

RootMix



Jeunes hêtres et érables en en mélange à forte densité.

Are positive diversity- production relationships mediated by root interactions? A study with different forest mixtures

Responsable scientifique : Catherine COLLET (UMR 1092 Laboratoire d'Etude des Ressources Forêt Bois – LERFOB)

Partenaires Labex : Damien Bonal, Marie-Béatrice Bogeat-Triboulot (EEF), Laurent Saint-André, Philippe Santenoise (BEF), Aurélie Deveau (IAM)

Collaborations : Quentin Ponette (UCL, Belgique)

Contexte — La biodiversité améliore le fonctionnement des écosystèmes ainsi que la fourniture de services écosystémiques. La relation diversité-production dans les communautés végétales a fait l'objet de nombreuses études, les mélanges se révélant généralement plus productifs que les monocultures. Identifier les mécanismes mis en jeu et déterminer les conditions dans lesquelles la relation diversité-production est positive est une étape nécessaire pour pouvoir estimer dans quelle mesure cette relation sera maintenue dans des conditions environnementales différentes et pour estimer si le recours aux forêts mélangées peut être un outil d'adaptation des forêts aux changements climatiques.

Objectifs — L'objectif général est d'analyser les processus de compétition aérienne et souterraine dans des peuplements mélangés et d'estimer si une complémentarité pour les ressources a lieu entre espèces qui expliquerait la plus forte productivité des mélanges. Les objectifs spécifiques sont:

1. Caractériser la distribution spatiale (verticale et horizontale) des systèmes racinaires d'arbres en conditions pures ou mélangées, et analyser si la compétition interspécifique modifie la distribution des racines.
2. Estimer la profondeur d'extraction de l'eau par des arbres en conditions pures ou mélangées.
3. Au niveau aérien, estimer les effets combinés du mélange et de la densité sur la mortalité des branches, et la forme des houppiers.
4. Estimer l'importance de la compétition pour les ressources souterraines (eau et nutriments) dans l'interaction globale entre les arbres, en conditions pures ou mélangées.

Démarche — Deux dispositifs expérimentaux installés en France (forêt de Haye) et en Belgique (Ardenne) sont mobilisés, qui impliquent quatre espèces principales: *Fagus sylvatica*, *Acer pseudoplatanus*, *Quercus petraea* et *Carpinus betulus*.

Dans chaque dispositif, la complémentarité pour les ressources souterraines est évaluée par une caractérisation de la distribution spatiale des ressources et des systèmes racinaires des arbres. Dans le dispositif Nancéen, la dynamique

des branches dans le houppier est également analysée. L'originalité du travail est de combiner des approches innovantes pour décrire la compétition: (1) spectrométrie infrarouge (NIRS-MIRS) pour identifier les racines d'arbres en mélange, (2) modélisation inverse pour déterminer la distribution des racines, (3) traceurs radioactifs stables pour déterminer la profondeur d'extraction de l'eau, (4) modèles de voisinage et modèles par équations structurelles (SEM) pour analyser les effets de la compétition sur le prélèvement des ressources souterraines et sur la croissance et la mortalité des branches.

Résultats marquants —

Dispositif nancéen :

- Le mélange n'influence que légèrement la profondeur d'extraction de l'eau des deux espèces (*Fagus* et *Acer*) ou la distribution verticale de ses racines, suggérant une absence de séparation des niches souterraines entre ces deux espèces, tant au niveau spatial que fonctionnel vis-à-vis de l'acquisition de l'eau.
- Le mélange améliore légèrement la nutrition d'*Acer* et, à l'inverse, dégrade légèrement la nutrition de *Fagus*.
- Une plus forte richesse de la communauté fongique a été observée dans le mélange, qui pourrait contribuer à une meilleure acquisition des ressources hydriques et minérales.
- La mortalité annuelle des branches est sous la dépendance de la densité locale des arbres, la hauteur relative des voisins et plusieurs variables descriptives des branches. En revanche, le mélange n'affecte pas la mortalité des branches, pour aucune des deux espèces.
- *L'analyse, par modélisation inverse, des effets combinés du mélange et de la densité sur la distribution des racines des individus est encore à effectuer.*

Dispositif belge :

- *Les analyses des mélanges racinaires à 4 espèces sont en cours de finalisation.*

Principales conclusions incluant des points-clés de discussion — Tant au niveau aérien que souterrain, nous n'avons pas mis en évidence de mécanisme permettant d'expliquer la plus forte production observée dans les situations de mélange, hormis un léger effet sur la nutrition de l'une des deux espèces (*Acer*).

Quelles que soient les variables de réponse analysées, reflétant le fonctionnement ou bien la croissance des arbres, le mélange apparaît comme un facteur de variation de second ordre derrière plusieurs facteurs de premier ordre tels la densité, la structure verticale du peuplement ou les dimensions de l'arbre. Cette observation, de portée assez générale, est d'autant plus vraie dans le mélange étudié que les deux espèces ont des stratégies écologiques proches.

Sur un plan méthodologique, ces résultats soulignent la nécessité de contrôler parfaitement l'ensemble des facteurs de variation pour pouvoir évaluer les effets du mélange. Ce contrôle peut s'effectuer par la construction de plans expérimentaux et d'échantillonnages permettant de décorréler les facteurs, et par l'utilisation de méthodes d'analyse permettant de prendre en compte les potentiels effets confondants des facteurs de variations. Ainsi l'échantillonnage réalisé pour l'étude de la nutrition a permis de décorréler les effets de la dimension des arbres et les effets de la densité locale et l'utilisation des SEM a permis d'absorber les effets de la dimension des arbres. L'utilisation conjointe de ces deux approches a permis de mettre en évidence des effets de faibles amplitudes du mélange.

Perspectives — Le dispositif expérimental du double clinal est un dispositif original dans les réseaux actuels portant sur les peuplements mélangés. La majorité des réseaux analysent les effets croisés du mélange et des conditions environnementales (fertilité, sécheresse...), alors que le dispositif du double clinal porte sur les effets croisés du mélange, de la densité et de la dimension des arbres. Une perspective serait de croiser les deux approches et d'installer des dispositifs de ce type dans des conditions environnementales contrastées.

Valorisation —

Publications :

- Nickmans H, Collet C, Bonal D, Verheyen K, Ponette Q 2017 Tree size and local neighbourhood affect foliar nutrient content in a mixed plantation of beech (*Fagus sylvatica*) and maple (*Acer pseudoplatanus*). *Forest Ecology and Management* 400 : 159-172

Thèses et rapports:

- Fruleux A. 2017 Développement racinaire du hêtre (*Fagus sylvatica*) en interaction avec d'autres espèces forestières et en fonction de la disponibilité en eau. Conséquences sur la croissance et le fonctionnement hydrique et carboné. Thèse Univ. de Lorraine.
- Frauenfelder A. 2017 Branch growth and mortality in response to neighbour density and species identity in a young forest plantation with two competing species. Master FAGE, Univ. de Lorraine.

Présentation lors de conférences :

- Fruleux A. et al., 2015 Is there complementarity between European beech and sycamore maple in their soil resource acquisition? Conférence internationale "Root Down Under", Canberra, Australie, Oct 2015.
- Nickmans H. et al., 2016, Tree size and local neighbourhood affect foliar nutrition in a young forest plantation of beech (*Fagus sylvatica*) and sycamore maple (*Acer pseudoplatanus*). International Conference on Mixed Forests, Prague, Oct 2016.

En préparation :

- Thèse de H. Nickmans (2 chapitres liés au projet RootMix)
- 1 article issu de la thèse d'A. Fruleux
- 1 article issu de la thèse de H. Nickmans
- 1 article issu du master d'A. Frauenfelder

Support pédagogique :

- Le dispositif expérimental du double clinal est régulièrement utilisé comme support pour des visites de terrain (notamment dans le Master FAGE). Les résultats du projet sont présentés lors de ces visites.

Effet levier du projet —

La collaboration avec les partenaires montée dans le cadre de RootMix n'a pour l'instant pas abouti à de nouveaux projets financés construits directement dans la continuité de RootMix.

La collaboration avec l'UCL se poursuit sur le thème des peuplements mélanges (projet Reform du programme ERA-NET Sumforest) et sur des thèmes plus opérationnels (projet Regiowood du programme Interreg).