environnementales.

Ce projet s'inscrit dans le cadre du programme CFREF – Transforming Climate Action (TCA), en collaboration avec l'Université Dalhousie. Les analyses de séquençage et de bio-informatique bénéficieront de l'expertise de la plateforme génomique de Dalhousie.

Financement : Une bourse complète de deux ans est disponible pour la candidate ou le candidat retenu. Les coûts de recherche sont entièrement couverts. Des possibilités supplémentaires de financement pour des activités de formation, de diffusion et de mobilité sont accessibles via le programme TCA, les fonds d'appui aux étudiantes et étudiants de l'UQAR, et le regroupement stratégique Québec-Océan.

Domaines de recherche : Biomarqueurs, métagénomique, microbiologie, écologie moléculaire, océanographie.

Exigences et conditions :

- Baccalauréat en biologie, écologie ou domaines apparentés.
- Intérêt marqué pour la recherche en océanographie.
- Expérience en informatique ou biologie moléculaire (atout).
- Les candidatures avec parcours atypiques sont encouragées et doivent préciser, dans la lettre de motivation, les compétences acquises au travers de leur expérience.

Candidature : Veuillez transmettre votre CV, vos relevés de notes et une lettre de motivation incluant les coordonnées de deux personnes référentes à l'attention du professeur El Mahdi Bendif, elmahdi_bendif@uqar.ca, avant le 5 décembre 2025.

Veuillez noter que l'ISMER est en mesure d'offrir un soutien personnalisé durant le processus de recrutement. Nous vous invitons à nous faire part de vos besoins à cet égard. L'ISMER accorde une importance particulière à la diversité de sa communauté étudiante, où les différences individuelles sont reconnues, valorisées et respectées, en vue de favoriser le plein potentiel de chacune et chacun.

Bibliographie pertinente :

Bonnet, S., Benavides, M., Le Moigne, F.A.C. *et al.* (2023) Diazotrophs are overlooked contributors to carbon and nitrogen export to the deep ocean. *ISME J* 17, 47–58. <https://doi.org/10.1038/s41396-022-01319-3>

Coale, T. H., Loconte, V., Turk-Kubo, K. A., Vanslebrouck, B., Mak, W. K. E., Cheung, S., ... & Zehr, J. P. (2024). Nitrogen-fixing organelle in a marine alga. *Science*, 384(6692), 217-222.

Hagino, K., Onuma, R., Kawachi, M., & Horiguchi, T. (2013). Discovery of an endosymbiotic nitrogen-fixing cyanobacterium UCYN-A in *Braarudosphaera bigelowii* (Prymnesiophyceae). *PLoS One*, 8(12), e81749.

Pascal, L., Cloutier-Artiwat, F., Zanon, A., Wallace, D. W. R., & Chaillou, G. (2025). New Deoxygenation Threshold for N₂ and N₂O Production in Coastal Waters and Sediments. *Global Biogeochemical Cycles*, 39(8), e2024GB008218. <https://doi.org/10.1029/2024GB008218>

Shiozaki, T., Fujiwara, A., Ijichi, M., Harada, N., Nishino, S., Nishi, S., ... & Hamasaki, K. (2018). Diazotroph community structure and the role of nitrogen fixation in the nitrogen cycle in the Chukchi Sea (western Arctic Ocean). *Limnology and Oceanography*, 63(5), 2191-2205.