

---

## Importance du réseau trophique du sol dans la stabilité du fonctionnement des écosystèmes forestiers méditerranéens soumis au changement climatique

Aupic-Samain Adriane, Aix Marseille Univ, Avignon Université, CNRS, IRD, IMBE, Marseille, France.

[adriane.samain-aupic@imbe.fr](mailto:adriane.samain-aupic@imbe.fr)

Directrices de thèse : Virginie Baldy et Catherine Fernandez.

### Résumé

Les réseaux trophiques du sol sont les moteurs des cycles des éléments nutritifs et des flux d'énergie dont dépend étroitement le fonctionnement des écosystèmes terrestres. Malgré leur importance dans le processus de décomposition des litières, peu d'études se sont focalisées sur les réseaux trophiques en forêt méditerranéenne. Pourtant, les espèces végétales méditerranéennes, adaptées à la sécheresse et aux fortes températures, ont une identité physico-chimique particulière, susceptible de contrôler fortement le réseau trophique du sol. De plus, parmi les biomes terrestres, cet écosystème figure comme l'un des plus sensibles au changement climatique. Un stress hydrique plus intense pourrait impacter directement les organismes du réseau trophique du sol mais aussi indirectement en modifiant la qualité des litières produites.

Afin d'étudier les mécanismes par lesquels le changement climatique peut altérer la structure des réseaux trophiques et leurs fonctions, nous avons utilisé des sites instrumentés dans trois forêts méditerranéennes : chênaie à *Quercus pubescens* Willd. (O<sub>3</sub>HP), chênaie à *Quercus ilex* L. (Puéchabon) et pinède à *Pinus halepensis* Mill. (Font-Blanche). Ces forêts sont soumises expérimentalement à une sécheresse amplifiée prévue par les modèles climatiques en Méditerranée à l'aide de systèmes d'exclusion de pluie (-30% de précipitation annuelle). La première expérience *in-situ* met en évidence que la forêt de *Q. ilex* présente une abondance et une biomasse d'arthropodes du sol plus faibles et des flux d'énergie entre groupes trophiques réduits comparé aux 2 autres forêts. Ces résultats suggèrent que les différences de propriétés physico-chimiques du sol entre forêts conduisent à un fort contrôle ascendant sur la structure et l'architecture énergétique du réseau trophique du sol. Si l'abondance et la biomasse des détritivores et des omnivores sont réduits en condition de sécheresse amplifiée, les flux d'énergie ne sont pas affectés suggérant une forte stabilité du réseau trophique du sol. Une seconde expérience *in-situ* visant à évaluer l'impact direct et indirect (*via* une modification de la qualité des litières) de la sécheresse sur les communautés microbiennes et mésofauniques a été effectué *via* des transplants de litières (litterbags) dans les trois forêts. Après deux ans de décomposition, la biomasse microbienne et l'abondance mésofaunique sont plus élevées avec la litière de *Q. pubescens* par rapport aux deux autres litières. Ces résultats mettent en évidence l'importance de certains traits foliaires pour les organismes consommant la litière. Bien que la sécheresse amplifiée ait induit une modification de la qualité des litières, aucun changement n'est observé sur les groupes d'organismes. En revanche, l'effet direct de la sécheresse amplifiée sur les paramètres microbiens et mésofauniques dépend du type de forêt suggérant que dans une même région méditerranéenne, le changement climatique pourrait modifier distinctement les organismes et leur contribution au processus de décomposition.

En laboratoire, la qualité de la litière et notamment sa structure physique (feuille *vs.* aiguille) a eu des effets distincts sur les organismes du réseau trophique (champignons-collembolles-acariens

---

prédateurs). La seconde expérience en mésocosme visant à analyser les effets interactifs de l'augmentation de la température et de la réduction de l'humidité du sol sur une communauté de collemboles en présence ou non d'acariens prédateurs, met en évidence que la sécheresse affecte différemment les espèces de collembole mais réduit l'abondance de la communauté i) en supprimant l'effet positif de l'augmentation de la température et ii) en renforçant le contrôle du prédateur sur leur abondance. Finalement, ce travail de thèse souligne l'importance des caractéristiques physico-chimiques du sol et de la litière comme contrôle ascendant et des conditions hydriques sur la structure des réseaux trophiques du sol en forêt méditerranéenne.

**Mots clés : Changement climatique ; Forêt méditerranéenne ; Interaction plante-sol ; Litière ; Réseau trophique.**

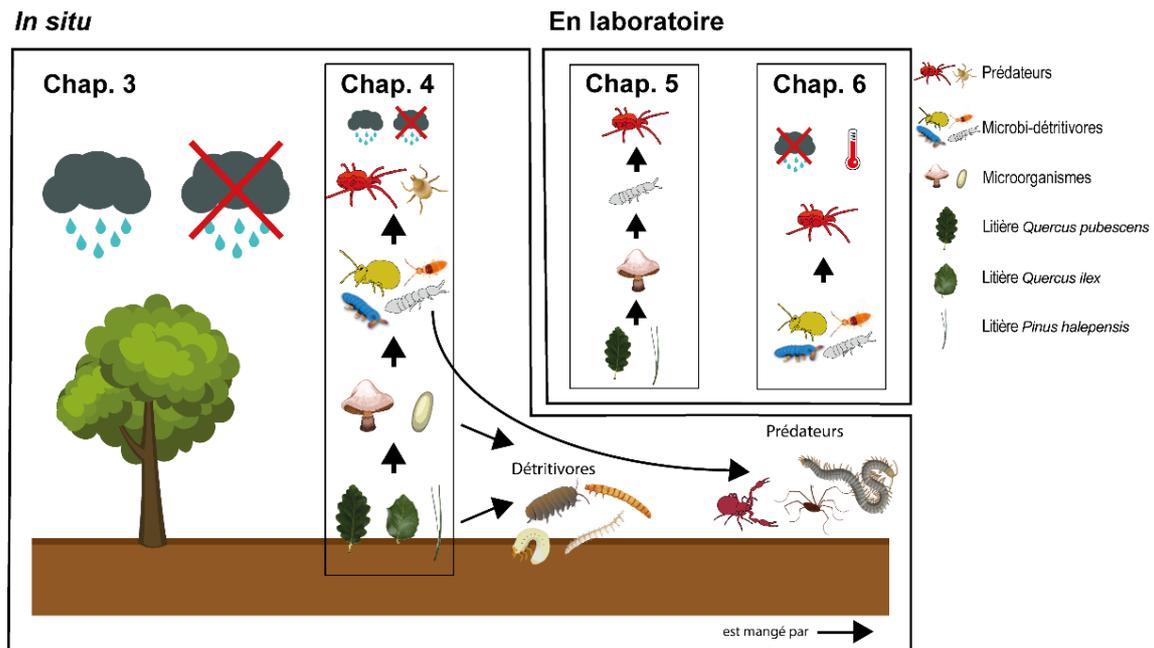
### Abstract

Soil food web plays a key role in nutrient cycles and energetic fluxes essential for ecosystem functioning. Despite the relative importance of these organisms in plant litter decomposition, only few studies have focused on soil food webs in Mediterranean forests. However, Mediterranean plant species, adapted to drought and high temperature conditions, exhibit distinct litter physico-chemical characteristics likely to strongly control soil food web. In addition, among terrestrial biomes, Mediterranean ecosystems appear as the most sensitive to climate change. More intense water stress could directly affect soil organisms but also indirectly through shifts in litter quality. In order to understand how climate change could alter the structure and functions of soil food web in Mediterranean forest, we used three forested equipped sites: deciduous *Quercus pubescens* Willd. forest (O<sub>3</sub>HP), evergreen *Quercus ilex* L. forest (Puéchabon) and *Pinus halepensis* Mill. forest (Font-Blanche), experimentally subjected to an aggravated drought predicted by climatic models in the Mediterranean thanks to a rain exclusion device (-30% of annual precipitation). Firstly, results of a field experiment evidenced that *Q. ilex* exhibits lower abundance and biomass of arthropod communities as well as reduced energy fluxes between trophic groups compared to the two other forests. These results suggest that differences in physico-chemical soil properties among forests lead to strong bottom-up control on the structure and energetic architecture of soil food webs. While abundance and biomass of detritivores and omnivores are reduced with amplified drought, energy fluxes are similar between the precipitation treatments suggesting a strong stability of soil food webs in Mediterranean forest.

Secondly, a litterbag transplant experiment was performed to understand the direct and indirect (*via* shifts in litter quality) drought effects on microbial and mesofaunal communities associated with the litter of the three tree species in the three forests. After two years of decomposition, microbial biomasses and mesofaunal abundances are higher with *Q. pubescens* litter compared to *Q. ilex* and *P. halepensis* litters highlighting the importance of some litter traits for soil organisms. Amplified drought induces shifts in litter quality, but no change is reported for soil organisms. In addition, microbial and mesofaunal parameters differently respond to the direct drought effect according to the forest type. These results suggest that in a same Mediterranean region, climate change could distinctly modify soil organisms and their contribution to the decomposition process.

In a laboratory experiment, we evidenced that litter quality - and especially its physical structure (leaf *vs.* needle) controls soil food web organisms (fungi-Collembola-predatory Acari). A second

mesocosm experiment aimed to evaluate the interactive effects of the increasing temperature and reducing soil moisture on a Collembola community, with or without predatory Acari. As provided by the *in-situ* experiment, laboratory results evidenced that drought differentially affects Collembola species but reduces collembolan community abundance i) by suppressing the positive effect of increasing temperature and ii) by strengthened the predatory control on collembolan abundance. Finally, this thesis highlights the importance of soil and litter physico-chemical characteristics acting as bottom-up driver and of the water availability on the soil food web structure in Mediterranean forests.



**Figure 1 :** Description schématique des différentes expérimentations menées dans le cadre de cette thèse. Les deux expérimentations *in situ* correspondent aux chapitres 3 et 4 tandis que les expérimentations en laboratoire sont présentées dans les chapitres 5 et 6.

### Résumé de thèse vulgarisé pour le grand public

Ce travail de thèse étudie les interactions entre les organismes du sol (microorganismes, détritivores et prédateurs) dans trois types de forêts du sud de la France (pinède, chênaies pubescente et verte) et comment le changement climatique attendu en région méditerranéenne (*via* une sécheresse amplifiée) pourrait affecter ces relations. Nous avons montré que les communautés d'organismes étaient fortement influencées par la nature biochimique de la litière et le type de forêt. La litière de chêne pubescent semble favoriser l'abondance de toutes les communautés du sol tandis que la forêt de chêne vert semble défavorable pour de nombreux groupes d'organismes. Dans un contexte de changement climatique, la sécheresse amplifiée affecte le réseau trophique du sol avec différentes réponses selon le groupe trophique et le type de forêt. Ces résultats suggèrent que dans une même région méditerranéenne, le changement climatique pourrait affecter différemment les organismes sol avec des conséquences sur les fonctions qu'ils conduisent dans le processus de décomposition des litières.

---

### Lay abstract for public

This thesis focuses on trophic interactions between soil biota (microorganisms, detritivorous and predators) in three forests from South of France (pine forest, downy and holm oak forests) and how climate change expected in the Mediterranean region (*via* amplified drought) could affect these relationships. We reported that the soil organisms' communities were strongly influenced by the litter identity of and by the forest type. Downy oak litter favored the abundance of all soil communities while holm oak forest was unfavorable for many groups of organisms. In a climate change context, experimentally amplified drought alters the soil food web with distinct responses according to trophic group and forest type. These results suggest that within the same Mediterranean region, climate change could differently modify the soil biota with consequences on their contribution to the litter decomposition process.