



*Anthina flammea* se développant sur litière de hêtre (Marc Buée ©)

## Ecologie moléculaire de la décomposition des litières de feuilles: Molecular Ecology of Leaf Litter

Responsable scientifique : Marc BUÉE, UMR Interactions Arbres/Micro-organismes (IAM)

Partenaires Labex : Bernd Zeller, UR Biogéochimie des Ecosystèmes Forestiers (BEF)

---

### Contexte —

Le carbone terrestre (C) est majoritairement localisé dans les sols et, dans les écosystèmes forestiers, une grande partie de ce C provient de la litière du sol. Les feuilles mortes (litière) sont colonisées par des bactéries, mais surtout par des champignons décomposeurs et également par des champignons ectomycorhiziens (ECM). Les champignons saprophytes sont les principaux décomposeurs du bois et de la litière de conifères et de feuillus. Cependant, les champignons ECM pourraient rentrer en concurrence avec les décomposeurs de feuilles pour l'acquisition des nutriments, en particulier l'azote (N). En effet, alimentés par les sucres issus de la photosynthèse de leurs plantes hôtes et ne dépendant pas de l'énergie de la matière organique, les champignons ECM sont très compétitifs et monopolisent certains nutriments des litières pour eux-mêmes et leurs hôtes. Les champignons mycorhiziens semblent participer au recyclage de la litière accumulée sur le sol de la forêt, qui représente potentiellement la principale source de N pour la croissance des plantes, et donc dans le cycle du N. Mais les interactions et successions de ces deux guildes écologiques restent très peu étudiées.

### Objectifs —

Le projet « LeafLitterOmics » propose une étude intégrée de la succession des espèces fongiques au cours de la dégradation des litières et des fonctions microbiennes associées. L'objectif est d'offrir une meilleure compréhension des liens entre la chimie de la matière organique, la composition de la communauté microbienne et les activités enzymatiques exprimées au cours de la décomposition des litières.

Le projet passera en revue (1) les changements dans la composition chimique des litières par des techniques spectroscopiques et spectrométriques, (2) la composition du microbiome associé, par séquençage à haut débit de l'ADNr, et (3) l'étude des fonctions microbiennes impliquées dans la dégradation de la matière organique végétale (litière de chêne) par des approches enzymatiques. Ces expériences seront conçues pour définir des liens entre diversité fonctionnelle, groupes écologiques fongiques et chimie / qualité des litières.

### **Démarche —**

Cette recherche propose, par des analyses de génétique moléculaire de la composition et de l'activité de la communauté microbienne, de comprendre la succession et les interactions entre les décomposeurs de feuilles et les champignons symbiotiques. Des sacs de litière récoltés sur le terrain ont été exploités pour la métagénomique, les analyses fonctionnelles et de l'analyse de la chimie. Au cours de l'automne 2013, des litières foliaires ont été collectées sur deux placettes forestières de chêne sessile : forêt de Champenoux (54) et forêt de Breuil (58). Début janvier 2014, pour chaque type de litière, trente sachets ("litterbags" de 9.5 × 14.5cm, avec une porosité de 1.4 × 1.8 mm) ont été placés sur le dispositif expérimental de la forêt de Champenoux (site du réseau MOS). Le suivi de la décomposition a été réalisé durant 2 ans.

Cette démarche vise à :

- (1) surveiller les changements dans la composition des communautés microbiennes (champignons ectomycorhiziens, décomposeurs des feuilles) au cours de la dégradation de la litière de chêne, par séquençage à haut débit de l'ADNr
- (2) évaluer l'expression des fonctions liées à la dégradation de la matière organique et à la mobilisation de certains éléments (C, N, P).
- (3) évaluer les changements dans la chimie de litière lors de la décomposition par spectroscopie.

### **Résultats clés —**

- La cinétique de dégradation montre, dès les premiers mois, une perte de masse plus importante pour les feuilles issues du site de Champenoux, mais cette différence est transitoire.
- Parallèlement à ces observations, un sous-échantillonnage a été réalisé (n=3 par traitement) pour les analyses moléculaires et les mesures d'activités enzymatiques. Le suivi des activités enzymatiques microbiennes ne montre pas de différence majeure entre les deux litières pour les fonctions hydrolytiques (glucosidases, cellobiohydrolases, glucuronidases). Par contre, de manière concomitante aux différences de pertes de masse, on observe une augmentation des activités xylosidases plus rapide dans les litières autochtones (Champenoux) que dans celles importées (Breuil). De même les activités chitinases sont significativement plus élevées dans les litières autochtones (Figure 1).
- De manière intéressante, nous avons aussi montré que les deux types de litières étaient colonisées par des communautés très distinctes, en terme de composition (Figure 2), bien que l'évolution de la répartition Ascomycètes / Basidiomycètes soit conservée entre les deux type de litières (Figure 3). Enfin, il est intéressant de noter une augmentation progressive du taux d'espèces ECM au sein de la communauté fongique dans les deux litières, jusqu'à atteindre 30% de l'effectif en fin d'expérience.

### **Principales conclusions incluant des points-clés de discussion —**

Nos résultats montrent bien une biodégradation différente des deux litières de chêne sessile. Les analyses chimiques et biochimiques ont permis d'identifier certains déterminants liés à la relative « récalcitrance » de cette matière organique, en particulier l'abondance de la lignine et de certains minéraux (Ca, Mg). Par ailleurs, l'étude de la composition en espèce au cours du temps révèle une spécificité du cortège fongique en fonction de l'origine (et de la chimie) des litières de chêne. Il est intéressant d'observer, après les pics d'activités hydrolytiques (mobilisation du carbone par les champignons saprotrophes), une corrélation positive entre l'augmentation des activités de mobilisation de l'azote organique (e.g. N-acetylglucosaminidases) et l'augmentation des champignons ECM dans les litières.

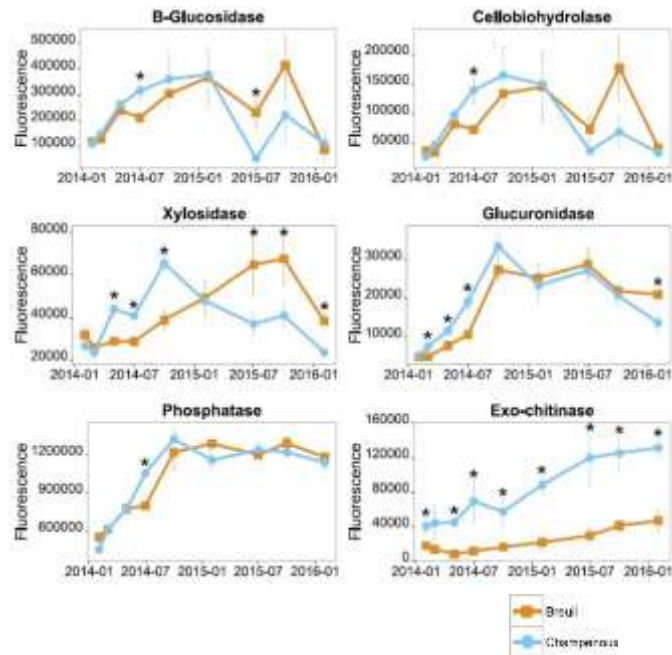


Figure 1. Evolution des activités enzymatiques au cours du temps dans les deux litières

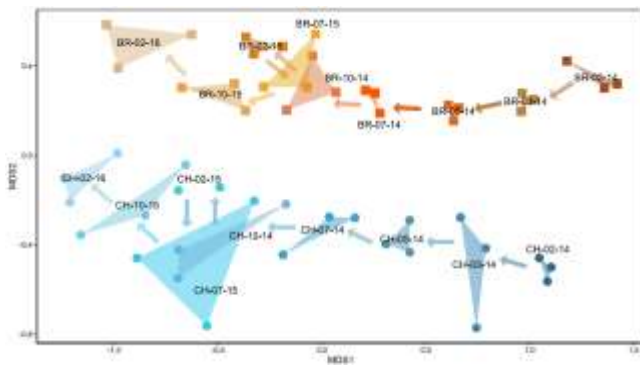


Figure 2. Evolution de la structure des communautés fongiques au cours du temps dans les deux types de litières (NMDS)

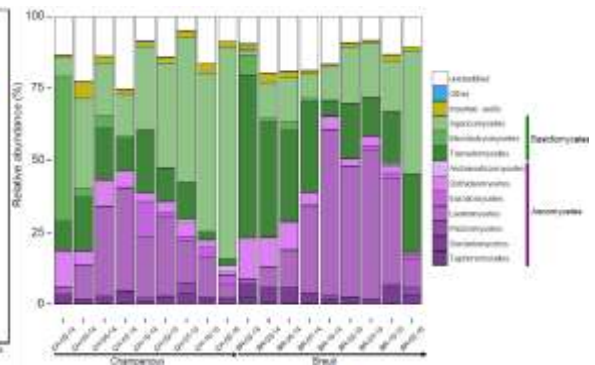


Figure 3. Composition des communautés fongiques (Classes) dans les deux types de litières au cours du temps.

### **Perspectives —**

Ce travail illustre parfaitement la complémentarité fonctionnelle et temporelle des guildes fongiques saprotrophes et ECM. Un article est actuellement en cours de rédaction pour un journal scientifique de rang A (Environmental Microbiology). Une approche de dégradations croisées (sur deux sites – e.g. Breuil et Champenoux -) pourrait apporter un éclairage sur l'importance relative de la chimie des litières au regard du potentiel fonctionnel des communautés fongiques locales ou non autochtones (« home field advantage »). Enfin, un projet ciblé sur l'expression des méta-transcrits fongiques et bactériens (approche métatranscriptomique) permettrait d'identifier les déterminants génétiques microbiens (e.g. CAZymes) impliqués dans la dégradation des litières dans une perspective d'ingénierie écologique orientée vers la gestion / monitoring de la séquestration du carbone dans les sols forestiers.

### **Valorisation —**

- Maillard F, Ziegler-Devin I, Morin E, Leduc V, Brosse N, Zeller B, Buée M. Transplantation de litières foliaires de chêne : réponses taxonomique et fonctionnelle des communautés fongiques associées à la décomposition. Séminaire de l'Ecole Doctorale RP2E, 2017. (prix du meilleur poster)

- Maillard F, Ziegler-Devin I, Morin E, Leduc V, Brosse N, Zeller B, Buée M. Fungal succession on two decomposing leaf litters: interactions and complementary of ecological guilds and their associated functions (*Titre provisoire*). (article en préparation pour le journal Environmental Microbiology).

### **Effet levier du projet**

Leaf litter OME est un projet pilote du Labex ARBRE, qui devait initialement s'appuyer sur un large projet international conjoint associant le « U.S. DOE Joint Genome Institute » (Walnut Creek, CA), le « U.S. DOE Environmental Molecular Sciences Laboratory » (EMSL) et le « Sveriges Lantbruks Universitets » (SLU) in Uppsala and Lund. Malheureusement le financement de ce projet international n'a pas pu être acquis. Cependant, dans ce contexte partiellement défavorable, le projet incitatif Leaf litter OME a paradoxalement été levier pour impliquer des collaborateurs locaux : Isabelle Ziegler-Devin et Nicolas Brosse (Lermab, Nancy). Cette nouvelle collaboration a très rapidement permis d'envisager leur intégration, à posteriori, dans un second projet soutenu par le Labex ARBRE (BRIDGE, 2015-2018), mais également d'initier un projet commun, financé en 2017 par le Labex et porté par I Ziegler-Devin (Biopolymos). Finalement, sur les bases de cette structure locale, un réseau plus large s'est constitué afin de soumettre à l'ANR une pré-proposition en réponse aux appels génériques (2017 et 2018), ciblant le rôle des microbes dans le stockage du carbone au sein des sols forestiers : Projet FOrest micRobial CARbon STock (FOReCAST), coordonné par M. Buée (UMR IAM) et soumis en pré-proposition à l'AAP-2018 (ANR).