

1. Laboratoire d'accueil

Intitulé : Laboratoire de Géologie de Lyon : Terre, Planète, Environnement (LGL-TPE)

Adresse : Université Claude Bernard Lyon 1 - Campus de La Doua - Villeurbanne

Encadrant principal : Vincent Grossi

Téléphone : 04 72 44 58 13 / 06 78 37 70 35

E-mail : vincent.grossi@univ-lyon1.fr

Collaborations :

Pierre Adam et Philippe Schaeffer (INC, Université de Strasbourg)

Mylène Hugoni & Phil Oger (MAP, INSA, Université Lyon 1)

Cécile Bernard et Charlotte Duval (MNHN, Paris)

Judith Klatt (Microcosm Earth Center, Philipps-Universität Marburg)

2. Titre, description du sujet, approches utilisées, références

Adaptation d'organismes phytoplanctoniques en contexte euxinique et enregistrement sédimentaire du signal organique

Ce projet repose sur une double approche 'analyse des systèmes naturels et cultures de microorganismes en conditions contrôlées'. Il associe des outils de géochimie organique (composition moléculaire et isotopique de la Matière Organique, MO) et d'écologie microbienne (physiologie et génomique de microorganismes) afin d'améliorer la compréhension des mécanismes adaptatifs d'organismes phytoplanctoniques à des conditions environnementales adverses, et l'interprétation de signatures géochimiques préservées dans les archives sédimentaires.

Les écosystèmes aquatiques stratifiés tels que certains lacs ou bassins fermés (e.g., Mer Noire, Mer Morte) sont l'objet de nombreuses études car ils constituent de bons modèles des océans anciens (Meyer & Kump, 2008), et abritent des communautés microbiennes particulières adaptées aux forts gradients rédox qui compartimentent la colonne d'eau (e.g. Klepac-Ceraj et al., 2012). Ces écosystèmes comportent au moins une chemocline qui sépare des eaux de surface oxygénées des eaux de fonds anoxiques, souvent sulfidiques (i.e., euxiniques). Lorsque la lumière pénètre des eaux sulfidiques, une zone photique euxinique (ZPE) se met en place, entraînant le développement de bactéries phototrophes anoxygéniques (bactéries phototrophes sulfureuses vertes et pourpres). La majorité des études menées à ce jour se sont intéressées aux communautés microbiennes et aux marqueurs géochimiques caractéristiques des ZPE et des oxyclines associées. Étonnamment, peu d'études ont considéré les zones euxiniques aphotiques (sous la ZPE ou dans des écosystèmes dépourvus de ZPE), alors que de telles niches écologiques représentent souvent une majeure partie des écosystèmes stratifiés, pouvant fortement impacter les cycles biogéochimiques et la nature de la MO préservée dans les sédiments (Klepac-Ceraj et al., 2012 ; Hamilton et al., 2016).

Le lac Dziani est un lac de cratère volcanique situé à Mayotte (Océan Indien) formé il y a ~6000-7000 ans, qui a récemment été proposé comme un analogue des océans anciens sur la base de son caractère thalassohalin (eau d'origine marine), son fonctionnement microbien, sa stratification et ses gradients rédox prononcés (oxycline, halocline, euxicline), et ses propriétés physico-chimiques et biogéochimiques hors du commun (Leboulanger et al., 2017 ; Bernard et al., 2019 ; Cadeau et al., 2020 ; Sarazin et al., 2021). Ces dernières incluent notamment une forte productivité primaire (dominée par deux organismes phytoplanctoniques) et une reminéralisation intense de la MO qui limitent la pénétration de la lumière et maintiennent des eaux en permanence anoxiques sous la zone photique.

L'analyse couplée de la structure des communautés microbiennes et des constituants de la MO présents dans les différentes niches écologiques de la colonne d'eau et dans les sédiments de (sub)surface du lac a été initiée. Les premiers résultats montrent une distribution contrastée entre les différents compartiments, et le rôle majeur joué par les gradients rédox et la présence de sulfures dans la structuration des communautés microbiennes et dans le recyclage de l'intense productivité primaire (Hugoni et al., 2018 ; Sala et al., 2021). Étonnamment, une préservation

sélective des séquences ADN d'un seul des deux producteurs primaires dominants est observée dans les sédiments alors que, a contrario, l'analyse de la MO montre une très forte dominance de certaines familles de lipides classiquement attribués au second producteur primaire. Si tel était le cas, ces résultats démontreraient de façon originale l'extrême rapidité (< à la dizaine d'années) et la sélectivité des processus de dégradation des différents constituants cellulaires (ici lipides vs. ADN) de certains producteurs primaires, et les biais d'interprétation pouvant être engendrés lors de l'analyse d'archives sédimentaires récentes, selon l'outil analytique utilisé.

L'origine des dérivés lipidiques sus-cités reste toutefois énigmatique. Jamais reportés à ce jour chez un microorganisme isolé du milieu naturel, ces composés pourraient être soit formés de façon abiotique par dégradation de constituants cellulaires des producteurs primaires dominants, soit directement biosynthétisés par l'un et/ou l'autre de ces derniers sous l'influence de certaines conditions environnementales (processus adaptatif). Afin de préciser l'origine et les modes de formation (biotiques/abiotiques) de ces biomarqueurs, deux volets d'étude complémentaires sont envisagés :

- Une première approche visera à analyser et quantifier par chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse (GC et GC-MS) les lipides ciblés, en parallèle de différents biomarqueurs lipidiques dont l'origine est contrainte (e.g., marqueurs avérés de phytoplancton, de bactéries et d'archées), dans des carottes de sédiment couvrant une partie de l'histoire du lac. La comparaison des profils quantitatifs permettra de voir si une origine biosynthétique (phytoplancton/bactéries/archées) plutôt que diagenétique est envisageable ou pas. La composition en isotopes stables de l'hydrogène (D/H) des mêmes biomarqueurs sera mesurée dans une sélection d'échantillons, afin d'apporter des clés d'interprétation supplémentaires quant à leur mode de formation (biotique/abiotique).
- Une seconde approche consistera à incuber en conditions contrôlées de laboratoire des souches monoclonales des deux organismes phytoplanctoniques responsables de la majorité de la production primaire du lac Dziani. En parallèle de cultures en présence d'oxygène qui serviront de contrôle, des incubations dans des conditions proches de celles rencontrées dans les eaux euxiniques du lac permettront d'étudier les possibilités de résistance et/ou d'adaptation des deux organismes en réponse à plusieurs conditions environnementales adverses, et si leur métabolisme lipidique est altéré/modifié.

Références :

Bernard C. et al. (2019) *Microbial Ecology* 78, 603-617 ; Cadeau P. et al. (2020) *Scientific Reports* 10, 18186 ; Hamilton T.L. et al. (2016) *Frontiers in Microbiology* 7, 598 ; Hugoni M. et al. (2018) *Molecular Ecology* 27, 4775-4786 ; Klepac-Ceraj V. et al. (2012) *Geobiology* 10, 223-235 ; Leboulanger C. et al. (2017) *PLoS ONE* 12, e0168879 ; Meyer K.M. & Kump L.R. (2008) *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 37, 507-534 ; Sala D. et al. (2021) *Geobiology* 20, 292-309 ; Sarazin G. et al. (2021) *Comptes Rendus Géoscience* 352, 559-577.