



# ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES DE LA TERRE



Sujet proposé pour un début de contrat en Septembre 2013

---

## TITRE du SUJET :

Modélisation des changements climatiques et cryosphériques durant l'Ordovicien

## Directeur :

Donnadieu, Yannick, CR1, Yannick.Donnadieu@lsce.ipsl.fr

## Co-encadrant :

LE HIR, Guillaume, MCF, lehir@ipgp.fr

## Equipes d'accueil :

IPGP- Equipe de Paléomagnétisme – UMR7154  
et LSCE – CEA Saclay – Equipe de Modélisation du climat

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*

---

## Résumé de la thèse en français

Dans l'histoire de la Terre, l'Ordovicien (488-443 Ma) est une période unique. Elle comporte la plus importante phase de radiation de la vie marine (Ordovicien moyen) puis se termine par une extinction majeure, deuxième en importance après l'extinction Permien-Trias. La fin de l'Ordovicien, période appelée l'Hirnantien, voit également l'arrivée d'un refroidissement sévère se traduisant par la mise en place de calottes glaciaires. Actuellement de nombreux travaux ont permis de déterminer l'extension géographique de la calotte glaciaire hirnantienne. Ils sont basés sur des données de terrain (structures glaciaires et périglaciaires,) accumulées par de nombreuses missions sur les différents affleurements du continent Gondwana. Néanmoins des problèmes subsistent quant à la datation précise de ces dépôts glaciaires et sur les conditions qui ont amené à cette glaciation. Cette thèse aura comme objectif de répondre à ce second point. Pour se faire cette thèse sera structurée en 3 parties. La première partie sera focalisée sur l'extension, la forme, le volume et le type de calottes glaciaires. La deuxième partie s'intéressera au climat et sa dynamique, notamment au couplage océan-atmosphère en tenant compte de la dissymétrie dans la distribution des continents lors de l'Ordovicien, l'hémisphère Nord étant pratiquement entièrement océanique à l'opposé de l'hémisphère Sud qui concentre la quasi-totalité des continents. La troisième partie portera sur les liens climat – biodiversité. Ces 3 parties seront traitées sous l'angle de la modélisation numérique, notamment via l'utilisation des modèles de climat et de calottes de glace développés conjointement au LSCE (Saclay) et au LGGE (Grenoble).

Dans le détail, lors la première partie de cette thèse, le candidat pourra utiliser des simulations couplées Océan Atmosphère du modèle climatique FOAM (en collaboration avec E. Nardin, Chargé de recherche au laboratoire GET (Géosciences Environnement Toulouse) pour étudier les conditions de formation de la calotte de glace. Pour l'occasion le modèle de climat

FOAM sera couplé au modèle de calotte de glace GRISLI. Les résultats obtenus seront confrontés aux données disponibles afin de répondre aux questions fondamentales actuellement soulevées :

- « Quelle relation y a-t-il entre l'évolution du CO<sub>2</sub> et le volume de glace posé sur les continents ? »
- « Le volume est-il cohérent avec celui proposé par l'interprétation des données isotopiques ? »
- « Le modèle reproduit-il correctement l'extension de la calotte telle que prédite par les données glaciaires ? »

La seconde partie de la thèse s'attachera à comprendre la dynamique océanique dans les conditions singulières que sont celles de l'Ordovicien. Les premières simulations couplées de l'Ordovicien tendent à montrer l'existence d'un courant océanique allant d'Ouest en Est aux moyennes latitudes (50°N) et s'étalant de la surface au fond (un peu comme le courant circumpolaire antarctique). En effet, à cette période, l'hémisphère Nord est presque entièrement océanique, la majeure partie des continents se trouvant dans l'hémisphère Sud. Ce courant a des implications potentielles majeures car il induit une instabilité du climat très forte avec deux états d'équilibre, l'un totalement déglacé, l'autre avec de la glace de mer (dans l'hémisphère Nord) jusqu'à 45° de latitude. En effet, l'existence de ce courant modifie drastiquement la façon dont l'énergie est redistribuée en latitude en créant une barrière au courant océanique méridien. Au cours de cette thèse, le candidat pourra utiliser deux autres modèles couplés Océan Atmosphère, le modèle IPSL développé en France et le modèle MITgcm développé aux USA, afin de confirmer ou d'infirmer l'existence de ce courant marin coupant l'hémisphère Nord.

La troisième partie sera dédiée au lien entre les changements de conditions environnementales et la crise biologique de l'Ordovicien, et ce, grâce à une collaboration avec Emmanuelle Vennin de Biogéosciences, Professeur à l'université de Dijon. En utilisant les résultats des 2 premières parties, le candidat confrontera les nouvelles connaissances de la dynamique glaciaire et océanique, notamment la description fine des courants marins de surface, aux distributions de la biodiversité des organismes marins durant l'Ordovicien.