

Offre de stage pour un étudiant de M1 ou de M2

Origine et évolution des archées halophiles extrêmes

Structure d'accueil : Laboratoire de Biométrie et biologie évolutive (LBBE, campus de la Doua, Lyon)

Encadrants : Céline Brochier-Armanet (LBBE) – Dominique Madern (IBS)

Contact : Céline Brochier-Armanet (celine.brochier-armanet@univ-lyon1.fr)

Profil recherché : Étudiant de master 1 ou master 2 ayant de bonnes connaissances en bio-informatique et un intérêt fort pour la biologie évolutive et la phylogénie moléculaire

Les halophiles extrêmes sont des microorganismes vivant dans des environnements où la concentration en sel (NaCl) est proche de la saturation (mer morte en Israël, lac rose au Sénégal, marais salants de Giraud en France...). Pour lutter contre la forte pression osmotique imposée par leur environnement, ces microorganismes utilisent une stratégie dite "salt-in" qui consiste accumuler du KCl dans leur cytoplasme. Cependant, la concentration importante d'ions K⁺ dans le cytoplasme des cellules impose de très fortes contraintes sur leurs constituants, notamment sur les protéines qui précipitent et sont inactivées par les fortes concentrations en sel. Les protéines des halophiles extrêmes présentent la particularité d'être enrichies en acides aminés acides et appauvris en acides aminés hydrophobes, ce qui leur permet de maintenir leur solubilité, leur stabilité et leur fonction en présence de fortes concentrations de sel. Ces caractéristiques sont le résultat d'un processus évolutif qui a permis aux microorganismes de coloniser des milieux présentant de très fortes concentrations en NaCl.

La grande majorité des halophiles extrêmes sont des archées. Les analyses phylogénétiques les plus récentes suggèrent que l'émergence des halophiles extrêmes se serait produite au moins trois fois indépendamment au sein de ce domaine : chez les *Halobacteria*, chez les *Nanohaloarchaea* et chez les *Methanonatronarchaeia* (Aouad, et al., 2019; Aouad, et al., 2018). Récemment des microbiologistes ont caractérisé de nouvelles lignées d'archées halophiles extrêmes qui offrent l'opportunité de mieux comprendre comment s'est faite l'adaptation des microorganismes à des environnements très riches en sel (Belilla, et al., 2019; Martijn, et al., 2020).

Le sujet proposé s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre l'Institut de Biologie Structurale (IBS) à Grenoble et le Laboratoire de biométrie et biologie Évolutive (LBBE). Au sein de l'IBS, Dominique Madern étudie les mécanismes moléculaires d'adaptation des protéines des halophiles extrêmes en utilisant les malates déshydrogénases d'archaea comme enzyme modèle (Blanquart, et al., 2021). Au sein du LBBE, nous nous intéressons à l'origine et l'évolution des archées halophiles extrêmes (Aouad, et al., 2019; Aouad, et al., 2018).

Les objectifs du stage seront :

- de préciser la position phylogénétique des nouvelles lignées halophiles extrêmes au sein des Archaea par l'analyse phylogénétique de grands ensembles de gènes conservés.
- de retracer l'histoire évolutive des MalDH des lignées d'archées halophiles extrêmes nouvellement découvertes afin d'enrichir les connaissances relatives aux mécanismes moléculaires impliqués dans l'évolution des protéines chez ces archées.

Aouad, M., et al. Evolutionary placement of Methanonatronarchaeia. *Nat Microbiol* 2019;4(4):558-559.

Aouad, M., et al. Extreme halophilic archaea derive from two distinct methanogen Class II lineages. *Molecular phylogenetics and evolution* 2018;127:46-54.

Belilla, J., et al. Hyperdiverse archaea near life limits at the polyextreme geothermal Dallol area. *Nat Ecol Evol* 2019;3(11):1552-1561.

Blanquart, S., et al. Resurrection of Ancestral Malate Dehydrogenases Reveals the Evolutionary History of Halobacterial Proteins: Deciphering Gene Trajectories and Changes in Biochemical Properties. *Molecular biology and evolution* 2021;38(9):3754-3774.

Martijn, J., et al. Hikarchaeia demonstrate an intermediate stage in the methanogen-to-halophile transition. *Nature communications* 2020;11(1):5490.