



ED 398 Géosciences, Ressources Naturelles et Environnement
Proposition de sujet de thèse pour la rentrée universitaire 2020-2021

1. Modalités d'encadrement

Unité(s) de recherche au sein de laquelle le doctorat est réalisé : **Institut des Sciences de la Terre de Paris, UMR7193 ISTeP, Sorbonne Université - Campus Pierre et Marie CURIE - T56-55 N5**

Directeur de l'unité : **Leroy, Sylvie, DR CNRS**

Directeur(s)* de thèse (HDR ou équivalent) : **Minoletti, Fabrice, MCF Sorbonne Université, UMR 7193 Institut des Sciences de la Terre de Paris.**

Co-directeur* de thèse (HDR ou équivalent) : **Hermoso, Michaël, PR Université du Littoral Côte d'Opale, UMR 8187 Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences.**

Co-encadrant (non HDR) : **Aucun**

Responsabilités spécifiques de chaque encadrant :

FM: Cadre général de la thèse. Microséparation des coccolithes sédimentaires, analyses morphométriques des coccolithes. Applications paléocéanographiques.

MH: Cultures de coccolithophoridés en laboratoire. Interactions environnement/physiologie et effets vitaux. Formalisation de nouveaux proxies (pCO₂, alcalinité et pH).

* Si un seul directeur de thèse est déclaré, il endosse 100% de la responsabilité de la thèse au regard de l'ED. Si 2 directeurs sont déclarés, ils partagent cette responsabilité à 50%. Le taux de responsabilité maximal est fixé à 300%. Les co-encadrants n'entrent pas dans le décompte, quel que soit leur rôle effectif

2. Titre Les températures de surface océaniques et les pCO₂ atmosphériques ont-elles co-évolué au cours des transitions climatiques du Cénozoïque ? Contraindre la sensibilité du système climatique terrestre par la géochimie des coccolithes.

3. Adresse courriel du contact scientifique : fabrice.minoletti@sorbonne-universite.fr

4. Description du projet de thèse [champ libre 1 page max].

En complément des températures de surface de l'océan, la reconstitution des valeurs de pressions partielles en CO_2 de l'atmosphère au cours des temps géologiques représente un des plus grands défis auquel fait face la communauté des paléoclimatologues. Ce paramètre, qui exerce un forçage sur les températures de surface via l'effet de serre, n'est pas quantifiable directement pour les périodes pré-Quaternaires car l'enregistrement des glaces antarctiques s'arrête actuellement à 800 000 ans. Malgré le développement de marqueurs environnementaux multiples (isotopes stables sur alcénones ou paléosols, isotopes du bore, indices de stomates des végétaux supérieurs), les enregistrements restent parcellaires et parfois contradictoires. Ces enregistrements permettent toutefois de distinguer deux états climatiques distincts du système Terre : l'état *Greenhouse* (fortes $p\text{CO}_2$, températures élevées, pas de glaces pérennes aux pôles) typique du Paléogène auquel succède le climat actuel *Icehouse* caractérisé par la présence de glaces polaires permanentes associées à des températures et des $p\text{CO}_2$ plus faibles. Ce régime *Icehouse* est avéré depuis environ 35 Ma [Zachos et al., 2008 – *Nature geoscience*]. Au-delà de ces grandes tendances, les tentatives de reconstitution combinées températures/ $p\text{CO}_2$ à plus fines échelles de temps, et notamment lors de transitions climatiques, se heurtent au double problème de disponibilité d'une archive paléoclimatique fiable et continue, et de fidélité des proxies employés.

Des développements méthodologiques et conceptuels menés à l'ISTeP depuis plusieurs années ont permis de faire sauter ces deux verrous simultanément en utilisant l'archive coccolithe. Les coccolithes sont des biominéraux calcitiques produits par des micro-algues photosynthétiques (coccolithophoridés) apparues dans les océans du Trias. Étant produits dans les eaux de surface de l'océan, ils sont idéalement placés pour enregistrer les températures de surface océaniques (SSTs) via leur composition isotopique en oxygène ($\delta^{18}\text{O}$). En outre, les concentrations en CO_2 dissous dans l'eau de mer modulent la croissance des coccolithophoridés et affectent la composition isotopique en carbone ($\delta^{13}\text{C}$) des coccolithes, offrant ainsi un proxy de $p\text{CO}_2$ qui pourra compléter les enregistrements plus classiques basés sur le $\delta^{13}\text{C}$ des alcénones (des lipides membranaires également produits par les coccolithophores). Le décryptage des signaux géochimiques mesurés dans le registre sédimentaire doit passer par un traitement biogéochimique prenant en compte l'impact de l'activité biologique de l'organisme synthétisant cette archive [Hermoso, Godbillot & Minoletti, 2020 – *Frontiers in Earth Science*] et qui peut être contraint par les cultures *in vitro* de coccolithophoridés au laboratoire. Cette approche a formé le cœur de deux thèses sur l'Éocène (M. Tremblin, soutenue en 2016) [Tremblin et al., 2016 – *PNAS*] et les cyclicités glaciaires-interglaciaires du Pléistocène (C. Godbillot, en cours).

Le projet doctoral proposé a donc pour objectif la reconstitution conjointe, à partir de cette archive sédimentaire unique, des températures de surface de l'océan et des pressions partielles de CO_2 atmosphérique au cours de périodes de transition climatique de l'Oligocène (34-23 Ma) et du Pliocène (5.3-2.6 Ma). Dans le premier cas, la variabilité thermique des eaux profondes a été mise en relation avec les phases de croissance de la calotte antarctique, mais sans pouvoir identifier de contrôle par la $p\text{CO}_2$ atmosphérique et sans informations sur les transports latitudinaux de chaleur dans les eaux de surface. Dans le deuxième cas, les températures océaniques globalement chaudes dans un monde réputé à faible effet de serre restent encore mal expliquées en l'absence de données de $p\text{CO}_2$ atmosphériques convergentes et à haute résolution. Pour ces deux cas d'étude, les modélisations climatiques ne parviennent pas à unifier quantitativement les données paléoenvironnementales avec les connaissances sur la sensibilité climatique du système Terre et le forçage des $p\text{CO}_2$ sur les températures océaniques. Ces aspects pourront être développés en collaboration avec des spécialistes de la modélisation des paléoclimats à partir des données produites lors de cette thèse.

D'un point de vue méthodologique, le travail consistera en l'étude de sédiments océaniques profonds et l'extraction et analyse géochimique ciblée de coccolithes sédimentaires. Un volet de biométrie des coccolithes par différentes techniques de microscopies optique et électronique permettra d'ajouter des contraintes sur l'état de la chimie de l'océan de surface (alcalinité de l'eau de mer). De nouvelles cultures de coccolithophoridés en milieu contrôlé seront à mettre en œuvre afin d'affiner la résolution des proxies, notamment de $p\text{CO}_2$ sur la gamme-cible attendue pour l'Oligocène et le Pliocène.

5. Compétences et connaissances requises [champ libre 1/2 page max.]

Le/la candidat/e devra avoir un gout pour l'interdisciplinarité (cultures et sédiments), pour l'expérimentation et les manipulations de laboratoires en sédimentologie et les analyses (bio)géochimiques. De bonnes connaissances de la chimie de l'océan, des échanges de CO₂ entre l'atmosphère et l'océan, de biogéochimie et du cycle du carbone en général seront utiles pour la compréhension du fonctionnement cellulaire des coccolithophoridés et l'interprétation des données issues des biominéraux fossiles. Un fort tropisme vers la sédimentologie, l'étude des paléoenvironnements et la paléoclimatologie sera le bienvenu. Une grande rigueur dans la mise en œuvre des différentes expériences et l'interprétation des résultats sera indispensable.

6. Conditions matérielles de réalisation du projet de recherche

Financement spécifiques obtenus pour le projet : Les frais de fonctionnement seront pris en charge par l'ANR CARCLIM (porteur M. Hermoso) ainsi que par des projets INSU-Tellus/Intervie déposés au cours de la thèse proposée.

Financement des missions nécessaires pour la réalisation du projet : **N/A, pas de missions prévues.**

Accès à des bases de données spécifiques : **Non**

Accès à des ressources documentaires spécifiques : **Non**

Accès à des plateformes : **Oui, plateforme Isotopie UFR TEB/OSU EcceTerra**

Accès à des grands instruments : **Non**

Autres : **[Champ libre]**

7. Précisions sur les objectifs de valorisation des travaux issus du projet de recherche : [champ libre]

Exemples : projet de brevet, types de revues/colloques envisagés/réalisés, actions de vulgarisation scientifique envisagés/réalisés, etc.

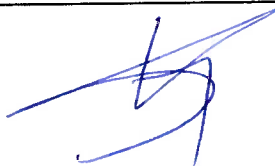
Depuis 10 ans, l'équipe BES puis PPB de l'ISTeP s'est positionnée sur développement de nouveaux marqueurs paléoenvironnementaux basés sur la géochimie du nannoplancton calcaire. Après le développement de méthodes permettant l'extraction des coccolithes à partir des sédiments pélagiques (Minoletti et al., 2009), des avancées conceptuelles basées sur les mises en cultures de micro-algues et l'analyse de sédiments sub-actuels ont permis d'évaluer les biais géochimiques associés à leur biocalcification (Hermoso, 2014; 2015; Hermoso et al., 2014; 2015; 2016; Minoletti et al., 2014) et donc de développer de nouveaux marqueurs isotopiques applicables au nannoplancton calcaire.

Ces marqueurs ont été utilisés avec succès sur les cyclicités glaciaires du Pléistocène (Hermoso, 2016; Godbillot et al., in prep.) et la dernière période Greenhouse du Paléogène (Tremblin et al., 2016; Tremblin et al., subm.).

Il est donc maintenant possible d'envisager une reconstitution climatique intégrée du Cénozoïque et ainsi résoudre les incertitudes associées aux périodes de transition de l'Oligocène et du Pliocène. Le matériel d'étude (en partie déjà disponible) proviendra de sites océaniques atlantiques équatoriaux (ODP 925/929), tropicaux (DSDP 511, 516F) et de haute latitudes australes et boréales (DSDP689/690 et 549).

Les publications associées à ces thématiques ont un potentiel de fort impact, notamment en ce que les résultats auront des implications directes pour les scénarios et projections climatiques de l'Anthropocène.

Visa de la Direction de l'Unité



Commentaires éventuels :

Sylvie LEROY
Directrice ISteP - UMR 7193