

TITRE DU PROJET : Modélisation des trajectoires locales de Biodiversité en réponse aux Dynamiques Climatiques : quel avenir pour les communautés marines côtières des îles Kerguelen (océan Austral, Terres Australes et Antarctiques Françaises) ? - MoBiDyC

1) Renseignements administratifs sur la direction de thèse¹

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 UMR6282, Université Bourgogne Europe CNRS. Directeur : Thomas Saucède

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.

Unité de recherche : Biogéosciences UMR6282, Université Bourgogne Europe, CNRS, EPHE

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 : Modélisation des trajectoires locales de Biodiversité en réponse aux Dynamiques Climatiques : quel avenir pour les communautés marines côtières des îles Kerguelen (océan Austral, Terres Australes et Antarctiques Françaises) ? (MoBiDyC)

Description du projet :

1) Contexte scientifique :

L'évolution récente du climat de l'hémisphère sud a été marquée par des changements de circulation atmosphérique qui vont s'amplifier au cours du 21^{ème} siècle avec des modifications équivalentes dans l'océan et une migration vers le sud du front polaire océanique. A proximité du front polaire, les îles subantarctiques françaises concentrent une biodiversité exceptionnelle dont la valeur patrimoniale a conduit à la création de la réserve des Terres australes françaises classée à l'UNESCO. Situés à l'interface terre-océan, les écosystèmes marins côtiers de ces îles restent peu étudiés alors qu'ils constituent des milieux complexes et écologiquement riches confrontés aux effets cumulés des changements climatiques et océaniques [1]. L'influence des types de circulation a été démontrée sur les variables atmosphériques et océaniques côtières mesurées aux Kerguelen [2], le plus grand des archipels subantarctiques français. Pour autant, les trajectoires locales de biodiversité restent encore mal cernées alors que de fortes hétérogénéités régionales sont attendues [3]. Une meilleure compréhension de ces changements [4] et de leurs impacts sur la biodiversité [5] est nécessaire et implique de tenir compte des déterminants écologiques qui modulent la réponse des espèces [6]. La récente prospective polaire du CNRS [7] invite à ne plus traiter ces problématiques en silo mais par des approches multidisciplinaires. Dans ce but, le projet de thèse **MoBiDyC** propose une **approche multidisciplinaire innovante** combinant **sciences du climat, océanographie côtière et écologie marine** afin de **modéliser, prédire et cartographier** les trajectoires locales de biodiversité aux Kerguelen en réponse aux changements environnementaux.

2) Objectifs de la thèse :

Le projet MoBiDyC a pour objectif de développer des modèles de réponse de la biodiversité au changement climatique à fine échelle spatiale, en ciblant les espèces clé des écosystèmes marins côtiers des Kerguelen, modulés par leur position dans leur niche climatique et la connectivité spatiale entre leurs aires de distribution. Le projet permettra de cartographier et prédire de façon fine les trajectoires locales de biodiversité pour différents scénarios climatiques suivant trois objectifs opérationnels.

Objectif 1. Quel est l'impact local des changements selon les différents scénarios d'évolution climatique jusqu'à 2100 ? Alors que des modèles d'évolution climatique existent à l'échelle de l'océan Austral, l'objectif est d'obtenir des données climatiques suffisamment réalistes pour alimenter les modèles d'impact sur la biodiversité explicitement sensibles aux variations climatiques et intégrant les observations océanographiques locales. L'hypothèse est que l'impact local présente des variations spatio-temporelles dépendant de la configuration locale du continuum terre-mer.

Objectif 2. Comment la réponse des espèces aux changements environnementaux est-elle modulée par leur position dans leur niche climatique ? La résilience des espèces peut varier

en fonction de leur position dans leur niche climatique, selon que les populations sont en marge (plus vulnérables) ou au cœur de leur niche (plus résilientes). L'objectif est d'avoir une meilleure caractérisation des trajectoires locales de biodiversité à fine échelle spatiale en fonction de leur sensibilité climatique. L'hypothèse est que les espèces côtières présentes à Kerguelen se trouvent en limite de leurs niches climatiques et soient donc vulnérables au réchauffement climatique.

Objectif 3. Les Kerguelen constituent-elles une zone refuge ou une zone à risque pour les espèces subantarctiques côtières dans un contexte de changement climatique ? La vulnérabilité et la résilience des espèces dépend aussi de la connectivité spatiale entre les îles subantarctiques, les espèces étant plus vulnérables si leur distribution spatiale est restreinte et/ou isolée des autres îles. L'objectif sera ici d'intégrer la connectivité spatiale entre les aires de distribution afin d'affiner et cartographier la réponse des espèces. L'hypothèse est que les espèces endémiques ou aux distributions à faible connectivité sont plus à risque.

3) Méthodologie :

Le projet s'appuiera sur les données d'observations d'océanographie côtière disponibles [8] et les bases de données de distribution et scripts existants [9, 10, 11] pour une mise en œuvre selon trois volets et le calendrier suivant.

	Année 1		Année 2		Année 3	
WP1						
WP2						
WP3						
Congrès				SCAR Biol.		SCAR OSC
Publications / rédaction			P1			P2 / réd.

WP1. Il est difficile de débiaiser et downscaler les projections globales sur des sites complexes, or ce débiaisage est souvent nécessaire pour évaluer les impacts du climat. L'enjeu est d'obtenir des données climatiques suffisamment réalistes pour alimenter des modèles explicitement sensibles aux variations climatiques et océanographiques. Des projections débiaisées en ligne pendant la simulation seront mobilisées pour obtenir des données à la fois physiquement cohérentes et dépourvues d'une partie de leurs biais.

WP2. Les modèles de réponse des espèces doivent être affinés en intégrant leur sensibilité déterminée par leur position dans leur niche climatique. Les espèces clés des différents niveaux trophiques des écosystèmes côtiers des Kerguelen seront ciblées sur la base des modèles trophiques [12], des bases de données et des scripts existants [10, 13]. Les niches modélisées permettront de mieux cerner la sensibilité des espèces aux projections de changements régionaux débiaisés obtenus dans le WP1.

WP3. La vulnérabilité des espèces est dépendante de la connectivité entre leurs aires de distribution, or celle-ci est rarement prise en compte dans les modèles. L'enjeu est de modéliser la réponse des espèces et des assemblages obtenus dans le WP2 en intégrant l'étendue et la connectivité spatiale. Suivant l'approche de Mortiz *et al.* [14], les modèles intégreront les résultats de génétique disponibles [8] et les potentiels de dispersion estimés par approche lagrangienne [15].

Références :

1. Morley *et al.* 2020. *Frontiers in Marine Science*, 7, 547188
2. Pohl B, Saucède T, *et al.* 2021. *J Applied Meteorology and Climatology*, 60, 711-73
3. IPCC 2023. IPCC, Geneva, Switzerland, 1-34.

4. Blowes et al. 2019. *Science* 366, 6463, 339-345
5. Dornelas et al. 2023. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 378, 20220199
6. Faulkner et al. 2024 *TREE* 39(12), 1130-1140
7. Durand G et al. 2025. CNRS éditions.
8. Féral J-P et al. 2019. Australian Antarctic Division, Kingston, Tasmania, Australia, 383-402.
9. Saucède T et al. 2019. Australian Antarctic Division, Kingston, Tasmania, Australia, 95-116
10. Guillaumot C et al. 2020. *Polar Biology* 43, 1363-1381
11. Guillaumot C et al. 2018. 10.26179/5b8f30e30d4f3.
12. Le Bourg B et al. 2022. *Marine Biology* 169(9), 118
13. Fabri-Ruiz S et al. 2020. *Global Change Biology*, 26(4), 2161-2180
14. Mortiz C et al. 2013. *Oikos* 122, 1401-1410
15. Guillaumot C et al. 2021. *Global Change Biology* 27(15), 3487-3504

Financement du projet :

Montants acquis : programme ANR n°21-POCE-0001 PPR OCEAN. Les crédits de fonctionnement du programme (24k€) permettront de couvrir les dépenses de mission (réunions, congrès).

Crédits récurrents : dotation annuelle de 900€ allouée par le laboratoire d'accueil spécifiquement pour les dépenses de fonctionnement (informatique, missions et congrès notamment).

Coût de calcul : l'accès au mésocentre régional MesoBFC (accès aux serveurs pour les besoins de calcul et la sauvegarde des données) est pris en charge par l'unité d'accueil (10 k€/an).

Faisabilité du projet :

L'accueil de la ou du doctorant(e), les moyens d'analyse et de calcul nécessaires seront assurés par le laboratoire d'accueil, l'UMR6282 CNRS Biogéosciences. Le traitement de grosses quantités d'information numérique (projections climatiques notamment) sera possible grâce au recours au mésocentre régional (MesoBFC). L'UMR6282 favorise également l'ouverture des données par sa politique de science ouverte (dat@UBFC labellisé recherche.data.gouv.fr). La direction de thèse sera assurée par T. Saucède, spécialiste en écologie marine et porteur de projets d'étude et de suivi des environnements marins côtiers des Iles Kerguelen. Les travaux de thèses pourront s'appuyer sur les bases de données d'occurrences existantes ainsi que sur un large jeu de paramètres environnementaux (doi: 10.26179/5b8f30e30d4f3, https://australianantarcticdivision.github.io/blueant/articles/SO_SDM_data.html) d'ores et déjà disponibles pour la modélisation de niches qui pourra être mise en œuvre grâce à un tutoriel disponible dédié (<https://cran.r-project.org/web/packages/SDMPlay>).

Ce projet de thèse s'inscrit dans un réseau de collaborations initiées depuis plusieurs années avec plusieurs collègues qui constitueront des personnes ressources pour la ou le doctorant.e. Au sein du laboratoire d'accueil, le projet bénéficiera de synergies avec plusieurs projets en cours dans le domaine (programme IPEV 1044 Proteker, PPR-OCEAN ANR-21-POCE-0001 ClimLab, postdoc MSCA de J Wille sur les extrêmes climatiques antarctiques) et des expertises de B Pohl (DR CNRS, sciences du climat spécialiste de modélisation climatique et de climat antarctique) et de Y Lelièvre (postdoctorant CNRS, spécialiste en écologie marine). En externe, la ou le doctorant(e) bénéficiera des expertises de C Guillaumot (IR CNRS OSU THETA, spécialiste de modélisation écologique), V. Favier, G. Krinner, et V. Buffet (IGE, Grenoble) et F Codron (LOCEAN-IPSL) sur les projections climatiques débiaisées en ligne, et de T Lamy (MARBEC, Montpellier) en écologie marine et conservation. Enfin, G Moutardier (partenaire du service environnements marins des Terres Australes et Antarctiques Françaises) sera une personne ressource pour le volet conservation des habitats marins de Kerguelen. Les résultats de la thèse contribueront au plan de gestion de la réserve des TAAF et aux objectifs du programme IPEV Proteker et de la Zone Atelier Antarctique du CNRS (ZATA).

Connaissances et compétences requises :

Le ou la candidat(e) devra posséder des connaissances en écologie marine et être familiarisé(e) avec les concepts de niche climatique et de connectivité spatiale. 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. Des compétences en programmation sous R ou python seront nécessaires.

Résumés en français et anglais :

Résumé. L'évolution récente du climat de l'hémisphère Sud s'accompagne de modifications marquées de la circulation atmosphérique et océanique, appelées à s'intensifier au cours du XXI^e siècle, notamment avec un déplacement vers le sud du front polaire océanique. À l'interface terre-mer, les écosystèmes marins côtiers des îles subantarctiques françaises demeurent peu étudiés alors qu'ils sont écologiquement riches et fortement exposés aux effets combinés des changements climatiques et océaniques. Si l'influence des régimes de circulation sur les variables atmosphériques et océaniques locales a été démontrée, les trajectoires de biodiversité restent mal comprises. Dans ce contexte, le projet de thèse MoBiDyC propose une approche multidisciplinaire innovante associant sciences du climat, océanographie côtière et écologie marine afin de modéliser et cartographier à fine échelle les trajectoires locales de biodiversité aux Iles Kerguelen. Le projet est structuré selon trois questions et objectifs opérationnels. (1) Quel sera l'impact local des différents scénarios climatiques ? Il s'agit d'obtenir des projections climatiques régionalisées, cohérentes et débiaisées, intégrant les observations océanographiques locales. (2) Comment la réponse des espèces est-elle modulée par leur position dans leur niche climatique ? L'objectif est d'avoir une meilleure caractérisation des trajectoires locales de biodiversité à fine échelle spatiale. (3) Les Kerguelen constituent-elles un refuge ou une zone à risque ? L'objectif sera ici d'intégrer la connectivité spatiale entre les aires de distribution afin d'affiner et cartographier la réponse des espèces. La méthodologie mise en œuvre comprendra la production de projections climatiques régionales fiables (WP1), la modélisation affinée des niches climatiques et de la sensibilité des espèces clés des écosystèmes (WP2), et l'intégration de la connectivité spatiale pour évaluer la résilience des espèces (WP3).

Abstract. Recent changes in the climate of the Southern Hemisphere have been accompanied by marked modifications in atmospheric and oceanic circulation, which are expected to intensify over the 21st century, notably with a southward shift of the oceanic polar front. At the land–sea interface, the coastal marine ecosystems of the French subantarctic islands remain poorly studied, despite being ecologically rich and highly exposed to the combined effects of climate and ocean change. While the influence of circulation regimes on local atmospheric and oceanic variables has been demonstrated, biodiversity trajectories remain poorly understood. In this context, the MoBiDyC PhD project proposes an innovative multidisciplinary approach combining climate sciences, coastal oceanography, and marine ecology to model and map fine-scale local biodiversity trajectories in the Kerguelen Islands. The project is structured around three research questions and operational objectives. (1) What will be the local impact of different climate scenarios? The aim is to produce regionalized, consistent, and bias-corrected climate projections that incorporate local oceanographic observations. (2) How is species response modulated by their position within their climatic niche? The objective is to achieve a better characterization of local biodiversity trajectories at fine spatial scales. (3) Do the Kerguelen Islands constitute a refuge or a high-risk area? The goal here is to integrate spatial connectivity among distribution areas in order to refine and map species responses. The methodology will include the production of reliable

regional climate projections (WP1), refined modeling of climatic niches and the sensitivity of key ecosystem species (WP2), and the integration of spatial connectivity to assess species resilience (WP3).

Préciser le domaine de compétence dans la liste ci-dessous :

- Ecologie, Environnement
- Terre, univers, espace

Mots clés concernant le sujet : écologie marine, modèles climatiques régionalisés, niche climatique, connectivité spatiale, benthos, Iles Kerguelen, Terres australes françaises