

Identification of the mechanisms underlying the “Birch effect” in soil.

Soil contains one of the largest land surface carbon pools which is more than twice the amount of carbon present in the vegetation or the atmosphere. Drying and rewetting cycles are known to cause a flush of CO₂ emissions from soil, known as the Birch effect (Birch, 1958). Annual ecosystem carbon budgets can be affected by these emissions (Barnard et al., 2020). In view of the predicted increase in periods of drought and intense rainfall events (IPCC, 2019), a better understanding of how agricultural systems (e.g., conservation agriculture, permanent grassland...) can attenuate the Birch effect may be useful for preserving or increasing soil C stocks. Whilst the loss of carbon through microbial respiration has been extensively studied, the mechanisms underlying flushes of CO₂ after wetting events remain poorly understood (Barnard et al., 2020; Schimel, 2018) and therefore it is difficult to predict how management practices may affect this phenomenon.

Two major hypotheses have been proposed to explain the Birch effect (Barnard et al., 2020; Schimel, 2018). The first is that during prolonged drought, soil microorganisms contribute to the creation of a labile pool of carbon products (dead microbial cells, extra-cellular enzymes, osmolytes), which is released into the soil solution during the wetting phase. This C pool is readily mineralised by living microorganisms. The second hypothesis is that the wetting of dry soils triggers rearrangements of the soil architecture that can make previously protected organic matter available to microbial communities and contributes indirectly to CO₂ pulses by stimulating microbial activity (Cosentino et al., 2006). If this second process were at play, climate change would also contribute to losses of old organic carbon potentially affecting the sink/source status of soil over longer time scales (Schimel, 2018). The current soil OM decomposition models do not account for the Birch effect (Moyano et al., 2013). Therefore, the ANR funded Microlarge (Impact of climate change and agricultural management on soil CO₂ emissions: from microscale investigations to large scale predictions) project aims to gain a mechanistic understanding of the Birch effect in order to better represent this phenomenon in C dynamics models.

The objective of the 18 month postdoctoral research position will be to test the first of the two hypotheses through a series of experimental approaches in the laboratory that include the use of “viability qPCR” (Carini et al., 2016; Leloup et al., 2009) and micro-dialysis (Inselbacher et al., 2011).

The postdoctoral position is for a duration of 18 months and the successful candidate will be based at INRAE/AgroParisTech in Palaiseau (near Paris) and Sorbonne Université in Paris. The salary will depend on experience, but will be no lower than 2950€/month + benefits. Candidates should have a PhD in a soil related discipline and experience in molecular biology techniques and/or micro-dialysis. Applications should include a cover letter, a CV, a summary of your previous work (thesis and post-doctoral work, if applicable) and should be sent to Naoise Nunan (naoise.nunan@cnrs.fr), Xavier Raynaud (xavier.raynaud@sorbonne-universite.fr), Julie Leloup (julie.leloup.1@sorbonne-universite.fr) and Claire Chenu (claire.chenu@inrae.fr). Applications will be considered until the position is filled.

For further information please contact Naoise Nunan (naoise.nunan@cnrs.fr).

Identification des mécanismes sous-jacents à « l'effet Birch » dans les sols.

Le sol contient l'un des plus grands réservoirs de carbone terrestre, soit plus de deux fois la quantité de carbone présente dans la végétation ou dans l'atmosphère. On sait que les cycles de dessiccation et de ré-humidification provoquent un flush d'émissions de CO₂ à partir du sol, connu sous le nom d'effet Birch (Birch, 1958). Les bilans de carbone annuels des écosystèmes peuvent être affectés par ces émissions (Barnard et al., 2020). Compte tenu de l'augmentation prévue des périodes de sécheresse et des épisodes de précipitations intenses (GIEC, 2019), une meilleure compréhension de la manière dont les systèmes agricoles (agriculture de conservation, prairies permanentes, etc.) peuvent atténuer l'effet Birch peut être utile pour préserver ou augmenter les stocks de carbone dans le sol. Alors que la perte de carbone par respiration microbienne a été largement étudiée, les mécanismes qui sous-tendent les flux de CO₂ après les événements d'humidification restent mal compris (Barnard et al., 2020; Schimel, 2018) et il est donc difficile de prédire comment les pratiques de gestion peuvent affecter ce phénomène.

Deux hypothèses majeures ont été proposées pour expliquer l'effet Birch (Barnard et al., 2020; Schimel, 2018). La première est que lors d'une sécheresse prolongée, les microorganismes du sol contribuent à la création d'un pool labile de produits carbonés (cellules microbiennes mortes, enzymes extracellulaires, osmolytes), qui est libéré dans la solution du sol pendant la phase d'humectation. Ce réservoir de carbone est facilement minéralisable par les micro-organismes vivants. La seconde hypothèse est que l'humidification des sols secs déclenche des réarrangements de l'architecture du sol qui peuvent rendre la matière organique précédemment protégée disponible pour les communautés microbiennes, contribuant ainsi aux émissions de CO₂ en stimulant l'activité microbienne (Cosentino et al., 2006). Si ce deuxième processus était en jeu, le changement climatique contribuerait également à des pertes de carbone organique ancien, ce qui pourrait affecter le statut de puits/source du sol sur des échelles de temps plus longues (Schimel, 2018). Les modèles actuels de décomposition de la MO du sol ne tiennent pas compte de l'effet Birch (Moyano et al., 2013). Par conséquent, le projet Microlarge (Impact of climate change and agricultural management on soil CO₂ emissions : from microscale investigations to large-scale predictions) financé par l'ANR vise à acquérir une compréhension mécaniste de l'effet Birch afin de mieux représenter le phénomène dans les modèles de dynamique du carbone.

L'objectif du poste de recherche postdoctorale de 18 mois sera de tester la première des deux hypothèses à travers une série d'approches expérimentales en laboratoire qui incluent la « viabilité via qPCR » (Carini et al., 2016 ; Leloup et al., 2009) et la micro-dialyse (Inselsbacher et al., 2011).

Le poste postdoctoral est d'une durée de 18 mois et le candidat retenu sera basé à l'INRAE/AgroParisTech, Palaiseau (près de Paris) et à Sorbonne Université, Paris. Le salaire dépendra de l'expérience mais ne sera pas inférieur à 2950€/mois + avantages. Les candidats doivent être titulaires d'un doctorat dans une discipline liée aux sols et avoir une expérience des techniques de biologie moléculaire et/ou de la microdialyse. Les candidatures doivent comprendre une lettre de motivation, un CV, un résumé de vos travaux antérieurs (thèse et travaux post-doctoraux, le cas échéant) et être envoyées à Naoise Nunan (naoise.nunan@cnrs.fr), Xavier Raynaud (xavier.raynaud@sorbonne-universite.fr), Julie Leloup (julie.leloup.1@sorbonne-universite.fr) et Claire Chenu (claire.chenu@inrae.fr). Les candidatures seront examinées jusqu'à ce que le poste soit pourvu.

Pour plus d'informations, veuillez contacter Naoise Nunan (naoise.nunan@cnrs.fr).

References / Bibliographie

- Barnard RL, Blazewicz SJ, Firestone MK (2020). Rewetting of soil: Revisiting the origin of soil CO₂ emissions. *Soil Biol Biochem* 147 107819. 10.1016/j.soilbio.2020.107819.
- Birch H (1958). The effect of soil drying on humus decomposition and nitrogen availability. *Plant Soil* 10, 9-31. 10.1007/BF01343734
- Carini P, Marsden PJ, Left JW, Morgan EE, Strickland MS, Fierer N (2016). Relic DNA is abundant in soil and obscures estimates of soil microbial diversity. *Nature Microbiol* 2, 16242. 10.1038/nmicrobiol.2016.242
- Cosentino D, Chenu C, Le Bissonnais Y (2006) Aggregate stability and microbial community dynamics under drying–wetting cycles in a silt loam soil. *Soil Biol Biochem* 38, 2053-2062. 10.1016/j.soilbio.2005.12.022. Bioemco-00176210
- Inselsbacher E, Öhlund J, Jämtgård S, Huss-Danell K, Näsholm T (2011). The potential of microdialysis to monitor organic and inorganic nitrogen compounds in soil. *Soil Biol Biochem* 43, 1321-1332. 10.1016/j.soilbio.2011.03.003
- IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse gas fluxes in Terrestrial Ecosystems Climate change and Land, August 2019
- Leloup J, Fossing H, Kohls K, Holmkvist L, Borowski C, Jørgensen BB (2006). Sulfate-reducing bacteria in marine sediment (Aarhus Bay, Denmark): abundance and diversity related to geochemical zonation. *Environ Microbiol* 11, 1278-1291. 10.1111/j.1462- 2920.2008.01855.x
- Moyano FE, Manzoni S, Chenu C 2013. Responses of soil heterotrophic respiration to moisture availability: An exploration of processes and models. *Soil Biol Biochem* 59, 72-85. 10.1016/j.soilbio.2013.01.002.
- Schimel JP (2018). Life in dry soils; Effect of drought on soil microbial communities and processes. *Ann Rev Ecol Evol System* 49, 409-432. ES49CH18_Schimel ARI 26 September 2018 12:41. 10.1146/annurev-ecolsys-110617-062614