

➤ ContiComiC

Identifier les leviers scientifiques pour mieux appréhender le rôle du continuum sol-milieu aquatique dans le maintien de la biodiversité fonctionnelle microbienne dans les agroécosystèmes
Métaprogramme BIOSEFAIR

Bilan de projet : 2021 - 2024

Mars 2023

La prise en compte des continuums environnementaux et des zones d'interface pour l'étude et la gestion des écosystèmes gagne progressivement en intérêt dans les sphères scientifiques et opérationnelles. Dans ce contexte, le rôle du continuum sol-milieu aquatique dans le maintien de la biodiversité et de la fonctionnalité des milieux (fonctions et services écosystémiques) est souvent questionné mais reste encore très peu étudié. Ce constat s'explique notamment par le cloisonnement des recherches par type de milieu (écologues terrestres et aquatiques ne travaillent que très rarement ensemble) et par les limites conceptuelles et méthodologiques (en particulier en termes de dispositifs expérimentaux qui intégreraient les compartiments terrestres et aquatiques) qui doivent être mobilisées.

Les agroécosystèmes, qui présentent de forts enjeux socio-économiques, sont des écosystèmes qui illustrent bien l'importance du continuum sol-milieu aquatique de par les liens

étroits entre les bassins versants et les milieux aquatiques adjacents, en particulier dans les têtes de bassin versant. Si ces liens sont relativement bien étudiés concernant les transferts des substances chimiques (nitrates, phosphates, résidus de pesticides et de substances médicamenteuses...), ils restent peu pris en compte du point de vue des échanges biologiques entre ces milieux.

Compte tenu de leur ubiquité et de leur grande diversité taxonomique et fonctionnelle (qui leur confère un rôle important dans de nombreux services écosystémiques), les communautés microbiennes sont des modèles d'études qui semblent particulièrement bien adaptés pour aborder ce type de problématique, en s'appuyant notamment sur la notion émergente de «coalescence», appliquée ici aux communautés microbiennes terrestres et aquatiques qui cohabitent dans les têtes de bassin versant.

Cependant, développer des recherches innovantes et intégrées pour étudier les échanges biologiques entre les milieux terrestres et aquatiques au niveau des interfaces sol-eau-sédiments nécessite la mobilisation de compétences multiples et complémentaires qui impliquent des communautés de chercheurs peu habituées à collaborer ensemble.

Dans ce contexte, le projet de consortium ContiComiC visait à réunir pendant 2 jours des écologues et écotoxicologues microbiens travaillant soit dans les milieux terrestres soit dans les milieux aquatiques dans le but de mener une réflexion collective concernant :

- les concepts de "coalescence et de "continuum fonctionnel" dans les agroécosystèmes et,
- les approches/méthodes à développer pour explorer ces concepts à partir de l'étude de la biodiversité microbienne et de certains services qu'elle supporte.

Résultats

Un séminaire de travail organisé les 24 et 25 novembre 2021 a réuni 8 participants représentant 4 UR/UMRs INRAE (RiverLy, Agréocologie, CARRTEL, EMMAH) et une UMR non INRAE (LECA). Ce séminaire a été découpé en 4 sessions de travail qui ont respectivement permis de :

- Définir le cadre scientifique et replacer la notion de coalescence microbienne dans un contexte du continuum sol-milieu aquatique ;
- Identifier les principaux enjeux scientifiques autour de cette notion ;
- Dresser un état des lieux de la littérature existante sur le sujet et en faire une analyse critique
- Définir les principaux besoins conceptuels et méthodologiques et lister les compétences/disciplines à mobiliser.

L'ensemble des échanges a permis de souligner dans un premier temps l'importance de prendre en compte les différentes zones d'interface entre les compartiments environnementaux (ex. eau de surface-sédiment ; sol-eau de surface ; sol-eau souterraine...) et les transferts hydriques et particulaires (sols et matières en suspension) en considérant leurs chemins préférentiels (Fig. 1). Cela est impératif pour pouvoir localiser, dans le temps et dans l'espace, les potentiels « hotspots » de coalescence microbienne.

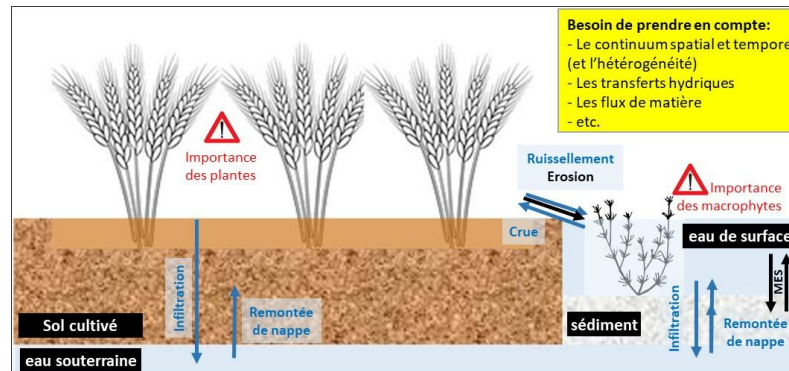


Figure 1 : Représentation schématique des zones d'interface et des processus de transferts hydriques et de matière dans la zone rivulaire d'un agrosystème.

Dans les agroécosystèmes, les communautés microbiennes sont présentes dans tous les compartiments de l'environnement (par ex. 1 gramme de sol ou de sédiment contient plusieurs milliards de microorganismes représentant plusieurs dizaines de milliers d'espèces), où elles assurent de nombreux processus écologiques qui contribuent à un large panel de fonctions et services écosystémiques. Parmi ces fonctions écologiques, on peut notamment citer, de manière non exhaustive, la production primaire (microorganismes phototrophes), la décomposition de matière organique et le recyclage des éléments nutritifs, la biodégradation des contaminants organiques (tels que les pesticides ou les substances pharmaceutiques), la limitation de l'érosion des sols et sédiments ou encore la contribution aux échanges gazeux avec l'atmosphère. L'un des principaux enjeux mis en avant par le consortium concerne le besoin de mieux comprendre comment les processus de coalescence dans les zones d'interface influencent la capacité des communautés microbiennes nouvellement formées à assurer leur rôle écologique, sur la base des fonctions auxquelles elles contribuent.

L'analyse bibliographique réalisée en marge du séminaire montre que la grande majorité des travaux s'intéressant aux processus de coalescence microbienne en milieu aquatique concernent l'étude de la structure et de la diversité des communautés se développant en aval de rejets d'eaux usées avec parfois un focus sur les populations résistantes aux antibiotiques, et, plus rarement sur les microorganismes pathogènes. Le nombre d'études concernant la

prise en compte de ces processus le long du continuum sol-milieu aquatique est très limité et la rareté de celles-ci est encore plus marquée dans le contexte des agrosystèmes. De plus, tous les travaux recensés présentent des limites méthodologiques qui rendent difficile l'évaluation de l'influence de ce continuum sur les caractéristiques structurales et surtout fonctionnelles des communautés microbiennes. De manière générale, ces limites concernent (i) la stratégie spatiale et temporelle d'échantillonnage et l'absence de précisions concernant les choix réalisés en ce sens et (ii) l'exploration quasi exclusive de la diversité taxonomique microbienne sans prise en compte de la dimension fonctionnelle.

Cependant, il est intéressant de noter que les développements méthodologiques récents, en particulier dans le domaine des 'omiques' (de la métagénomique à la métabolomique) et dans ceux de la bioinformatique et des biostatistiques permettent d'envisager la mise en œuvre de nouvelles approches particulièrement adaptées à l'étude des processus de coalescence microbienne au niveau de différentes interfaces environnementales dans les agrosystèmes en abordant cela à la fois du point de vue taxonomique, structurel et fonctionnel. Pour réellement relier les réponses microbiennes au fonctionnement des écosystèmes, il apparaît néanmoins nécessaire de développer des approches innovantes permettant de mesurer les conséquences fonctionnelles à cette échelle écosystémique (ex. en termes de flux de C, N ; de devenir de contaminants...).

En conclusion, les échanges et réflexions collectives ont permis de confirmer l'intérêt de la prise en considération du continuum fonctionnel sol-milieu aquatique dans les agroécosystèmes et des processus de coalescence microbienne dans les différentes zones d'interface qui s'y trouvent. Ils mettent aussi clairement en évidence le besoin de mobiliser un large panel de compétences interdisciplinaires pour réellement appréhender le rôle du continuum sol-milieu aquatique dans le maintien de la biodiversité fonctionnelle microbienne dans les agroécosystèmes. Les disciplines à mobiliser (hors écologie microbienne) incluent, de manière non exhaustive, l'hydrologie, la pédologie, la modélisation (des flux), la bioinformatique, les biostatistiques et l'écologie fonctionnelle.

Perspectives scientifiques.

La participation de partenaires spécialisés dans l'étude de différents compartiments environnementaux (sol, eau, sédiment) a renforcé le désir commun de mise en œuvre de collaborations ciblées sur les zones d'interface entre ces compartiments. Cependant, ces collaborations ne doivent pas se limiter à des questions propres à l'écologie microbienne et doivent intégrer des partenaires issus des différentes disciplines citées précédemment. Cela nécessite donc le montage d'un projet d'envergure de type ANR ou PEPR (ex. projets « wall free labs » du PEPR OneWater), voire de type MSCA Doctoral Network à l'échelle internationale.

En l'état, le consortium n'est pas suffisamment pluridisciplinaire pour construire ce type de projet et il pourrait être pertinent d'organiser un nouveau séminaire prospectif en l'ouvrant à des représentants d'autres disciplines afin de co-construire les ébauches d'un projet commun.

Valorisation

Les réflexions collectives menées lors du séminaire ContiComiC ont permis de contribuer à l'élaboration de deux projets de thèse :

- *Incidence of PhACs and microbial coalescence on sediment microbial communities and the occurrence of bacterial pathogens disseminating antimicrobial resistances» et*
- *Dissemination routes of antimicrobial resistances and pathogens among terrestrial and freshwater ecosystems in agri-urban catchments.*

Ces sujets sont financés dans le cadre du projet européen Pharm-ERA (<https://pharm-era.hub.inrae.fr/> ; MSCA-Doctoral Network) coordonné par Stéphane Pesce qui a démarré le 1^{er} février 2024.