L'impact de l'acidification des sols sur le bilan du carbone inorganique des sols calcaires en Europe - une approche mécaniste combinant la modélisation des processus et l'intelligence artificielle

Contexte: Les sols mondiaux stockent 2305 ± 636 (±1 SD) milliards de tonnes de carbone sous forme de carbone inorganique du sol (SIC) sur les 2 premiers mètres de profondeur (Huang et al 2024) avec au moins 1,13 ± 0,33 milliards de tonnes de carbone inorganique perdues chaque année dans les eaux continentales à travers les sols. Cependant, l'évaluation du cycle du carbone comme le Global Carbon Project (https://www.globalcarbonproject.org/) se concentre sur le carbone organique du sol, omettant ainsi près de la moitié de tout le carbone présent dans les sols qui est sous forme inorganique.L'acidification globale du sol, par exemple en raison de l'ajout d'azote, a été identifiée comme un facteur potentiel majeur pour les pertes de SIC à l'avenir. Dans l'UE, les réglementations relatives à la réduction de l'utilisation des engrais auront un impact sur les SIC. Malgré l'importance de ses stocks et sa vulnérabilité, la gestion des SIC a été largement omise dans la gestion du carbone du sol, qui se concentre principalement sur la matière organique du sol.

Objectif du stage : Le LSCE en collaboration avec Eco&Sols propose un stage pour quantifier l'impact des apports d'azote sur le bilan SIC des sols arables calcaires en Europe en utilisant une approche de modélisation hybride valorisant la rigueur de la modélisation de processus avec l'efficacité de l'intelligence artificielle. Nous émettons l'hypothèse que la réduction des apports d'engrais visée par l'Union européenne aura des co-bénéfices pour l'atténuation du climat en stabilisant et potentiellement en augmentant les SIC. Pour ce faire, nous utiliserons l'apprentissage automatique pour construire une émulation efficace d'un modèle de transport réactif MIN3P qui simule la chimie des carbonates dans l'eau interstitielle et les échanges d'eau, de solutés, et de gaz entre les couches du sol (par exemple, Gatz-Miller et al., 2022). Nous utiliserons des réseaux de neurones artificiels qui démontrent des compétences prometteuses pour l'émulation de modèles de transport réactif (Demirer et al 2023). Nous les entraîneront sur des simulations existantes de MIN3P pour une gamme de conditions climatiques et d'ajouts d'azote représentatifs de l'Europe, mises à disposition par le co-superviseur F. Gerard. Nous nous concentrerons sur l'émulation de quelques réponses sélectionnées (i.e. pH du sol et chimie du carbonate du sol) à l'ajout d'azote. Nous utiliserons l'apprentissage automatique explicatif pour quantifier les relations entre la réponse temporelle du SIC à l'acidification et les comparer à la corrélation spatiale du SIC avec les facteurs (y compris le pH). L'émulateur sera ensuite utilisé pour simuler la réponse des SIC dans les sols calcaires aux réductions des ajouts d'azote en Europe. Le projet ouvrira la voie à la résolution de la géochimie du sol dans les modèles de surface terrestre / modèles de cycle du carbone, ce qui permettra de nouvelles directions de recherche concernant les implications du cycle du carbone des stratégies de gestion des sols et des facteurs de changement global, par exemple en résolvant la dynamique du pH qui est actuellement un paramètre d'entrée statique.

Le stage se déroule au sein de l'équipe BIOGEO du LSCE lead by Daniel Goll, dans le pôle d'innovation et de science Paris-Saclay. L'équipe possède une grande expertise dans la modélisation du cycle du carbone et l'apprentissage automatique. Le stage sera co-supervisé par F. Gérard de Eco&Sols, spécialisé en hydro-biogéochimie des sols. Il est possible d'étendre le stage à un projet de doctorat (en fonction des fonds disponibles et de l'aptitude du candidat). La langue de travail est l'anglais.

Un·e étudiant·e avec des compétences en géochimie et/ou intelligence artificielle est particulièrement recherché·e. La langue de travail est l'anglais (minimum B1).
Le stagiaire bénéficiera d'une rémunération et rembourse également l'abonnement aux transports publics franciliens à hauteur de 75% et donne accès aux restaurants d'entreprise au tarif étudiant.

Les candidatures (CV, lettre de motivation et coordonnées d'une ou deux personnes de recommandation) sont à envoyer aux encadrants du stage (Daniel GOLL daniel.goll@lsce.ipsl.fr)

avant le 31 Décembre 2024.

Références:
Huang, Yuanyuan, Goll DS et al. "Size, distribution, and vulnerability of the global soil inorganic carbon." Science 384.6692 (2024): 233-239.
Demirer, Ersan, et al. "Improving the performance of reactive transport simulations using artificial neural networks." Transport in Porous Media 149.1 (2023): 271-297.
Gatz-Miller H., Gérard F., Verrecchia E., Su D., and Mayer K. U. (2022) Reactive transport modelling the oxalate-carbonate pathway of the Iroko tree; Investigation of calcium and carbon sinks and sources. Geoderma 410.