



ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES DE LA TERRE



université
**PARIS
DIDEROT**
PARIS 7



Sujet proposé pour un début de contrat en Septembre 2013

Le paléo-thermomètre Δ_{47} : renforcement et application pour reconstruire les climats et environnements marins pré-Cénozoïque

Directeur :

Cartigny Pierre (DR CNRS) cartigny@ipgp.fr

Co-directrice :

Bonifacie Magali (CR CNRS) bonifaci@ipgp.fr

Equipe d'accueil :

IPGP- Equipe de Physico-Chimie des fluides Géologiques – UMR7154

Financement : **Contrat doctoral avec ou sans mission**

*Plus de renseignement voir : <http://ed109.ipgp.fr>, Rubrique : Offres_de_thèse
Il est indispensable de faire acte de candidature sur le site de l'Ecole doctorale*

L'évolution de la vie sur Terre est intimement liée aux variations de conditions environnementales à la surface de la Terre au cours des temps géologiques, et particulièrement à l'histoire thermique et chimique des océans. Malgré ces implications majeures, les reconstructions disponibles restent aujourd'hui incomplètes et pour certaines controversées. Un des paramètres les plus importants pour déterminer les conditions environnementales à la surface de la Terre est la température. L'approche la plus quantitative à ce jour pour reconstruire les paléo-températures repose sur l'utilisation des compositions isotopiques en oxygène ($\delta^{18}\text{O}$) des carbonates marins qui dépendent de la température mais également du $\delta^{18}\text{O}$ de l'eau de mer à partir de laquelle ils ont précipités (Urey et al., 1951). Cette approche reste controversée puisqu'elle repose sur une hypothèse majeure encore débattue après plus de 60 ans de recherche : la constance du $\delta^{18}\text{O}$ de l'eau de mer au cours des temps géologiques. Depuis 2006, le thermomètre « Δ_{47} » permet de contourner cette hypothèse et présente donc des promesses précédemment inégalées pour reconstruire les climats du passé. En effet, le Δ_{47} est basé sur un équilibre interne au carbonate, permettant de contraindre la température de croissance de ce carbonate, indépendamment du $\delta^{18}\text{O}$ du fluide à partir duquel il s'est formé (Ghosh et al., 2006). Cette thermométrie peut donc être appliquée aux périodes durant lesquelles le $\delta^{18}\text{O}$ de l'eau de mer est inconnu, c'est à dire la majorité des enregistrements géologiques.

La thèse proposée s'articulera autour de 2 axes : (i) le renforcement de notre connaissance théorique sur le thermomètre Δ_{47} et (ii) son application pour reconstruire les paléo-environnements pré-Cénozoïque (ie. > 65 millions d'années, périodes pour lesquelles il existe particulièrement peu – voire pas du tout – de proxy de température fiable). Dans le détail:

(i) malgré son intérêt majeur par rapport aux autres proxys de température pré-existants, certaines questions relatives à l'utilisation du Δ_{47} restent ouvertes. Notamment, l'abondance des

liaisons ^{13}C – ^{18}O dans un carbonate donné dépend de sa température de cristallisation : en effet à basse température ces liaisons entre les deux isotopes rares ^{13}C et ^{18}O sont favorisées. Cependant, lors de l'enfouissement des séries sédimentaires (et du réchauffement associé) la possibilité que ces liaisons se réorganisent par diffusion à l'état solide reste très peu étudiée bien que pouvant obscurcir les reconstructions de températures pour des sédiments anciens ayant subi divers degrés de diagénèse d'enfouissement. Cette thèse permettra d'étudier ce phénomène sur la base d'échantillons naturels et expérimentaux qui permettront de déterminer dans quelles conditions d'enfouissement Pression-Température-temps un carbonate formé à l'équilibre avec l'eau de mer peut garder sa composition Δ_{47} originelle versus celles pour lesquelles le Δ_{47} mesuré reflète les conditions de diagénèse.

ii) Le deuxième objectif majeur de cette thèse, qui pourra être conduit en parallèle, sera d'appliquer pour la première fois le thermomètre Δ_{47} à des séries sédimentaires caractéristiques des grands événements anoxiques océaniques (OAE) pour identifier l'ampleur et l'origine des variations thermiques suggérées comme déclencheur de ces événements. Ces événements qui parsèment l'histoire géologique se caractérisent en effet par de profondes perturbations du climat et de la chimie des océans ainsi que des variations majeures du cycle du carbone dont les origines, interrelations et liens de cause à effet restent controversés. En couplant le Δ_{47} à d'autres traceurs isotopiques caractéristiques des changements environnementaux à la surface de la Terre (eg., $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{34}\text{S}$, $\delta^{15}\text{N}$ traçant les cycles du carbone, soufre et azote respectivement) il sera possible de mieux comprendre les liens entre variation climatique, anoxie et extinctions de masse enregistrées dans la plupart des sédiments contemporains des OAE. Ce travail s'appuiera sur des techniques analytiques toutes opérationnelles dans l'équipe de Géochimie des Isotopes Stables, sur des séries d'échantillons en partie déjà disponibles ainsi que des collaborations déjà établies avec des chercheurs extérieurs à l'IPGP.

Profil du candidat: La thèse demandera un investissement analytique important. Le candidat devra avoir de solides connaissances en géochimie isotopique et sédimentologie et un intérêt certain pour le travail d'analyse en laboratoire. Une expérience en thermodynamique et statistique est un plus.

Débouché grande échelle: Au delà de l'application spécifique de reconstructions des paléoclimats et paléo-environnements proposées ici cette thèse permettra au candidat de maîtriser un outil de pointe dont les champs d'application sont infinis. En effet, parce que la température et/ou la composition des fluides sont souvent des inconnues majeures dans la reconstruction des processus à la surface de la Terre (e.g., interactions eau-roche, tectonique, géologie appliquée) cet outil permettra d'aborder des problèmes majeurs des Sciences de la Terre modernes sous un nouveau jour.

Transmission des candidatures : bonifaci@ipgp.fr