

Évaluation comparative de protocoles de traitements chimiques des ossements pour la datation par le radiocarbone



Formation : Master 2 ou école d'ingénieur

Contrat : stage (gratification académique)

Temps de travail : temps complet

Durée : 6 mois

Lieu d'exécution : équipe GeoTrAc¹, LSCE² – CEA Orme des Merisiers – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette

Contexte et objectifs scientifiques du stage

Depuis les années 1950, la datation par le radiocarbone constitue un outil fondamental pour l'histoire et l'archéologie, offrant des chronologies absolues remontant jusqu'à 50 000 ans, grâce notamment à l'analyse du collagène osseux issu de vestiges archéologiques. Le protocole le plus couramment utilisé par communauté du radiocarbone, dérivé de la méthode dite de Longin, repose sur une hydrolyse acide des protéines constitutives du collagène, après élimination des contaminants solubles à pH < 2 et pH > 8. Le prélèvement d'os est généralement réduit en poudre afin d'augmenter les surfaces de contact et donc l'efficacité de l'hydrolyse. Bien que ce protocole nécessite un petit prélèvement (100-300 mg avec la technologie existante au LSCE), il reste destructif puisqu'il implique la destruction d'une fraction de l'os analysé. Si des approches non destructives ont récemment été appliquées à la génomique ancienne et à la paléoprotéomique, aucune approche équivalente n'a été mise en place pour la datation au radiocarbone des os. Dans le but de limiter cette destruction, lors de la conférence « 25th International Radiocarbon Conference » (Cracovie, Pologne, juillet 2025), un nouveau protocole d'extraction du collagène a été présenté à la communauté par le laboratoire de datation par le radiocarbone de Groningen. Il exploite les propriétés hydrophiles des protéines : en chauffant l'os dans de l'eau chaude ultrapure pendant plusieurs heures, une partie du collagène est solubilisée et la solution obtenue peut être purifiée par ultrafiltration (> 30 kDa) puis datée par AMS sans altérer visiblement et dans l'instant la structure de l'os. Une autre piste, que le LSCE souhaite développer, consiste à extraire et utiliser les lipides résiduels présents dans la matrice osseuse, via des solvants organiques, afin d'obtenir, là aussi, une matière organique exploitable pour la datation sans altérer la morphologie de l'échantillon. Toutefois ces approches sont potentiellement plus sujettes aux contaminations : en dissolvant la matière organique hydrophile ou polaire, elles ne ciblent pas uniquement les molécules d'intérêt mais aussi d'autres composés exogènes introduits au cours du temps (apports taphonomiques liés à l'enfouissement, contaminations humaines lors des manipulations, traitements subis lors du passage en collection ou en musée, etc...). Par ailleurs, de par une surface de contact réduite, les rendements sont plus faibles qu'avec la méthode dite classique et la qualité de conservation des échantillons analysés reste aussi inconnue. L'efficacité et la robustesse de ces méthodes doivent donc être soigneusement évaluées en comparaison avec le protocole classique.

L'objectif du stage proposé est d'étudier et de comparer ces différentes approches (protocole classique dérivé de Longin, extraction aqueuse de collagène et extraction des lipides résiduels), en termes de rendement, de préservation de la structure osseuse et de qualité des datations ¹⁴C. Les essais seront menés sur une sélection d'ossements issus des archives du ¹⁴C-beta (rassemblant les restes d'échantillons analysés au ¹⁴C depuis 1954), choisis pour représenter des contextes variés d'enfouissement, de conservation et couvrant différentes périodes chronologiques.

¹ <https://www.lsce.ipsl.fr/archives-traceurs/geotrac/>

² <https://www.lsce.ipsl.fr/>

Le projet de Master 2 s'articule autour des missions suivantes :

- Sélection des ossements sur la base des informations archéologiques.
- Mise en place des protocoles chimiques « de Gröningen » pour l'extraction du collagène et d'extraction des lipides résiduels.
- Analyse des teneurs %C et %N, du rapport C/N et des valeurs $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ du collagène extrait par EA-IRMS. (Voir si apport de contamination ou fractionnement).
- Mise en place d'une grille de lecture de la préservation de la structure de l'ossement (densité, ...).
- Caractérisation de la matière organique extraites (collagène, polypeptides, lipides, ...) selon des méthodes à définir.
- Participation à la graphitisation et la mesure sur l'AMS EchoMICADAS.
- Interprétation des résultats et comparaison avec la méthode classique de décalcification.

Profil recherché

L'étudiant-e qui portera ce projet aura un background en chimie et/ou analyse chimique avec un fort attrait pour le travail analytique. Il-elle aura un bon sens de l'organisation et de l'autonomie. Il-elle sera curieux-se et pro-active pour un travail en équipe et en réseau.

Équipe encadrante

Brian Phouybanhdyt (AI), Christine Hatté (DR), Emmanuelle Casanova (IR)

Contacts : brian.phouybanhdyt@lsce.ipsl.fr, christine.hatte@lsce.ipsl.fr, emmanuelle.casanova@lsce.ipsl.fr

Site web : <https://www.lsce.ipsl.fr/14c/>

Divers

- le stagiaire bénéficiera d'une gratification, de l'accès au restaurant d'entreprise (coût moyen d'un repas 3-5€), d'une prise en charge de 50% de la carte Navigo
- le stage se déroulera au LSCE, sur le site de l'Orme des Merisiers, sur le Plateau de Saclay. Le laboratoire est desservi par 4 lignes de bus régulières au départ des gares RER B de Gif-sur-Yvette (11), Le Guichet (9), Massy-Palaiseau (91.06 et 91.10). Il est également desservi par les navettes partagées organisées notamment par le CEA (plusieurs points de départ depuis Paris et la région parisienne). Des pistes cyclables jalonnent l'ensemble du Plateau de Saclay, des garages à vélo sont accessibles à proximité des gares RER de Massy-Palaiseau et Gif-sur-Yvette.
- des déplacements en lien avec le projet pourront avoir lieu