

Paléoenvironnements et dynamiques climat-sociétés dans la région du Sindh (Pakistan)

Approche couplée géochimie sédimentaire et biomarqueurs moléculaires organiques appliquée à la carotte sédimentaire du lac Manchar

Nom du projet : ERC AGROCHRONO - Développement de l'agropastoralisme en Asie du Sud-Ouest dans la région frontalière Indo-iranienne : Reconstructions chronologique et des modèles économiques, culturels et environnementaux

Contrat : stage gratifié de 5 à 6 mois (début souhaité janvier/février 2027)

Lieu de travail : Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, Orme des Merisiers, Bat 714, 91190 Saint-Aubin

Encadrement : Manon Sabourdy (LSCE, CEA), Emmanuelle Casanova (LSCE, CEA), Elodie Brisset (CEREGE, CNRS)

Envoi des candidatures : aux personnes listées ci-dessous avant le 05/10/2026. Les candidatures sont accompagnées d'un CV, d'une lettre de motivation, des relevés de notes des années précédentes et le contact de référents (avec lettre de recommandation si possible).

Contact : manon.sabourdy@lsce.ipsl.fr, emmanuelle.casanova@lsce.ipsl.fr, brisset@cerege.fr

Contexte et objectifs scientifiques du stage

Ce stage s'inscrit dans le thème de recherche « changements paléo environnementaux » du projet ERC AGROCHRONO, dont l'objectif est d'explorer le développement des activités agropastorales dans la zone Indo-Iranienne depuis l'Holocène. L'évolution du contexte environnemental, notamment les changements de végétation et d'hydrologie, a pu jouer un rôle déterminant dans l'implantation des sociétés dans cette région. Pour en évaluer l'influence, le projet s'appuie sur l'étude d'archives sédimentaires lacustres prélevées dans plusieurs lacs de la zone.

En 2025, lors d'une mission de terrain au Pakistan, l'équipe du projet a prélevé une carotte sédimentaire dans le lac Manchar (Sindh, Pakistan), situé sur la marge ouest de la vallée de l'Indus. L'objectif de ce carottage est de constituer un enregistrement sédimentaire inédit, permettant de documenter les variations hydroclimatiques et environnementales survenues à l'échelle régionale.

Le stage vise à initier l'exploitation géochimique de cette archive (MAN25-01, 260 cm), selon deux axes complémentaires : (1) caractériser les sources sédimentaires et le rythme de la sédimentation à partir de l'analyse de la composition minéralogique et géochimique des sédiments (par exemple : analyse XRF core scanner en continue à haute résolution ; échantillons ponctuels : tamisages, diffraction aux rayons-X, analyses C et N) et (2) reconstituer les conditions paléoenvironnementales régionales à partir de l'analyse des biomarqueurs moléculaires.

Dans un premier temps, pendant un court séjour au CEREGE (Aix-en-Provence), le/la stagiaire sera formé.e aux méthodes d'étude des carottes sédimentaires : description lithostratigraphique,

construction d'une carotte composite, sous-échantillonnage, et préparation des échantillons discrets. Il/elle participera à l'analyse en continu de la composition élémentaire par XRF, permettant d'identifier les rapports géochimiques traduisant les variations des apports détritiques, de l'hydrodynamisme et des sources sédimentaires, et de caractériser les épisodes de dépôt contrastés (e.g., crues, sécheresses, remaniements). Il/elle procédera également à l'échantillonnage de la carotte pour les analyses prévues sur cette archive par l'ensemble de l'équipe (datation ^{14}C , palynologie, biomarqueurs moléculaires), y compris celles dont il/elle n'aura pas directement la charge.

Dans un second temps, au LSCE, le/la stagiaire sera formé.e à la géochimie organique moléculaire : protocoles d'extraction, de séparation et d'analyse des biomarqueurs par chromatographie et spectrométrie de masse (GC-FID, GC-MS, GC-IRMS). Les travaux porteront sur la distribution des *n*-alkyles et des acides gras dont les longueurs de chaîne permettent de discriminer différentes sources végétales et leur évolution temporelle. Les compositions isotopiques $\delta^{13}\text{C}$ de ces composés pourront également être déterminées pour distinguer la contribution des plantes en voie photosynthétique C_3 et C_4 . Selon leur présence et leur état de préservation dans les échantillons, des biomarqueurs complémentaires pourront aussi être analysés, tels que les éthers méthyliques (indicateurs de *Poaceae*) et les acétates (indicateurs d'*Asteraceae*) de triterpènes pentacycliques, spécialement intéressants vis-à-vis de la composition de la végétation herbacée présente dans cette région.

Descriptif du profil recherché

L'étudiant.e est inscrit.e dans une université ou école, en Master 2 ou équivalence, en Sciences de la Terre, Sciences Environnementales, Chimie ou discipline connexe. Une expérience ou une appétence au travail de laboratoire est vivement conseillée. Un intérêt sur les thématiques des paléoenvironnements et les interactions hommes-milieus sera apprécié.

Il est attendu que le/la stagiaire réalise durant le stage une synthèse bibliographique, du travail en laboratoire, une l'interprétation des données et la rédaction d'un mémoire de recherche.