

## Thèse à pourvoir : Modélisation des interactions interspécifiques au sein d'une communauté de décomposeurs dans un environnement spatialisé

Dans le sol, les microorganismes, et en particulier les bactéries, sont responsables de nombreuses transformations de la matière impliquées dans la dégradation de la matière organique. La dynamique et la persistance du carbone organique dans les sols est ainsi la résultante des interactions qui ont lieu entre la matière organique et les micro-organismes, au sein même de leur habitat. Ces interactions dépendent de la diversité des communautés de micro-organismes présentes, de la diversité des substrats disponibles, de l'organisation spatiale de l'ensemble de ces acteurs ainsi que des propriétés physico-chimiques locales. Alors que l'on commence à avoir une certaine idée de la grande diversité des bactéries présente dans les sols (Delgado-Baquerizo et al., 2018), sa distribution dans la porosité, et donc les capacités métaboliques au sein de l'habitat microbien restent inconnues. En particulier, si les communautés microbiennes au sein d'un habitat sont suffisamment diversifiées, on peut s'attendre à de la complémentarité métabolique entre organismes et la mise en place de réseaux métaboliques intercellulaires (Pande and Kost, 2017). De plus, cette diversité associée à une certaine redondance fonctionnelle entre organismes (Nunan et al., 2020) permettrait une meilleure stabilité des processus conduisant à la dégradation de la matière organique.

Dans ce cadre, le projet SOILPACMAN, financé par l'ANR et la DFG a pour objectifs de mieux comprendre comment les propriétés des microenvironnements du sol affectent la persistance ou la décomposition de la matière organique dans l'espace poral du sol. Un des axes de recherche du projet a pour objectif d'étudier, par le biais de la modélisation les rôles respectifs de la diversité microbienne, de la diversité des substrats organiques, et de leurs distribution spatiale respective dans la décomposition de la matière organique.

Le travail consistera dans le développement d'un modèle initié dans (Nunan et al., 2020), utilisant des approches géométriques pour d'étudier comment la prise en compte de l'espace module les interactions au sein des communautés de microorganismes du sol pour l'accès aux ressources. Un des objectifs de cette étude est de produire des relations simples reliant, densité, diversité des microorganismes et quantité de ressources accessibles qui soient implémentables dans des modèles mécanistes de la décomposition de la matière organique dans la porosité du sol (eg. Mbé et al., 2022).

Le modèle sur lequel le projet se base est codé en R et une maîtrise de ce langage sera appréciée, mais des compétences dans tout autre langage de programmation peuvent suffire. Le sujet est très pluridisciplinaire et le candidat aura à mobiliser des compétences en écologie, en programmation et éventuellement en mathématiques. La thèse se déroulera sur le campus Pierre et Marie Curie de Sorbonne Université.

Le dossier de candidature comprendra une courte lettre de motivation et un CV. Dans votre lettre de motivation, vous pouvez discuter de vos idées et intérêts de recherche, de votre approche personnelle par rapport à la description du projet, et décrire comment vos expériences passées, universitaires ou non, vous ont préparé à ce poste. Veuillez envoyer votre candidature en un seul fichier PDF par courrier électronique avec pour objet "Thèse SoilPACMAN" à [xavier.raynaud@sorbonne-universite.fr](mailto:xavier.raynaud@sorbonne-universite.fr). Les candidatures seront examinées au fil de l'eau jusqu'à ce que le poste soit pourvu. Pour toute question détaillée relative au projet, vous pouvez contacter le Dr. Xavier Raynaud ([xavier.raynaud@sorbonne-universite.fr](mailto:xavier.raynaud@sorbonne-universite.fr)).

Delgado-Baquerizo, M., Oliverio, A.M., Brewer, T.E., Benavent-González, A., Eldridge, D.J., Bardgett, R.D., Maestre, F.T., Singh, B.K., Fierer, N., 2018. A global atlas of the dominant bacteria found in soil. *Science* 359, 320–325.

<https://doi.org/10.1126/science.aap9516>

Mbé, B., Monga, O., Pot, V., Otten, W., Hecht, F., Raynaud, X., Nunan, N., Chenu, C., Baveye, P.C., Garnier, P., 2022. Scenario modelling of carbon mineralization in 3D soil architecture at the microscale: Toward an accessibility coefficient of organic matter for bacteria. *Eur. J. Soil Sci.* 73, e13144. <https://doi.org/10.1111/ejss.13144>

Nunan, N., Schmidt, H., Raynaud, X., 2020. The ecology of heterogeneity: soil bacterial communities and C dynamics. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 375, 20190249. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0249>

Pande, S., Kost, C., 2017. Bacterial unculturability and the formation of intercellular metabolic networks. *Trends Microbiol.* 25, 349–361. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2017.02.01>

## PhD position : Spatially explicit modeling of interspecific interactions in degrader communities.

Microorganisms, and in particular bacteria, are responsible for the majority of the steps involved in the decomposition of soil organic matter. The dynamics and persistence of organic carbon in soils is thus the result of interactions, within the microbial habitat, of organic matter and micro-organisms. These interactions depend on the diversity of the communities of micro-organisms present, the diversity of the available substrates, the spatial organisation of all these actors as well as the local physico-chemical properties. Whilst we now have a good idea of the high diversity of bacteria present in soils (Delgado-Baquerizo et al., 2018), distribution of bacterial diversity within the porosity, and thus the metabolic capacities in the microbial habitat remain unknown. In particular, if the microbial communities within a habitat are sufficiently diverse, metabolic complementarity between phyla and the establishment of intercellular metabolic networks can be expected (Pande and Kost, 2017). Similarly, functional redundancy (Nunan et al., 2020) would allow for an increased stability of the processes leading to the degradation of organic matter.

The SOILPACMAN project, funded by the ANR and the DFG, aims to better understand how the properties of soil microenvironments affect the persistence or decomposition of organic matter in the soil pore space. One of the research axes of the project is to study, through modelling, the respective roles of microbial diversity, organic substrate diversity, and their respective spatial distribution on organic matter decomposition.

The work will consist in the development of a model initiated in (Nunan et al., 2020), using stochastic geometry approaches (point processes, Boolean model) to study how space modulates interactions within soil microbial communities during resource acquisition. One of the objectives of this study is to produce simple relationships linking density and diversity of microorganisms, and quantity of accessible resources that can be implemented in mechanistic models of organic matter decomposition in soil porosity (e.g. Mbé et al., 2022).

The model on which the project is based is coded in R and proficiency in this language will be appreciated, but skills in any other programming language may suffice. The subject is highly multi-disciplinary and the candidate will have to draw on skills in ecology, programming and possibly mathematics. The thesis will take place on the Pierre and Marie Curie campus of Sorbonne University.

Applications should include a short covering letter and a CV. In your cover letter, you can discuss your research ideas and interests, your personal approach to the project description, and describe how your past experience, academic or otherwise, has prepared you for this position. Please email your application as a single PDF file with the subject line "PhD SoilPACMAN" to [xavier.raynaud@sorbonne-universite.fr](mailto:xavier.raynaud@sorbonne-universite.fr). Applications will be considered on a rolling basis until the post is filled. If you have any detailed questions about the project, please contact Dr. Xavier Raynaud ([xavier.raynaud@sorbonne-universite.fr](mailto:xavier.raynaud@sorbonne-universite.fr)).

Delgado-Baquerizo, M., Oliverio, A.M., Brewer, T.E., Benavent-González, A., Eldridge, D.J., Bardgett, R.D., Maestre, F.T., Singh, B.K., Fierer, N., 2018. A global atlas of the dominant bacteria found in soil. *Science* 359, 320–325. <https://doi.org/10.1126/science.aap9516>

Mbé, B., Monga, O., Pot, V., Otten, W., Hecht, F., Raynaud, X., Nunan, N., Chenu, C., Baveye, P.C., Garnier, P., 2022. Scenario modelling of carbon mineralization in 3D soil architecture at the microscale: Toward an accessibility coefficient of organic matter for bacteria. *Eur. J. Soil Sci.* 73, e13144. <https://doi.org/10.1111/ejss.13144>

Nunan, N., Schmidt, H., Raynaud, X., 2020. The ecology of heterogeneity: soil bacterial communities and C dynamics. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 375, 20190249. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0249>

Pande, S., Kost, C., 2017. Bacterial unculturability and the formation of intercellular metabolic networks. *Trends Microbiol.* 25, 349–361. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2017.02.015>