



ED 398 Géosciences, Ressources Naturelles et Environnement

Proposition de sujet de thèse Oct. 2026-Sept 2029

1. Titre :

Impact du réchauffement climatique sur le cycle biogéochimique du phosphore dans les sols arctiques

2. Contexte

Les régions arctiques sont particulièrement impactées par les changements climatiques avec une augmentation des températures plus rapide que l'augmentation moyenne mondiale (Rantanen et al., 2022). Dans ces conditions, l'étendue des pergélisols (sols plus ou moins profonds gelés au moins deux années consécutives) diminue tandis qu'en surface, la couche active (sol superficiel dégelé en été) s'approfondit et la durée saisonnière de ce dégel augmente exposant davantage le sol à la décomposition microbienne. Or le pergélisol stocke de grandes quantités de carbone et autres nutriments (azote, phosphore, soufre, calcium...). Carbone et azote sont largement étudiés étant données les émissions possibles de gaz à effet serres : CO₂, CH₄, N₂O (impliqués dans la boucle de rétroaction climatique), issus de processus de décomposition des matières organiques préalablement gelées. Ces réactions de minéralisation produisent également des composés dissous dans la solution du sol alors disponibles et potentiellement consommés par les microorganismes et les plantes.

Bien que le phosphore soit aussi un élément essentiel pour les plantes et microorganismes et stocké pour partie dans ces matières organiques, il a été moins étudié jusqu'à présent dans ces environnements car (i) il ne se présente pas de forme gazeuse ayant un effet direct sur le climat, (ii) les composés à base de phosphore sont considérés peu ou pas disponibles (He et al., 2023) et (iii) les formes biodisponibles sont faiblement concentrées (environ 10%), ce qui nécessitent des techniques de préparation et d'analyses sensibles. Dans les sols de l'Arctique, pourtant, le P est principalement contenu dans la matière organique (Giesler et al., 2012), au sein de composés relativement labiles (Turner et al., 2004) et probablement en bonne partie dans la biomasse microbienne du sol (Jonasson and Michelsen, 1996). Cette dernière est un compartiment hautement dynamique du sol qui met l'accent sur le rôle déterminant de la dynamique d'immobilisation/mobilisation du P par cette biomasse, et l'intrication de cette dynamique avec celle du gel/dégel dans la couche active (de Luca et al, 1992). Le phosphore reste ainsi un nutriment critique, peu caractérisé, et dont le rôle est largement sous-estimé dans les modèles, bien qu'un facteur co-limitant avec l'azote pour la plupart des écosystèmes terrestres (Du et al. 2020 et Hou et al. 2020).

D'après des études récentes, le dégel saisonnier plus long couplé à l'approfondissement de la couche active, augmentent les quantités de phosphore biodisponibles et mobiles (Zhao et al., 2021 ; Yang et al., 2023) ; avec pour conséquence directe une augmentation de la production de biomasse et des flux de phosphore vers le réseau hydrographique, voire des effets amplifiés de la productivité aquatique (eutrophisation).

Une meilleure compréhension de la variation des stocks et des flux, et du contrôle biotique *versus* abiotique de la dynamique du phosphore dans les sols arctiques est aujourd'hui nécessaire pour prédire les rétroactions nutriments-climat-écosystèmes.

De Luca et al. 1992, <https://doi.org/10.1007/BF00336260>

Du et al., 2020, <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0530-4>

Giesler et al., 2012, <https://doi.org/10.1007/s10533-011-9609-8>

He et al., 2023, <https://doi.org/10.5194/bg-20-4147-2023>

Hou et al., 2020, <https://doi.org/10.1038/s41467-020-14492-w>

Jonasson and Michelsen, <https://www.jstor.org/stable/20113182>

Rantanen et al., 2022, <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00498-3>

Turner et al., 2014, <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.01.011>

Yang et al., 2021, <https://DOI: 10.1111/gcb.1584>

Zhao et al., 2021, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141614>

3. Méthode

Le travail de doctorat devra s'appuyer sur :

- Un travail méthodologique, pour la mise au point d'une extraction séquentielle du P au laboratoire
- Une approche mécanistique, par l'application de cette méthode à quantification du phosphore et la caractérisation des fractions associées (stoechiométrie et caractérisation biochimique et/ou minéralogique des fractions) dans des sols collectés sur plusieurs sites de la région subarctique d'Abisko (Suède). Les variables considérées seront : le niveau de saturation en eau des sols (conditions redox associées), la saisonnalité des prélèvements, la composition des écosystèmes végétaux (biochimie et stoechiométrie des matières organiques entrantes). La/le doctorant.e. procèdera à des extractions séquentielles pour déterminer la proportion de P dans des fractions de différentes stabilités.
- Une approche expérimentale, avec la réalisation d'expérience en conditions contrôlées, pour simuler l'effet des phases de gel/dégel et de différentes projections de réchauffement climatique sur la dynamique du phosphore.
- Des missions sur le terrain pourront être réalisées par la/le candidat.e en fonction de son intérêt et de ses compétences.

4. Mots clés

Phosphore, sols arctiques, dynamique, spéciation, matière organique, carbone et azote

5. Formation et compétences requises

La/le candidat.e. sera issu.e. d'un master en chimie environnementale et/ou chimie analytique avec un fort intérêt pour les questions environnementales et/ou environnement/écologie et un goût pour le travail au laboratoire.

Seront appréciées des connaissances en biogéochimie, fonctionnement des sols et des écosystèmes, changement climatique, chimie analytique.

Les Compétences techniques suivantes sont attendues de la / du candidat.e. : compétences en préparation en laboratoire et analyses chimiques appliquées aux milieux naturels (sols, plantes), dimensionnement d'expérimentations en laboratoire, traitements de données.

Les qualités scientifiques et personnelles suivantes sont nécessaires à la réalisation du doctorat: rigueur analytique, sens de l'organisation, bonnes compétences rédactionnelles en Anglais, aptitude au travail en équipe.

6. Modalités d'encadrement

Unité(s) de recherche au sein de laquelle le doctorat est réalisé : Sorbonne Université, Faculté des Sciences et Ingénierie, Campus P. et M. Curie, UMR METIS CNRS EPHE

Directrice de thèse: ROUELLE Maryse maryse.rouelle@sorbonne-universite.fr

Co-encadrante: ALEXIS Marie marie.alexis@sorbonne-universite.fr

7. Pour candidater

Les candidat.e-s intéressé.e-s sont invité.e-s à envoyer un CV, une lettre de motivation décrivant leur intérêt pour le projet, ainsi que les coordonnées de deux références académiques à Maryse Rouelle et Marie Alexis. La date limite de candidature est le 01 Mai 2026. Les candidat.e-s présélectionné.e-s seront contacté.e-s pour une entrevue. Le/la candidat.e sélectionné.e se présentera au concours de l'école doctorale.

