

Sujet de thèse / Evolution des adaptations aux milieux extrêmes : Approche phylogénétique sur des groupes d'invertébrés marins

Structure (UMR) : UMR 7144 Adaptation et Diversité en Milieu Marin

Directeur de thèse : Stéphane Hourdez / hourdez@sb-roscoff.fr

Equipe : Adaptation et Biologie des Invertébrés en Conditions Extrêmes

Descriptif du sujet de thèse et méthodes envisagées

Contexte

La vie peut occuper une très grande gamme de conditions environnementales, laissant très peu d'environnements réellement abiotiques. Bien que les métazoaires occupent une gamme de conditions plus réduite, certains groupes taxonomiques (en particulier parmi les groupes non-modèles) ont colonisé des environnements extrêmes, du plus froid en milieu polaire, au plus chaud à proximité des sources hydrothermales profondes. La disponibilité en oxygène peut être un autre facteur limitant, elle est aussi limitée près des sources hydrothermales (hypoxie).

La colonisation de ces milieux extrêmes a nécessité des adaptations morphologiques et moléculaires au cours de l'évolution des lignées d'organismes qui y vivent. Ces environnements particulièrement contraignants peuvent promouvoir la mise en place d'innovations morphologiques ou moléculaires pour répondre aux contraintes environnementales. Bien que les adaptations moléculaires soient une voie de prédilection pour tous les organismes, les adaptations morphologiques sont plus limitées chez les vertébrés que chez les invertébrés. En particulier, des études ont montré que certains organismes des sources hydrothermales profondes ont une capacité de ventilation accrue et une surface branchiale plus importante pour répondre à l'hypoxie chronique. De la même façon, certaines espèces ont des pigments respiratoires avec une forte affinité pour l'oxygène et parfois une sensibilité réduite aux variations de température. Les données sont cependant sporadiques, se focalisant sur quelques espèces dans différents groupes taxonomiques. De plus, la valeur adaptative des caractères observés n'est déduite que par comparaison à des espèces parfois phylogénétiquement très éloignées. Le corps de connaissances permet de mettre en évidence des grandes tendances des caractères observés et de possibles convergences adaptatives. Cependant, sans contexte phylogénétique solide, la puissance des comparaisons reste limitée.

Travail proposé

Des progrès importants récents ont été faits dans la détermination des relations phylogénétiques de certaines lignées de milieux extrêmes, nous permettant d'envisager une approche d'analyse des contrastes phylogénétiquement indépendants, avec une reconstruction des caractères ancestraux. Le projet de thèse a pour but d'étudier l'évolution de certains caractères adaptatifs à deux types de contraintes :

- 1- hypoxie chronique (caractères morphologiques et moléculaires)
- 2- la température, ses valeurs extrêmes mais aussi sa variabilité (caractères moléculaires et physiologiques)

Pour cela, une approche puissante consiste à travailler dans un cadre phylogénétique restreint, en utilisant un nombre d'espèces suffisamment important pour pouvoir retracer l'histoire de ces caractères adaptatifs. L'approche phylogénétique permettra de retracer l'état des caractères étudiés sur la phylogénie et ainsi de comprendre leur évolution. Dans ce cadre, deux groupes taxonomiques se posent comme bons candidats car ils abritent des espèces relativement proches qui habitent des environnements extrêmes et pour lesquels les relations phylogénétiques sont clarifiées : les polychètes (e.g. Polynoidae) et certains crustacés (crabes, crevettes).

Les relations phylogénétiques entre les espèces considérées seront établies à partir de données existantes (publiées ou disponibles dans l'équipe). Dans ce contexte, les caractères étudiés seront placés sur chacune des branches terminales (espèces échantillonnées) et l'état ancestral à chaque nœud ancestral sera déterminé.

Plusieurs types de caractères seront étudiés :

- caractères morphologiques comme la présence, structure, surface, etc ... des branchies et appareil ventilatoire
- caractères fonctionnels (propriétés de liaison réversible de l'oxygène par les pigments respiratoires, concentration de ces pigments, thermostabilité de ces pigments et de certaines enzymes, ...)
- caractères de séquence des enzymes et pigments respiratoires étudiés pour en déterminer les états ancestraux et potentiellement les ressusciter pour les étudier in vitro.

Tous les équipements et matériels sont disponibles dans l'équipe pour mener à bien ce travail de thèse. Les propriétés fonctionnelles des pigments respiratoires seront étudiées à l'aide d'une chambre à diffusion. Les propriétés fonctionnelles des enzymes (par ex. Malate Deshydrogenase, Lactate Deshydrogenase, ...) seront étudiées in vitro par spectrophotométrie, et l'acquisition de séquences supplémentaires sera fait soit par séquençage après amplification PCR, soit par séquençage massif de transcriptome par technologie Illumina. L'équipe possède déjà des données partielles pour certains de ces caractères. Une fois les jeux de données pour les caractères à comparer acquis, les analyses feront intervenir des approches de reconstruction de caractères ancestraux comme l'analyse de contrastes phylogénétiquement indépendants sous MESQUITE ou les logiciels d'analyse d'évolution de séquences comme PAML.

Stratégie de publication

La recherche proposée offre des possibilités de publication assez rapide. En particulier, des études préliminaires ont été réalisées et le complément nécessaire pour la publication d'un article est envisageable en 6-8 mois. Un autre axe de recherche requiert encore 6 mois de travail de laboratoire pour publier un article supplémentaire.

L'obtention de jeux de données pour l'écriture d'articles tôt pendant la thèse permet d'envisager la publication dans des journaux à fort facteur d'impact.

Réorientation possible du sujet si échecs

Nous prévoyons une gamme assez large de caractères à étudier. Il est peu probable que tous ces caractères puissent être étudiés dans le cadre d'une thèse mais cette large gamme nous donne des possibilités de changement de direction si certains sont trop difficiles. Cette possibilité reste limitée car des études préliminaires ont déjà été faites pour la faisabilité. Il est possible que l'accès à certains échantillons soit difficile, ce qui pourrait changer le choix des espèces à inclure.

Cependant, le cadre général restera celui de l'étude de caractères adaptatifs dans un cadre phylogénétique resserré.

Faisabilité sur 3 ans (échancier)

Les données pour établir les phylogénies sont déjà disponibles, publiées ou en attente au laboratoire. Le travail principal réside donc dans l'acquisition de données sur les caractères potentiellement adaptatifs pour un nombre assez important d'espèces. Plusieurs lignes de recherche ont déjà été poursuivies pour générer des données préliminaires.

Echancier indicatif :

- Mois 0-6 : acquisition de données de propriétés fonctionnelles sur les pigments respiratoires des Polynoidae et analyse des données de contrastes phylogénétiquement indépendants
- Mois 6-9 : rédaction du premier article sur ces données
- Mois 9 : premier comité de thèse
- Mois 9-15 : études morphologiques

Au delà, l'échancier sera ajusté selon l'avancement du travail et les suggestions du comité de thèse.

Profil du candidat recherché

Le/La candidat/e devra avoir un Master2 avec profil dans la biologie, une maîtrise des sciences de l'évolution, et si possible des compétences en biochimie/enzymologie. Tous les organismes seront des organismes marins, et une connaissance du milieu et de la biologie des organismes de ce milieu serait appréciée. Elle/il devra aussi avoir des compétences dans les analyses de phylogénie et d'évolution moléculaire.

Sources de co-financement (région...) et financement hors salaire (missions, séminaires, fonctionnement...)

Co-financement Région Bretagne (50%) acquis pour le salaire (projet ARED EVAMEX).

Le fonctionnement et missions seront pris sur des financements en cours (Fondation Total, EC2CO) ou futurs (demande ANR).

Disponibilité du matériel nécessaire

Le matériel biologique nécessaire est déjà disponible au laboratoire et une mission sur les sources hydrothermales prévue en 2018 pourra compléter cet échantillonnage si nécessaire. Une campagne Antarctique est aussi prévue fin 2017 et permettra de récolter d'autres spécimens.

Il est prévu de récolter des organismes marins sur la cote Atlantique, et en particulier à proximité de Roscoff, zone réputée pour sa grande diversité.

Enfin, un réseau important de collaborations permet d'envisager des récoltes d'échantillons d'autres zones géographiques.

Les instruments scientifiques nécessaires sont déjà disponibles au laboratoire.

Doctorants en cours d'encadrement par le directeur de thèse HDR en précisant l'année d'inscription

Perrine Mandon (encadrante principale S. Samadi, Année 3)

Alexis Bioy (co-encadré par D. Jollivet, Année 3)

Publications récentes des directeurs de thèse avec leurs anciens doctorants

Mandon, P., L. Aznar-Cormano, S. Hourdez, and S. Samadi. Assembly of the mitochondrial genome of the hydrothermal *Segonzacia mesatlantica* and detection of potential pseudogenes. Soumis Mitochondrial DNA part B

Projecto-Garcia, J., A.-S. Le Port, T. Govindji, D. Jollivet, S. W. Schaeffer and S. Hourdez. Evolution of single-domain globins in hydrothermal vent scale-worms. Soumis J. Mol. Evol.

Projecto-Garcia, J., D. Jollivet, J. Mary, F.H. Lallier, S.W. Schaeffer, and S. Hourdez (2015). Selective forces acting during multidomain protein evolution: the case of multi-domain globins. SpringerPlus, 4:354.

Projecto-Garcia, J., N. Zorn, D. Jollivet, S. W. Schaeffer, F. H. Lallier and S. Hourdez (2010). Origin and evolution of the unique tetra-domain hemoglobin from the hydrothermal vent scale-worm *Branchipolynoe*. Mol. Biol. Evol. 27(1): 143-152.