



**HAL**  
open science

## Les traits des essences forestières déterminent la composition de la matière organique du sol en interaction avec le contexte pédoclimatique

Fadwa Khalfallah, Marie-France Dignac, Philippe Santenoise, An de Schrijver, Arnaud Legout, Aino Smolander, Elena Vanguelova, Kris Verheyen, Lars Vesterdal, Bernhard Zeller, et al.

### ► To cite this version:

Fadwa Khalfallah, Marie-France Dignac, Philippe Santenoise, An de Schrijver, Arnaud Legout, et al.. Les traits des essences forestières déterminent la composition de la matière organique du sol en interaction avec le contexte pédoclimatique. Conférence des 20 ans du réseau RESMO (Matière Organique, Environnement et Société), RESMO, Mar 2024, Dijon, France. hal-04642971

**HAL Id: hal-04642971**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04642971v1>**

Submitted on 10 Jul 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Les traits des essences forestières déterminent la composition de la matière organique du sol en interaction avec le contexte pédoclimatique

Fadwa Khalfallah<sup>\*1,2</sup>, Marie-France Dignac<sup>3</sup>, Philippe Santenoise<sup>1</sup>, A De Schrijver<sup>4</sup>, Arnaud Legout<sup>1</sup>, A Smolander<sup>5</sup>, E Vanguelova<sup>6</sup>, K Verheyen<sup>4</sup>, Lars Vesterdal<sup>7</sup>, Bernd Zeller<sup>1</sup>, Laurent Augusto<sup>8</sup>, Marc Buée<sup>2</sup>, and Delphine Derrien<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup> Biogéochimie des Ecosystèmes Forestiers – INRAE – France

<sup>2</sup> Interactions Arbres-Microorganismes – Université de Lorraine, Institut National de Recherche pour l’Agriculture, l’Alimentation et l’Environnement – France

<sup>3</sup> Institut d’écologie et des sciences de l’environnement de Paris – Institut de Recherche pour le Développement, Sorbonne Université, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne - Paris 12, Centre National de la Recherche Scientifique, Institut National de Recherche pour l’Agriculture, l’Alimentation et l’Environnement – France

<sup>4</sup> Forest Nature Lab, Univ Ghent – Belgique

<sup>5</sup> Natural Resources Institute Finland – Finlande

<sup>6</sup> Forest Research [Great Britain] – Royaume-Uni

<sup>7</sup> Department of Geosciences and Natural Resource Management [Copenhagen] – Danemark

<sup>8</sup> Interactions Sol Plante Atmosphère – Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agronomiques de Bordeaux-Aquitaine, Institut National de Recherche pour l’Agriculture, l’Alimentation et l’Environnement – France

### Résumé

La matière organique du sol (MOS) est un réservoir majeur de carbone dans les sols forestiers. Mais les informations quant à l'impact des essences d'arbres sur la forme sous laquelle la MOS s'accumule et sur la manière dont cela varie en fonction des conditions du site sont très lacunaires, ce qui entrave la mise en œuvre de pratiques de gestion forestière visant à optimiser le piégeage du carbone dans le sol.

Pour progresser dans ce domaine, nous avons prélevé des échantillons de sol dans cinq dispositifs expérimentaux européens testant l’effet des essences (common gardens) et les avons analysés par pyrolyse couplée à la chromatographie en phase gazeuse et à la spectrométrie de masse (Py-GC/MS). Nous avons cherché à évaluer comment la capacité de fixation de l'azote des arbres (fixation de l'azote ou non), l'association mycorhizienne des arbres (arbusculaire (AM) ou ectomycorhizienne (ECM)) et le type d'espèce d'arbre (feuillus ou conifères) affectent la composition moléculaire de la matière organique du sol.

Sous les arbres ayant la capacité de fixer l'azote, nous avons observé un enrichissement, attendu, en composés azotés et une signature microbienne plus forte dans les produits de pyrolyse dérivés des polysaccharides et contenant de l’azote que chez les essences ne fixant pas l’azote.

Sous les arbres associés des AM, nous avons constaté un enrichissement de la MOS en composés contenant de l’azote, provenant principalement d'une source microbienne, par rapport aux arbres associés aux ECM. Contrairement à l'idée répandue d'une dégradation plus rapide de la litière des essences associées aux AM, la composition moléculaire des produits issus de la pyrolyse a mis en évidence un enrichissement de la MOS en dérivés

---

\* Intervenant

lignocellulosiques par rapport aux arbres associés aux ECM. La bioturbation favorisée sous les arbres associés aux AM a probablement facilité l'incorporation des résidus lignocellulosiques dans le sol et leur agrégation avec des particules fines.

Sous conifères, nous avons observé un appauvrissement en produits de pyrolyse dérivés de la lignine par rapport aux parcelles de feuillus, que nous attribuons à une activité lignolytique plus efficace des champignons saprotrophes. Nous avons également constaté un enrichissement en composés azoté et une signature microbienne plus forte des composés N et des produits de pyrolyse dérivés des polysaccharides. La plupart de ces effets n'ont pas encore été observés dans le site finlandais de l'étude.

Les effets des traits des essences sur la MOS étaient plus importants dans les sols à texture grossière dominés par des associations organo-minérales impliquant des oxydes mal cristallisés que dans les sols à texture fine dominés des associations organo-minérales impliquant des phyllosilicates. Indépendamment de l'essence, nous avons observé une opposition entre l'accumulation de la lignine et celle des aliphatiques liée aux formes d'association organo-minérales.

Par rapport aux déductions dérivées d'observations du sol forestier ou de l'analyse d'un seul proxy, l'empreinte moléculaire générée par la py-GC/MS fournit des informations sur le devenir contrasté des molécules dans le sol et apporte un éclairage mécaniste sur la manière dont la composition des MOS est liée aux traits des essences et aux propriétés du site.

## Tree species traits interact with site properties to shape soil organic matter composition

Fadwa Khalfallah<sup>\*1,2</sup>, Marie-France Dignac<sup>3</sup>, Philippe Santenoise<sup>1</sup>, A De Schrijver<sup>4</sup>, Arnaud Legout<sup>1</sup>, A Smolander<sup>5</sup>, E Vanguelova<sup>6</sup>, K Verheyen<sup>4</sup>, Lars Vesterdal<sup>7</sup>, Bernd Zeller<sup>1</sup>, Laurent Augusto<sup>8</sup>, Marc Buée<sup>2</sup>, and Delphine Derrien<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup> Biogéochimie des Ecosystèmes Forestiers – INRAE – France

<sup>2</sup> Interactions Arbres-Microorganismes – Université de Lorraine, Institut National de Recherche pour l’Agriculture, l’Alimentation et l’Environnement – France

<sup>3</sup> Institut d’écologie et des sciences de l’environnement de Paris – Institut de Recherche pour le Développement, Sorbonne Université, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne - Paris 12, Centre National de la Recherche Scientifique, Institut National de Recherche pour l’Agriculture, l’Alimentation et l’Environnement – France

<sup>4</sup> Forest Nature Lab, Univ Ghent – Belgique

<sup>5</sup> Natural Resources Institute Finland – Finlande

<sup>6</sup> Forest Research [Great Britain] – Royaume-Uni

<sup>7</sup> Department of Geosciences and Natural Resource Management [Copenhagen] – Danemark

<sup>8</sup> Interactions Sol Plante Atmosphère – Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agronomiques de Bordeaux-Aquitaine, Institut National de Recherche pour l’Agriculture, l’Alimentation et l’Environnement – France

### Abstract

Soil organic matter (SOM) is a major reservoir of carbon in forest soils. However, information on tree species impact on the form in which SOM accumulates, and on how this varies with site conditions is lacking and hampers the implementation of forest management practices aimed at optimizing carbon sequestration in soil.

To better understand the mechanisms linking tree species traits, soil properties and climate to SOM storage, we collected topsoil samples in five European common garden experiments and analyzed them by Pyrolysis coupled to gas chromatography and mass spectrometry (Py-GC/MS) to assess how N-fixing ability of trees (N-fixing versus non-N-fixing), tree mycorrhizal association (arbuscular (AM) versus ectomycorrhizal (ECM)), and tree species type (broadleaf versus conifer) affect SOM molecular composition.

Under trees with N-fixing ability we observed an expected enrichment in N-compounds and a stronger microbial signature in N-compounds and pyrolysis products derived from polysaccharides. Under AM-associated trees we found an enrichment of SOM in N-compounds, dominantly derived from a microbial source compared to ECM-associated trees. Contrary to the common view of faster degradation of AM litter, SOM contained more lignin-

---

\* Speaker

derived pyrolysis products in soils under AM-associated trees compared to ECM-associated trees and polysaccharide-derived pyrolysis products had a stronger plant signature. Bioturbation, known to be favored under AM-associated trees, has possibly facilitated the incorporation of lignocellulosic residues into the soil and their aggregation with fine particles. In the temperate common garden planted with conifer plots, we observed a depletion in lignin-derived pyrolysis products compared to broadleaf plots, which we attributed to a more efficient lignolytic activity of saprotrophic fungi. We also found an enrichment in N-containing compounds and a stronger microbial signature of N-containing and polysaccharide-derived pyrolysis products. Most of these effects were not observed in the Finnish common garden of the study, yet.

Tree species effects on SOM were stronger in soils with a coarse texture and dominated by mineral associated organic matter (MAOM) involving poorly crystalline oxides than in finely textured soil dominated by MAOM involving exchangeable cation bridging with phyllosilicates. Independently of tree species, a trade-off between pyrolysis products derived from lignin- and aliphatics was also linked to the dichotomy in MAOM forms.

Compared to inferences made from forest floor observations or single proxy analysis, the molecular fingerprint generated by Py-GC/MS provided information on the contrasted fate of molecules in soil and brings mechanistic insight on how SOM composition is related to tree species and site properties.