

RÉSUMÉ DE THÈSE /
ACADEMIC THESIS ABSTRACT / RESUMEN DE TESIS ACADÉMICA**Conséquences de la coupe rase sur la production de racines fines, CO₂, CH₄ et N₂O jusqu'à la nappe phréatique dans une plantation d'*Eucalyptus grandis* menée en taillis sur un dispositif d'exclusion de pluie**

Amandine GERMON

RÉSUMÉ

Une meilleure connaissance de la dynamique spatio-temporelle des racines fines et des gaz à effet de serre dans les couches profondes du sol est indispensable pour identifier des pratiques sylvicoles plus durables pour les forêts plantées dans un contexte de changement climatique. Notre étude visait à évaluer les effets des coupes claires et de la sécheresse sur la production de racines fines et les flux et la production de CO₂, CH₄ et N₂O sur tout le profil de sol jusqu'à la nappe, dans des plantations d'*Eucalyptus grandis* conduites en taillis au Brésil. Les racines fines (diamètre < 2 mm) ont été échantillonnées jusqu'à une profondeur de 17 m sur un dispositif d'exclusion de pluielessivât permettant de comparer des peuplements où 37 % du pluielessivât a été exclu à l'aide de bâches en plastique (-W) avec des peuplements sans exclusion d'eau de pluie (+W). La dynamique racinaire, les flux en surface et les concentrations dans le sol de CO₂, CH₄ et N₂O ont été mesurés dans deux fosses permanentes pour les deux traitements, +W et -W, avant la coupe des arbres et ensuite en conduite en taillis. La croissance des racines fines était considérable à grande profondeur (> 13 m) pour les arbres menés en taillis et, étonnamment, la mortalité des racines fines était extrêmement faible quels que soient la profondeur et le traitement. La biomasse des racines fines, leur longueur et leur surface spécifiques étaient respectivement plus élevées d'environ 25 %, 15 % et 15 % pour le traitement -W que pour +W. Les concentrations moyennes de CO₂ et N₂O pour -W sont plus faibles de 20,7 % et 7,6 % que pour +W, et les concentrations de CH₄ pour -W sont plus élevées de 44,4 % que pour +W sur l'ensemble des profils du sol. Un modèle de diffusivité montre une production et une consommation de CO₂, N₂O et CH₄ en grande profondeur et similaire pour les deux traitements, +W et -W. La mise en place de systèmes racinaires profonds dans les forêts tropicales plantées pourrait permettre aux arbres de résister aux périodes de sécheresse attendues dans le futur. Notre étude réalisée dans des peuplements d'*eucalyptus* gérés en taillis, représentatifs de vastes zones tropicales, suggère que les émissions de gaz à effet de serre pourraient être peu influencées par les modifications de régimes de précipitations dues au changement climatique.

Mots-clés : taillis, sol tropical très profond, croissance racinaire profonde, exclusion de pluielessivât, gaz à effet de serre, *Eucalyptus grandis*, Brésil.

Consequences of clear-cutting on production of fine roots and on CO₂, CH₄ and N₂O down to the water table in coppiced *Eucalyptus grandis* stands in a throughfall-exclusion experiment

ABSTRACT

Improving our understanding of the spatiotemporal dynamics of fine-roots and greenhouse gases in deep soil layers is of key importance in identifying more sustainable silvicultural practices for planted forests in the context of climate change, and to improve biogeochemical models. Our study assessed the effects of clear-cutting and drought on fine-root production and soil CO₂, CH₄ and N₂O effluxes and production through deep soil profiles down to the water table in coppice-managed *Eucalyptus grandis* plantations in Brazil. Fine-roots (diameter < 2 mm) were sampled down to a depth of 17 m in a throughfall-exclusion experiment to compare stands in which 37% of throughfall was excluded by plastic sheets (-W) with stands without rain exclusion (+W). Root dynamics, CO₂, CH₄ and N₂O surface effluxes and concentrations in the soil were measured in two permanent pits in +W and -W treatments before clear-cutting and subsequently under coppice management. After harvesting, we observed spectacular fine root growth of coppiced trees in very deep soil layers (> 13 m) and, surprisingly, root mortality remained extremely low whatever the depth and the treatment. Fine root biomass, specific root length and specific root area were respectively about 25%, 15% and 15% higher in -W than in +W. Mean CO₂ and N₂O concentrations in -W were 20.7% and 7.6% lower than in +W, and CH₄ concentrations in -W were 44.4% higher than in +W throughout the soil profiles. A diffusivity model showed that CO₂, N₂O and CH₄ production and consumption occurred at great depths and were similar in both +W and -W treatments. Clear-cutting did not increase CO₂, N₂O and CH₄ effluxes and production regardless of the water supply regime. Establishing deep root systems in tropical planted forests could thus help trees to withstand the long drought periods expected in many tropical regions in the future. Our study suggests that coppice management might be an interesting option in tropical *E. grandis* plantations, both to improve tree tolerance to drought and to store carbon at great depth in the soil. The consequences of climate change for greenhouse gas emissions could be lessened when tropical *E. grandis* plantations are coppice-managed.

Keywords: coppice, very deep tropical soil, deep root growth, throughfall exclusion, greenhouse gases, *Eucalyptus grandis*, Brazil.

Consecuencias de la corta a hecho en la producción de raíces finas, CO₂, CH₄ y N₂O hasta el nivel freático en rodales de *Eucalyptus grandis* llevados a monte bajo en un experimento de exclusión de trascolación

RESUMEN

Mejorar nuestra comprensión de la dinámica espaciotemporal de las raíces finas y los gases de efecto invernadero en las capas profundas del suelo es un aspecto clave para identificar prácticas silvícolas más sostenibles en un contexto de cambio climático para los bosques plantados, así como para mejorar los actuales modelos biogeoquímicos. Nuestro estudio tenía como objetivo evaluar el efecto de la corta a hecho y de la sequía en la producción de raíces finas, en los eflujos de CO₂, CH₄ y N₂O al suelo y en la producción a lo largo de perfiles profundos del suelo hasta la capa freática en las plantaciones brasileñas de *Eucalyptus grandis* con una gestión de monte bajo. Se tomaron muestras de raíces finas (diámetro < 2 mm) hasta una profundidad de 17 m en un experimento donde se excluyó la trascolación, comparando los grupos donde se excluía el 37 % de las trascolaciones mediante láminas de plástico (-W) y los grupos sin exclusión de la lluvia (+W). Se estudió la dinámica de las raíces, los eflujos superficiales de CO₂, CH₄ y N₂O y las concentraciones en el suelo se midieron en dos pozos permanentes en los tratamientos +W y -W antes de la corta a hecho y después en monte bajo. El crecimiento de raíces finas fue espectacular en capas muy profundas del suelo (> 13 m) para árboles en monte bajo y, sorprendentemente, la mortalidad de raíces finas fue extremadamente baja independientemente de la profundidad y el tratamiento. La biomasa, longitud y área de las raíces finas fueron aproximadamente 25 %, 15 % y 15 % más elevadas en -W que en +W, respectivamente. Las concentraciones medias de CO₂ y N₂O en -W fueron un 20,7 % y un 7,6 % más bajas que en +W, respectivamente, y las concentraciones de CH₄ en -W fueron un 44,4 % más altas que en +W en todos los perfiles de suelo. Un modelo de difusividad mostró que la producción y el consumo de CO₂, CH₄ y N₂O ocurrían a grandes profundidades y eran similares en los tratamientos +W y -W. El establecimiento de sistemas de raíces profundas en los bosques tropicales plantados podría ayudar a los árboles a resistir los largos períodos de sequía que se prevén en muchas regiones tropicales en el futuro. Las consecuencias del cambio climático en las emisiones de gases de efecto invernadero podrían ser menores cuando las plantaciones tropicales de *Eucalyptus grandis* se gestionen con el monte bajo.

Palabras clave: monte bajo, suelo tropical muy profundo, crecimiento profundo de las raíces, exclusión de trascolación, gases de efecto invernadero, *Eucalyptus grandis*, Brasil.

Doi : <https://doi.org/10.19182/bft2020.346.a36293>

Droit d'auteur © 2020, Bois et Forêts des Tropiques © Cirad

Date de publication : 25 décembre 2020

Licence Creative Commons :
Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).



Photo 1.

Fosse permanente creusée à 17 m de profondeur dans un dispositif expérimental d'exclusion de pluiolessivât mené dans la Station forestière expérimentale d'Itatinga dans l'État de São Paulo au Brésil. Les fosses ont été creusées pour permettre l'accès à l'ensemble des profils des sols de la couche de surface jusqu'à la nappe phréatique, le suivi de la dynamique racinaire et la mesure des concentrations de gaz à effet de serre sur l'ensemble des profils. Les fosses d'un diamètre de 1,5 m et d'une profondeur de 17 m sont localisées entre quatre *Eucalyptus*. Les parois des fosses sont formées d'anneaux en béton en contact direct avec le sol. Des toits de couleur claire du même diamètre que les fosses ont été utilisés pour empêcher la pénétration de lumière et de pluie dans les fosses. Des plateformes d'accès ont été installées tous les deux mètres dans les fosses et équipées de lumière artificielle et de ventilateurs fonctionnant pendant les heures de travail pour assurer la sécurité des conditions de travail jusqu'à la nappe phréatique.

Photo A. Germon.

Photo 1.

Deep permanent pit down to a depth of 17 m in a throughfall exclusion experiment at the Itatinga Forest Science Experimental Station in São Paulo state, Brazil. Pits were excavated to gain access to the complete soil profile from the topsoil down to the water table and to record root dynamics and measure greenhouse gas concentrations throughout the soil profile. The pits were 1.5 m in diameter and of 17 m in depth and were located between four *Eucalyptus* trees. The pit walls were made of concrete rings in direct contact with the soil. Light-coloured roofs of the same diameter as the pits were used to prevent light and rain from entering the pits. Platforms were set up at two-metre intervals in the pits and equipped with artificial lighting and fans for use during working sessions, to allow access and ensure safe working conditions down to the water table.

Photo A. Germon.

Foto 1.

Pozo permanente a una profundidad de 17 m en un experimento de exclusión de trascolación en la Estación Experimental de Ciencia Forestal de Itatinga, estado de Sao Paulo, Brasil. Se excavaron pozos para acceder al perfil completo del suelo desde su capa superior hasta la capa freática, registrar la dinámica de las raíces y medir la concentración de gases de efecto invernadero en el perfil del suelo. Los pozos tenían un diámetro de 1,5 m, alcanzaban una profundidad de 17 m y estaban situados entre cuatro eucaliptos. Las paredes del pozo se hicieron con anillos de hormigón en contacto directo con el suelo. Se utilizaron techos de color claro del mismo diámetro que los pozos para evitar que la luz y la lluvia entraran en los pozos. Se instalaron plataformas en su interior a intervalos de dos metros, equipadas con iluminación artificial y ventiladores que se utilizaban durante las sesiones de trabajo, permitiendo el acceso y la seguridad hasta la capa freática.

Foto A. Germon.

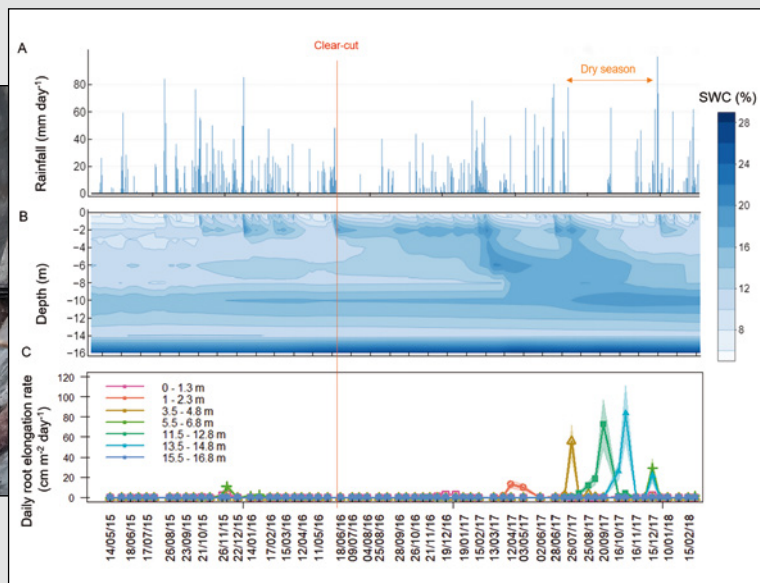


Figure 1.

Pluviométrie journalière (A) et teneur des sols en eau (SWC, %) dans les profils des sols jusqu'à 16 m de profondeur dans les peuplements soumis à une exclusion de 37 % des pluies (B) entre mai 2015 et février 2018. Taux journalier d'allongement des racines (DRER) observé sur les tubes minirhizotron (cm de racines/m² de la surface du minirhizotron/jour) estimé tous les 14 jours entre mai 2015 et février 2018 dans les couches de sol à 0-1,3 m, 1-2,3 m, 3,5-4,8 m, 5,5-6,8 m, 11,5-12,8 m, 13,5-14,8 m et 15,5-16,8 m dans les peuplements soumis à une exclusion de 37 % des pluies (C). Le trait vertical indique la date de la coupe claire. Peuplement conduit en taillis suite à la coupe claire.

Figure 1.

Daily rainfall (A) and soil water content (SWC, %) within the soil profiles down to a depth of 16 m in the plots with 37% of throughfall excluded by plastic sheets (B) from May 2015 to February 2018. Daily living root elongation rate (DRER) on minirhizotron tubes (cm/m² of minirhizotron area/day) estimated every 14 days from May 2015 to February 2018 in soil layers 0-1.3 m, 1-2.3 m, 3.5-4.8 m, 5.5-6.8 m, 11.5-12.8 m, 13.5-14.8 m and 15.5-16.8 m in the plot with 37% of throughfall excluded by plastic sheets (C). The clear-cut date is indicated by a vertical line. The stand was coppice-managed after the clear-cut.

Figura 1.

Lluvia diaria (A) y contenido de agua del suelo (SWC, %) en los perfiles del suelo hasta una profundidad de 16 m en las parcelas donde se excluyó el 37 % de la trascolación (B) desde mayo de 2015 hasta febrero de 2018. Tasa diaria de alargamiento de las raíces (DRER) observadas en los tubos de minirrizotrófon (cm de raíces / m² de área de minirrizotrófon/día) estimada cada 14 días desde mayo de 2015 hasta febrero de 2018 en capas de suelo de 0-1,3 m, 1-2,3 m, 3,5-4,8 m, 5,5-6,8 m, 11,5-12,8 m, 13,5-14,8 m y 15,5-16,8 m en la parcela donde se excluye el 37 % de la trascolación (C). La fecha de corta a hecho se indica con una línea vertical. Después de la corta a hecho la gestión del rodal fue de manto bajo.

Publications

Liste des articles publiés

Germon A., Laclau J.-P., Robin A., Jourdan C., 2020. Tamm Review: Deep fine roots in forest ecosystems: Why dig deeper? *Forest Ecology and Management*, 466: 118-135. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118135>

Germon A., Jourdan C., Bordron B., Robin A., Nouvellon Y., Chapuis-Lardy L., de Moraes Gonçalves J. L., Pradier C., Guerrini I. A., Laclau J.-P., 2019. Consequences of clear-cutting and drought on fine root dynamics down to 17 m in coppice-managed eucalypt plantations. *Forest Ecology and Management*, 445: 48-59. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.05.010>

Germon A., Guerrini I. A., Bordron B., Bouillet J.-P., Nouvellon Y., de Moraes Gonçalves J. L., Jourdan C., Paula R. R., Laclau J.-P., 2018. Consequences of mixing *Acacia mangium* and *Eucalyptus grandis* trees on soil exploration by fine-roots down to a depth of 17 m. *Plant and Soil*, 424 (1-2): 203-220. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-017-3428-1>

Grade et diplôme : Docteur en Écologie fonctionnelle.

Université : Montpellier SupAgro (France) et São Paulo State University UNESP (Brésil)

Date de soutenance : 21 Juin 2019

Composition du jury

Direction : Jean-Paul LACLAU (Co-Directeur, CIRAD & UNESP), Christophe JOURDAN (Co-Directeur, CIRAD, UMR Eco&Sols)

Membres : Jean-Christophe DOMEQ (Président du Jury, Professeur, Bordeaux Sciences Agro), Daniel EPRON (Rapporteur, Professeur, Université de Lorraine), Alain PIERRET (Rapporteur, Chargé de recherche, IRD), José LEONARDO GONÇALVES (Examinateur, Professeur, ESALQ-USP, Brésil), Catherine ROUMET (Invitée, Chargée de recherche, CEF/CNRS, Montpellier), Ciro Antonio ROSOLEM (Invité, Professeur, UNESP, Brésil)

Langue de rédaction : Anglais

Accès au manuscrit :

http://publications.cirad.fr/une_notice.php?dk=596633

Contact : UMR Eco&Sols, Écologie fonctionnelle et biogéochimie des sols et agro-écosystèmes, Campus SupAgro, Bâtiment 12, 2 place Viala, 34060 Montpellier
amandine.germon@gmail.com — <https://www.agermon.com/>