# Titre du stage : Les changements majeurs de la Pompe Biologique au cours des 800 derniers ka et leurs impacts sur le cycle du carbone

**Encadrante :**
Stéphanie Duchamp-Alphonse (stephanie.duchamp@u-psud.fr)

**Collaborations:**
Amaëlle Landais (amaelle.landais@lsce.ipsl.fr)
Margaux Brandon (margaux.brandon@u-psud.fr)

**Mots clés :** Pompe Biologique – Océan Austral– Coccolithes (SYRACO) TOC, $CaCO_3$.

## Profil et compétences

Le/la candidat(e) devra montrer un intérêt profond pour la micropaléontologie, la géochimie et la paléoclimatologie. Des prérequis en paléocéanographie ne sont pas obligatoires mais recommandés.

## Contexte du stage

Ce stage de M1 s'adosse aux travaux de thèse de Margaux Brandon, qui portent sur les changements de productivité biologique (marine vs continentale vs globale) et leurs impacts sur les cycles du C et de l'O au cours des derniers 800 ka, via une approche géochimique, micropaléontologique et numérique (utilisation de sorties de modèles de biogéochimie marine (PISCES) et de végétation (ORCHIDEE)).

*Le stage est financé pour 4 mois, par L'Institut Pierre Simon Laplace (IPSL).*

## État de l'art et objectifs

Depuis les années 50, l'augmentation des émissions de gaz d'origine anthropique a amplifié l'effet de serre naturel de la Terre, qui se traduit par une diminution de la couverture de glace, l'augmentation du niveau marin, et la récurrence d'évènements météorologiques et climatiques extrêmes, avec des conséquences importantes sur les systèmes naturels et humains (Rapport du GIEC, http://ipcc.ch). Plus particulièrement, le dioxyde de carbone ($CO_2$) serait responsable de plus de la moitié de l'effet de serre actuel et est susceptible de le rester à l'avenir. Les rôles importants de la circulation océanique (en particulier dans l'océan austral) et de la productivité biosphérique dans les variations de $pCO_2$ atmosphérique, ont été clairement identifiés. Cependant, les processus à l'origine de leurs variations et leurs impacts sur les écosystèmes depuis la révolution industrielle mais aussi en contexte pré-anthropique restent mal contraints, ce qui restreint notre compréhension du système climatique futur. Pour réaliser une quantification pertinente des changements de la productivité biosphérique dans le passé, il est nécessaire d'avoir recours à une gamme de climats plus froids et plus chauds que notre climat actuel. Une fois démontrée notre capacité à comprendre les changements de productivité biosphérique pour ces périodes passées, l'impact grande échelle de ces phénomènes dans le cadre du changement climatique actuel et futur pourra être abordé de façon cohérente. Dans ce contexte, l'étude des cycles G/IG du Quaternaire et plus particulièrement les déglaciations, apparait primordiale.

Les travaux portant sur les changements climatiques du Quaternaire montrent une bonne corrélation entre les variations de la $pCO_2$ atmosphérique (~80-150 ppm), les températures globales de la terre (~4-5°C), et le volume des glaces à l'échelle des cycles Glaciaires/Interglaciaires (G/IG). Les études empiriques révèlent que les changements de concentration en $CO_2$ atmosphérique

jouent un rôle crucial dans ces cycles, car ils modulent l'impact des changements d'insolation induit par les paramètres orbitaux, et la dynamique des calottes de glace. A l'image des processus impliqués dans la dynamique du cycle du carbone au cours de la dernière déglaciation, il semblerait que ces changements puissent être totalement expliqués par des variations dans les échanges de $CO_2$ entre l'Océan Austral et l'atmosphère, via des interactions complexes entre la glace de mer, la stratification des eaux, et la productivité primaire. Plus particulièrement, une part importante des augmentations de $pCO_2$ atmosphérique observées pendant les déglaciations des derniers 800 ka, a été attribuée à une meilleure ventilation des masses d'eau intermédiaires et profondes, via la revigoration des upwelling austraux, permettant de reconnecter le réservoir océanique profond enrichi en Carbone Inorganique Dissous (CID), aux eaux de surface et à l'atmosphère. Cependant, l'amplitude du changement de $pCO_2$ lors des différentes déglaciations est aussi fonction de l'étendue de la couverture de glace et de la productivité biologique.

Il semblerait que les changements de productivité marine, étroitement tributaires des processus physicochimiques impliqués dans l'Océan Austral, aient favorisé l'augmentation de la $pCO_2$ atmosphérique via une diminution d'efficacité de la pompe des Tissus Mous (PTM). Cependant, les reconstructions ignorent presque toujours la contribution relative de la Contre Pompe des Carbonates (CPC) qui génère une augmentation de la $pCO_2$ des eaux de surface, et à fortiori de l'atmosphère, via une diminution de l'alcalinité océanique de surface et dont nous avons récemment mis à jour la contribution dans l'augmentation de la $pCO_2$ atmosphérique au cours de la dernière déglaciation (Duchamp-Alphonse et al., Nature Communications, 2018).

*Nous proposons d'explorer la dynamique de la pompe biologique marine lors des déglaciations des 800 derniers ka et son impact sur les changements de $pCO_2$ atmosphérique, en considérant à la fois la PTM et la CPC, via l'analyse micropaléontologique (coccolithophoridés) et géochimique d'une carotte marine prélevée dans l'Océan Austral.*

**Stratégie**

Concrètement, nous proposons d'étudier les coccolithophoridés ainsi que les teneurs en COT et $CaCO_3$ de la carotte sédimentaire MD04-2718 (48°53.30 S, 65°57.42 E, 1428 m), prélevée dans l'Océan Austral (secteur Indien). Cette étude permettra une meilleure représentation de la productivité des coccolithophoridés de l'Océan Austral au cours des 10 dernières terminaisons et viendra compléter les résultats micropaléontologiques et géochimiques obtenus à haute résolution temporelle sur des carottes sédimentaires situées plus au Sud (carottes MD07-3088 localisée à 46°04'S et MD07-3082 localisée à 49°10'S). Une attention particulière sera portée à l'évolution de la masse (obtenue avec le logiciel SYRACO), de certaines espèces de coccolithes tributaires des conditions de pH et de $pCO_2$ des eaux de surface.

**Référence bibliographique**

Duchamp-Alphonse, S. et al., 2018. Enhanced ocean-atmosphere carbon partitioning via the carbonate counter pump during the last deglacial. Nature Communications (2018) 9:2396, doi: 10.1038/s41467-018-04625-7.