

Sujet : Réponse des faunes de foraminifères benthiques vivants à l'impact du chalutage dans le Golfe du Lion

Avec la mise en application de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM), il est désormais nécessaire d'évaluer la qualité des milieux marins au large (e.g. plateaux continentaux, bathyal) sur lesquels la principale pression anthropique exercée est la pêche aux arts trainants. Dans le cadre du projet IMPEC « IMPact de la PEche sur les écosystèmes benthiques du large », le LPG (collaboration avec le LECOB de Banyuls-sur-Mer et l'Office Français pour la Biodiversité) étudie la réponse de l'écosystème à un gradient d'abrasion lié au chalutage sur le plateau continental du Golfe du Lion (Nord-Ouest de la Méditerranée). Pour cela, nous suivons une approche pluridisciplinaire afin d'étudier la perturbation induite sur les caractéristiques sédimentaires et géochimiques du milieu et sur les faunes benthiques (méga-épifaune, macrofaune, méiofaune). Deux zones d'études ont été prélevées lors d'une mission d'échantillonnage qui a eu lieu en 2021. Les échantillons de la zone 1 située à une bathymétrie de 90-100m ont déjà été étudiés (Barras et al., 2025). Les échantillons de la zone 2 font l'objet de ce sujet de stage et concerne les stations prélevées à 80m de profondeur d'eau dans la vasière sur le plateau continental du golfe du Lion.

Figure 1. Position des stations échantillonnées lors de la mission océanographique IMPEC 1 à bord de l'Europe, le gradient d'abrasion du fond marin (Surface Area Ratio/an) pour l'année 2020 est indiqué.

Le stage que nous proposons focalise sur l'outil foraminifère. Les foraminifères sont de bons bio-indicateurs de la qualité des eaux marines et côtières grâce à leur forte densité, à la diversité des assemblages et aux différences interspécifiques concernant la résistance aux paramètres de stress (e.g. Mojtabid et al., 2006 ; Parent et al., 2021a, 2021b). De plus, la préservation des coquilles de foraminifères dans le sédiment permet de reconstituer des conditions de référence pré-anthropiques, ainsi que l'évolution historique des écosystèmes (Dolven et al., 2013 ; Alve et al., 2009). Plusieurs indicateurs biotiques basés sur les faunes de foraminifères ont été récemment proposés en Méditerranée (Bouchet et al., 2012 ; Barras et al., 2014 ; Jorissen et al., 2018) pour mettre en évidence un enrichissement en matière organique.

Dans un premier temps, le ou la stagiaire travaillera sur l'analyse des faunes de foraminifères benthiques vivants des 5 stations de la zone 2 (Figure 1) afin de se former dans la reconnaissance taxonomique des espèces présentes. Ensuite, il utilisera le système de reconnaissance automatisé qui est en cours de développement au laboratoire. Aujourd'hui, l'automatisation de l'identification des foraminifères planctoniques et benthiques fossiles est opérationnelle grâce notamment aux travaux du CEREGE (Marchant et al., 2020). Les technologies basées sur l'IA dans la reconnaissance d'images sont suffisamment avancées pour aboutir à l'identification des espèces et de leur couleur permettant de distinguer les spécimens vivants au moment du prélèvement (coloré en rose par le colorant vital le Rose Bengale) des spécimens morts. Le ou la stagiaire entrainera un Convolutional Neural Network (CNN) pour la reconnaissance des espèces de foraminifères vivants dans ses zones d'étude et pourra l'appliquer sur ses échantillons.

À partir des données des communautés, l'étudiant(e) pourra calculer des indices de diversité et des indices biotiques (O'Brien et al., 2021) qui permettront d'évaluer la qualité de l'écosystème. Ces données sur les foraminifères seront comparées aux données de macrofaune et nématodes ainsi qu'aux paramètres environnementaux disponibles (granulométrie, caractérisation de la matière organique).

Références : Alve E., Korsun S., Schönfeld J., Dijkstra N., Golikova E., Hess S., Husum K. and Panieri G. (2016) Foram-AMBI: A sensitivity index based on benthic foraminiferal faunas from North-East Atlantic

and Arctic fjords, continental shelves and slopes. *Mar. Micropaleontol.* 122, 1–12. Barras C., Jorissen F. J., Labrune C., Andral B. and Boissery P. (2014) Live benthic foraminiferal faunas from the French Mediterranean Coast: Towards a new biotic index of environmental quality. *Ecol. Indic.* 36, 719–743.

Barras, C., Labrune, C., Le Moigne, D., Lescure, L., Maillet, G., Metzger, E., Mojtahid, M., Mouret, A., Orignac, J., Pruski, A., Schmidt, S., Vétion, G., Bano, R., Guillaume, T., Morisseau, C., Mousnier, A. Vaz, S., 2025. Projet IMPEC : IMpact de la PEChe sur les écosystèmes benthiques du large - Evaluation des habitats benthiques du circalittoral du large dans le golfe du Lion au regard des pressions issues des activités de la pêche démersale aux arts traînants : approche multi-indicateurs – Note de synthèse 2025. Contrat OFB / Université d'Angers / Sorbonne Université / Ifremer, 25 pages. <https://doi.org/10.13155/106839>

Bouchet V. M. P., Alve E., Rygg B. and Telford R. J. (2012) Benthic foraminifera provide a promising tool for ecological quality assessment of marine waters. *Ecol. Indic.* 23, 66–75.

Dolven J. K., Alve E., Rygg B. and Magnusson J. (2013) Defining past ecological status and in situ reference conditions using benthic foraminifera: A case study from the Oslofjord, Norway. *Ecol. Indic.* 29, 219–233.

Jorissen F., Nardelli M. P., Almogi-Labin A., Barras C., Bergamin L., Bicchi E., El Kateb A., Ferraro L., McGann M., Morigi C., Romano E., Sabbatini A., Schweizer M. and Spezzaferri S. (2018) Developing ForAM-AMBI for biomonitoring in the Mediterranean: Species assignments to ecological categories. *Mar. Micropaleontol.* 140, 33–45.

Marchant R., Tetard M., Pratiwi A., Adebayo M. and de Garidel-Thoron T. (2020) Automated analysis of foraminifera fossil records by image classification using a convolutional neural network. *J. Micropalaeontology* 39, 183–202.

Mojtahid M., Jorissen F., Durrieu J., Galgani F., Howa H., Redois F. and Camps R. (2006) Benthic foraminifera as bio-indicators of drill cutting disposal in tropical east Atlantic outer shelf environments. *Mar. Micropaleontol.* 61, 58–75.

O'Brien P., Polovodova Asteman I. and Bouchet V. (2021) Benthic Foraminiferal Indices and Environmental Quality Assessment of Transitional Waters: A Review of Current Challenges and Future Research Perspectives. *Water* 13, 1898.

Parent, B., Barras, C., Bicchi, E., Charrieau, L.M., Choquel, C., Bénéteau, É., Maillet, G.M., Jorissen, F.J., 2021a. Comparison of Four Foraminiferal Biotic Indices Assessing the Environmental Quality of Coastal Mediterranean Soft Bottoms. *Water*, 13, 3193. <https://doi.org/10.3390/w13223193>

Parent, B., Hyams-Kaphzan, O., Barras, C., Lubinevsky, H., Jorissen, F., 2021b. Testing foraminiferal environmental quality indices along a well-defined organic matter gradient in the Eastern Mediterranean. *Ecological indicators*, 125, 107498. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107498>