

Ecole doctorale Environnements-Santé
Dossier de projet de thèse « Contrat doctoral Etablissements »
ANNEE 2025

1) Renseignements administratifs sur la direction de thèse¹ (1 page maximum) :

Directeur de thèse HDR :

Nom : **Saucède**

Prénom : **Thomas**

Section CNU : **36**

Grade : **PR2C**

HDR : Date de soutenance : 17/03/2014 Discipline : Sciences de la Terre

l'HDR devra être soutenue, ou sa soutenance autorisée, au moment du dépôt du présent projet.

Coordonnées (adresse, courriel, téléphone) :

6 boulevard Gabriel 21000 DIJON

thomas.saucede@u-bourgogne.fr

03 80 39 63 07

Unité d'appartenance (intitulé, label, n°, directeur) :

Biogéosciences UMR 6282, Université Bourgogne Europe CNRS. Directeur : Thomas Saucède

2) Descriptif du projet de thèse (devra inclure les rubriques suivantes) :

Nom et label de l'unité de recherche :

Biogéosciences UMR6282 Université Bourgogne Europe, CNRS, EPHE, équipe SAMBA

Localisation : **Sciences Gabriel, 6 boulevard Gabriel, 21000 Dijon**

Nom du directeur de thèse : **Thomas Saucède**

Adresse courriel du contact scientifique : thomas.saucede@u-bourgogne.fr

Titre du projet : **Caractérisation de la diversité taxinomique et écologique des oursins ctenocidaridés de l'océan Austral**

Description du projet (2 pages maximum) : l'océan Austral abrite une grande diversité de faunes marines benthiques dont les motifs de distribution biogéographiques et les traits d'histoire de vie (endémisme, faibles capacités de dispersion et faible connectivité entre populations, faibles taux de croissance et longévité importante, sensibilité aux variations de température) constituent des facteurs de vulnérabilité face aux conséquences du réchauffement climatique (e.g., réchauffement des eaux, dynamiques glaciaires) et aux perturbations anthropiques directes (pêche, contaminants, tourisme,...) (Morley et al. 2020). Dans ce contexte, un réseau d'aires marines protégées (AMP) a été défini par la Convention pour la Conservation de la Faune et de la Flore Marines de l'Antarctique (CCAMLR 2009) afin de protéger les écosystèmes marins et les services associés dans les eaux internationales, auquel s'ajoutent des initiatives nationales telle que la création de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises dans les eaux territoriales françaises (Koubbi et al. 2016). La reconnaissance de secteurs abritant des écosystèmes marins vulnérables (VME) vient compléter le dispositif : elle s'appuie sur l'identification de taxons indicateurs reconnus

¹ ATTENTION : selon l'article 16 de l'arrêté du 25 mai 2016, le total d'encadrants ne peut pas dépasser 2, sauf si l'un des encadrants appartient au monde socio-économique, qui peut venir en sus, ou en cas de co-tutelle; Le décompte des co-encadrements se fera au prorata du nombre d'encadrants : 1 pour 1 encadrant, ½ pour deux encadrants.

pour leur vulnérabilité aux perturbations environnementales (CCAMLR 2009, Gros et al. 2023). Pour des raisons opérationnelles, les AMP de l'océan Austral ont souvent été définies sur la base de données abiotiques qui sont des indicateurs très indirects des niveaux de diversité et de vulnérabilité des espèces (Giangrande 2003, Fabri-Ruiz et al. 2020), l'évaluation de la plus-value des AMP étant alors difficile sans prise en compte de données de biodiversité (Gardner et al 2024). D'autre part, les taxons indicateurs de VME sont identifiés à très haut rang taxinomique (rang de la famille et au-delà), ce qui ne rend pas compte de la diversité écologique des espèces et de leur vulnérabilité (Gros et al. 2023).

Les oursins de la famille des Ctenocidaridae sont représentés par 5 genres et 21 espèces nominales dont la distribution est cantonnée aux régions antarctiques et subantarctiques de l'océan Austral (David et al. 2005, Saucède et al. 2014, 2021). Ils y représentent le groupe d'oursins réguliers le plus riche et le plus diversifié, étant présents dans de nombreux habitats, des zones littorales aux plaines abyssales. Comme pour de nombreux autres invertébrés marins benthiques austraux, l'origine de la diversité des Ctenocidaridae est interprétée comme le résultat d'un long isolement océanographique (faunes marines non dispersantes) et de la fragmentation répétée des aires de distribution lors des nombreuses phases glaciaires du Plio-Pleistocène (Saucède et al. 2014). La diversité écologique de ces espèces n'a jamais été explorée pour mieux en comprendre l'origine ainsi que la sensibilité aux perturbations environnementales. Pourtant, la famille est identifiée comme taxon indicateur de VME (CCAMLR 2009) du fait de son rôle écologique (les piquants de ces organismes servent de support à de très nombreuses espèces d'épibiontes) et de ses traits d'histoire de vie (faible taux de croissance et importante longévité (>30 ans), faible mobilité et absence de larves dispersantes), mais cela ne tient pas compte des niches écologiques des espèces et de leur vulnérabilité (Gros et al. 2023). A titre d'exemple, la sténothermie et l'eury bathie ne sont pas prises en compte (Gros et al. 2023) alors que ces facteurs sont associés à de forts enjeux de conservation (Morley et al. 2020). Enfin, des travaux récents de génétique (Saucède et al. 2024) démontrent notre méconnaissance de la diversité de la famille dont la systématique actuelle repose uniquement sur des caractères morphologiques présentant une forte plasticité phénotypique (Saucède et al. soumis).

Ce projet de thèse se propose d'analyser la diversité taxinomique et écologique de la famille des oursins Ctenocidaridae afin (1) de mieux comprendre sa structuration géographique actuelle, son origine et son histoire évolutive au regard de l'histoire océanographique et climatique de l'Antarctique, (2) d'estimer la sensibilité des espèces aux changements environnementaux actuels, et (3) d'évaluer la pertinence des mesures de conservation au regard de la diversité taxinomique et écologique de la famille.

Les travaux de la thèse s'articuleront autour des trois objectifs opérationnels suivants :

- (1) Résoudre les relations de parenté entre espèces afin de réviser la systématique des Ctenocidaridae, en préciser la diversité taxinomique, sa structuration biogéographique et mieux cerner son histoire évolutive. Ce premier volet s'appuiera sur une phylogénie moléculaire utilisant plusieurs marqueurs moléculaires mitochondriaux (COI et 16S) et nucléaires (18S et 28S) et des méthodes de reconstruction phylogénétiques de type bayésien et de maximum de vraisemblance. Les données fossiles disponibles permettront de dater les principaux nœuds de la phylogénie (approches de total evidence et tip-dating) afin de discuter l'histoire évolutive du groupe et sa diversification au regard de l'histoire paléogéographique et paléocéanographique connue de l'océan Austral.

- (2) La diversité écologique des espèces sera abordée par approche de modélisation des niches écologiques (modèles d'ensemble disponibles dans le package R biomod2) afin de calculer des indices de différenciation de niche qui seront comparés aux distances phylogénétiques,

- (3) Les niches écologiques modélisées permettront de mieux cerner la sensibilité des espèces aux changements environnementaux et de les comparer au regard des critères de vulnérabilité définis par la CCAMLR et de la définition des aires marines protégées.

Références :

- CCAMLR. 2009. Report of the Workshop on Vulnerable Marine Ecosystems. SC-CAMLR-XXVIII/10. CCAMLR. <https://meetings.ccamlr.org/system/files/e-sc-xxviii-a10.pdf>.
- David B, Choné T, Mooi R, De Ridder C. 2005. Antarctic Echinoidea. Synopses of the Antarctic benthos. Koeltz Scientific Books: Königstein. 273 pp.
- Fabri-Ruiz S, Danis B, Navarro N, et al. 2020. Benthic Ecoregionalization of the Southern Ocean supports current proposals of Antarctic Marine Protected Areas under IPCC scenarios of climate change. *Global Change Biology*, 26(4): 2161-2180, 10.1111/gcb.14988
- Gardner JPA, Lausche B, Pittman SJ, Metaxas A. 2024. Marine connectivity conservation: Guidance for MPA and MPA network design and management. *Marine Policy*, 167, 106250, 10.1016/j.marpol.2024.106250.
- Giangrande A. 2003. Biodiversity, conservation, and the "Taxonomic impediment." *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13, 451-459, 10.1002/aqc.584.
- Gros C, Jansen J, Untiedt C et al. , 2023. Identifying vulnerable marine ecosystems: an image-based vulnerability index for the Southern Ocean seafloor. *ICES Journal of Marine Science*, 80(4): 972-986, 10.1093/icesjms/fsad021.
- Koubbi P, Causse R, Chazeau C et al. 2016. Ecoregionalisation of the Kerguelen and Crozet islands oceanic zone. Part I: Introduction and Kerguelen oceanic zone (p. 32). Paris.
- Morley SA, Abele D, Barnes DKA, et al. 2020. Global drivers on Southern Ocean ecosystems: changing physical environments and anthropogenic pressures in an Earth System. *Frontiers in Marine Science*, 7: 1-24, 10.3389/fmars.2020.547188.
- Saucède T, Pierrat B, David B. 2014. Chapter 5.26. Echinoids. In: De Broyer C., Koubbi P., Griffiths H.J., Raymond B., Udekem d'Acoz C. d', et al. (eds.). *Biogeographic Atlas of the Southern Ocean*. Scientific Committee on Antarctic Research, Cambridge, pp. 213-220
- Saucède T, Eléaume M, Jossart Q et al. 2021. Taxonomy 2.0: computer-aided identification tools to assist Antarctic biologists in the field and in the laboratory. *Antarctic Science* 33 (1) : 39-51, 10.1017/S0954102020000462
- Saucède T, Jossart Q, Vandermeeren J et al. 2024. The enigmatic echinoid *Aporocidaris incerta* (Koehler, 1902): new data suggest an unknown species and highlight new phylogenetic insights within Ctenocidaridae (Echinodermata: Echinoidea). In: B. Lefebvre, J. Croce, and T. Saucède (Eds.). *Proceedings of 11th European Conference on Echinoderms (11ECE)*. *Cahiers de Biologie Marine* 65: 411-418, 10.21411/CBM.A.9B67A8F7
- Saucède T, Dubois P, Michel LN et al. Plasticity in the brooding cidaroid *Ctenocidaris nutrix*: a morphological, trophic and molecular investigation. *Proceedings of 17th International Echinoderm Conference (17IEC)*. Universidad de La Laguna, Servicio de Publicaciones. Soumis.

Financement du projet – partie Recherche (montants acquis, type de contrat) :

Montants acquis : programme ANR n°21-POCE-0001 PPR OCEAN (24 k€) permettant de couvrir le coût des analyses moléculaires.

Crédits récurrents : dotation de 900€ annuelle allouée par le laboratoire d'accueil.

La faisabilité du sujet sera assurée par l'accès à un abondant matériel d'étude conservé dans les collections de l'Université Bourgogne Europe à Dijon, du British Antarctic Survey à Cambridge, du Natural History Museum à Londres, et du Museum Victoria à Sydney. Ces échantillons ont été récoltés lors de campagnes en mer récentes, dans différents secteurs de l'océan Austral assurant une conservation compatible avec les analyses de génétique et une bonne couverture biogéographique. Une base de données d'occurrences (Saucède et al. 2021) ainsi qu'un large jeu de paramètres environnementaux (doi: 10.26179/5b8f30e30d4f3, https://australianantarcticdivision.github.io/blueant/articles/SO_SDM_data.html) sont d'ores et déjà disponibles pour la modélisation des niches écologiques qui pourra être mise en œuvre grâce à un tutoriel disponible et dédié aux modèles de niche écologiques appliqués aux données antarctiques (<https://cran.r-project.org/web/packages/SDMPlay>).

L'accueil du ou de la doctorant(e), les moyens d'analyse et de calcul nécessaires (biologie moléculaire, ordinateur et accès au mésocentre de calcul de Dijon) seront assurés par le laboratoire. La direction de thèse sera assurée par T. Saucède qui bénéficie d'une bonne expérience en systématique des oursins antarctiques et a encadré plusieurs thèses sur la thématique. Une demande de délégation CNRS en cours doit lui permettre de dégager du temps pour le projet. Ce projet de thèse s'inscrit dans une collaboration initiée depuis quelques années avec plusieurs collègues qui constitueront un réseau de personnes ressources pour le ou la doctorant.e : C. Moreau (FNRS, Université Libre de Bruxelles) en biologie

moléculaire et phylogénie, Rich Mooi (California Academy of Sciences) en systématique, et Charlène Guillaumot (UBE) en modélisation.

Connaissances et compétences requises :

Le ou la candidat(e) devra posséder des connaissances en systématique et phylogénie et être familiarisé(e) avec les concepts de niche écologique et de biogéographie. Il ou elle devra être capable de maîtriser les outils SIG (ArcGIS ou QGIS), pouvoir comprendre et apprendre à utiliser les programmes de modélisation de niche écologique (modèles d'ensemble). Des compétences en programmation sous R seront appréciées. Une expérience de travail en laboratoire et la pratique de l'extraction d'ADN et de l'amplification de fragments d'ADN pour PCR sera utile. Une connaissance des marqueurs moléculaires et de leur utilisation en phylogénie et phylogéographie est souhaitée, tout comme l'utilisation de programmes classiques dans ces disciplines comme Beast et DIYABC (ou équivalents).

Résumé en français et anglais (limité chacun à 1800 caractères)

Résumé. L'océan Austral abrite une grande diversité de faunes marines benthiques qui présentent une forte vulnérabilité aux conséquences du réchauffement climatique et aux perturbations anthropiques directes. Un réseau d'aires marines protégées a été défini par la CCAMLR afin de protéger les écosystèmes marins et les services associés. La reconnaissance de secteurs abritant des écosystèmes marins vulnérables (VME) vient compléter le dispositif : elle s'appuie sur l'identification de taxons indicateurs reconnus pour leur vulnérabilité aux perturbations environnementales. Or, les AMP de l'océan Austral ont souvent été définies sur la base de données abiotiques qui sont des indicateurs très indirects des niveaux de diversité et de vulnérabilité des espèces. D'autre part, les taxons indicateurs de VME sont identifiés à un très haut rang taxinomique qui ne rend pas compte de la diversité écologique des espèces et de leur vulnérabilité. Les oursins de la famille des Ctenocidaridae sont représentés par 5 genres et 21 espèces endémiques de l'océan Austral. La famille est identifiée comme taxon indicateur de VME, mais cela ne tient pas compte des niches écologiques des espèces et leur vulnérabilité. Enfin, des travaux récents de génétique démontrent notre méconnaissance de la diversité de la famille dont la systématique actuelle repose uniquement sur des caractères morphologiques présentant une forte plasticité phénotypique. Ce projet de thèse se propose d'analyser la diversité taxinomique et écologique de la famille des oursins Ctenocidaridae afin (1) de mieux comprendre sa structuration géographique actuelle, son origine et son histoire évolutive au regard de l'histoire océanographique et climatique de l'Antarctique, (2) d'estimer la sensibilité des espèces aux changements environnementaux actuels, et (3) d'évaluer la pertinence des mesures de conservation au regard de la diversité taxinomique et écologique de la famille.

Abstract. The Southern Ocean is home to a wide diversity of benthic marine fauna that are highly vulnerable to the consequences of global warming and direct anthropogenic disturbances. In this context, a network of marine protected areas has been defined by CCAMLR in order to protect marine ecosystems and associated services. The recognition of areas hosting vulnerable marine ecosystems (VME) completes the system: it is based on the identification of indicator taxa recognized for their vulnerability to environmental disturbances. However, the MPAs of the Southern Ocean have often been defined on the basis of abiotic data that are very indirect indicators of the levels of diversity and vulnerability of species. On the other hand, the VME indicator taxa are identified at a very high taxonomic rank that does not reflect the ecological diversity of species and their vulnerability. Sea urchins of the family Ctenocidaridae are represented by 5 genera and 21 species endemic to the Southern Ocean. The family is identified as an indicator taxon of VME, but this does not take

into account the ecological niches of the species and their vulnerability. Finally, recent genetic work demonstrates our lack of knowledge of the diversity of the family whose current systematics is based solely on morphological characters with strong phenotypic plasticity. This PhD project aims to analyze the taxonomic and ecological diversity of the echinoid family Ctenocidaridae in order to (1) better understand its present geographical structure, origin and evolutionary history in light of the oceanographic and climatic history of the Southern Ocean, (2) estimate the sensitivity of species to present environmental changes, and (3) assess the relevance of conservation measures with regards to the taxonomic and ecological diversity of the family.

Préciser le domaine de compétence dans la liste ci-dessous (2 choix possibles maximum – ne pas modifier les intitulés : ils sont imposés par certains sites web) :

Écologie, Environnement
Terre, univers, espace

Mots clés : Antarctique, conservation, modèles de niche écologique, oursins, phylogénie moléculaire, systématique