

**Améliorer les connaissances et techniques de suivi de la biodiversité du sol et des fonctions écosystémiques associées pour une gestion forestière plus durable : les projets H2020 **HoliSoils** et PEPR FORESTT **BOSFOR****

**Mathieu Santonja**

Enseignant-chercheur à l'Université d'Aix-Marseille

Colloque « Regards sur les sols forestiers méditerranéens » – 12-13 novembre 2025

# Présentation du Projet H2020 HoliSoils

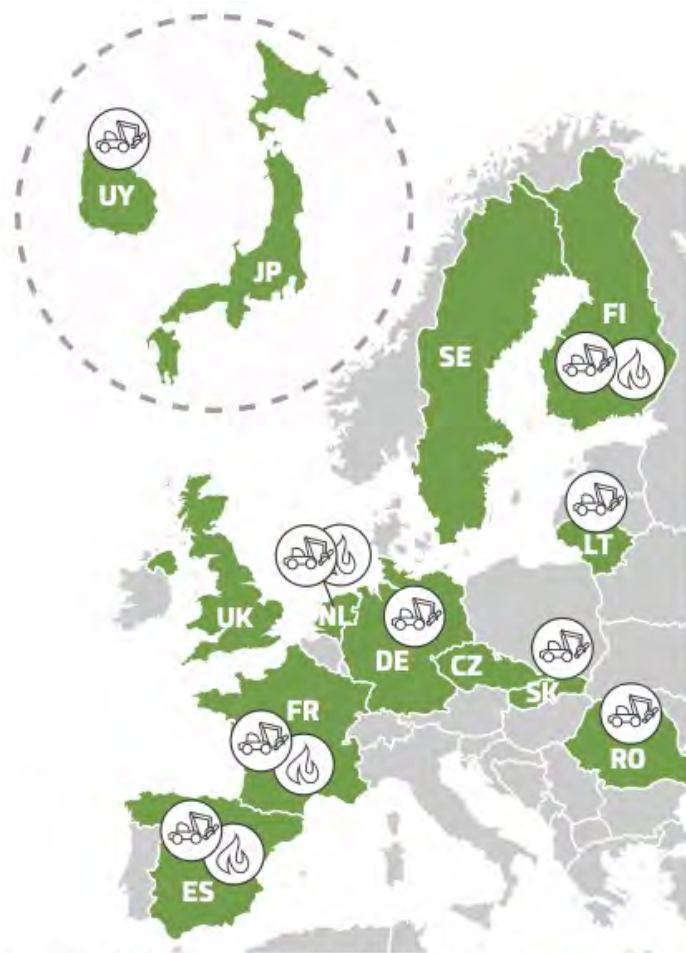


















## *Holistic management practices, modelling & monitoring for European forest soils*

- Coordinateur: Natural Resources Institute Finland (Raisa Makipaa)
- 22 partenaires internationaux
- Budget : 9 999 920 €
- Durée: 54 months
- 1<sup>er</sup> Mai 2021 – 31 Octobre 2025
- Site web: <https://holisoils.eu/>

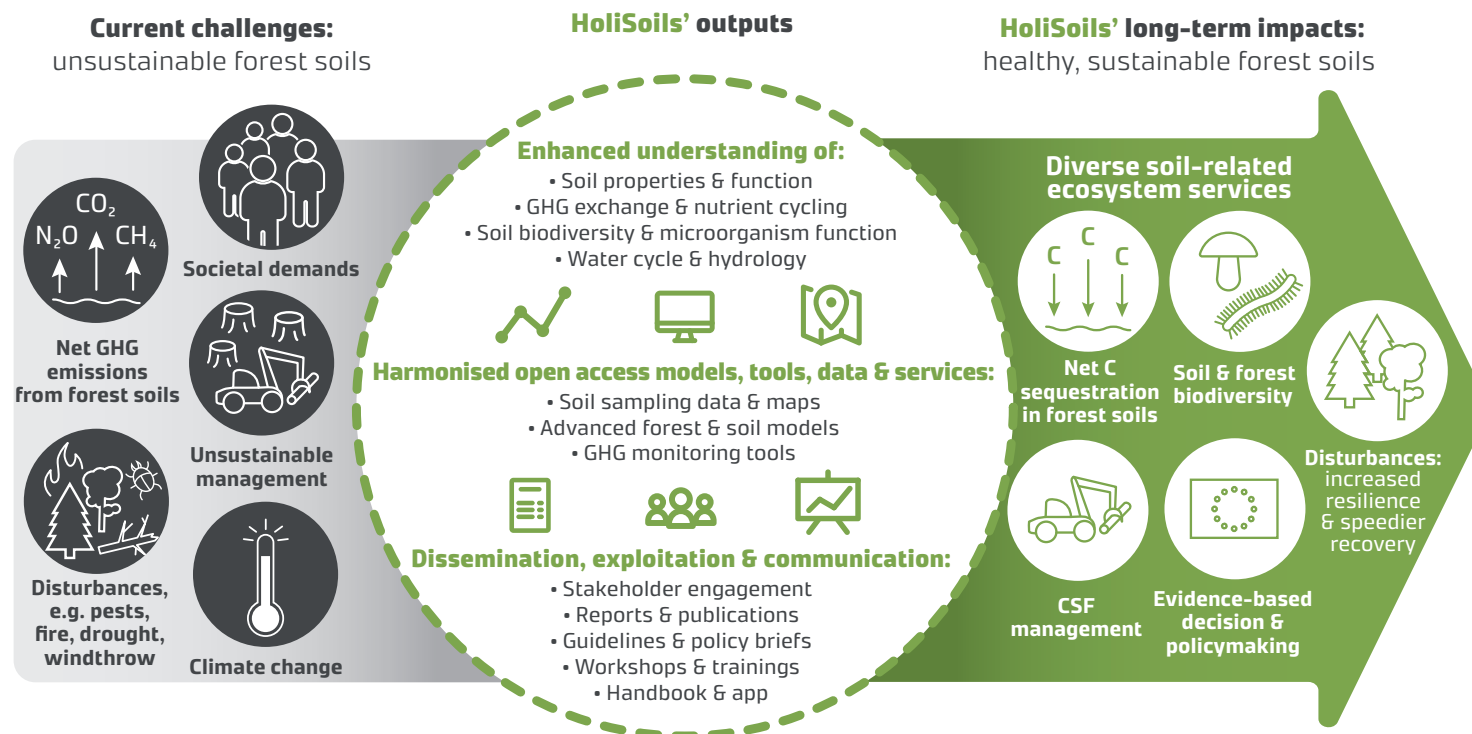


# Consortium et sites d'études



Participant organisation		Type	Country
Nr	Full English name (abbreviation) Legal name (if different)		
1	Natural Resources Institute Finland (Luke) [coordinator] <i>Luonnonvarakeskus</i>		Research institute Finland FI
2	Institute of Microbiology of the Czech Academy of Sciences (IMIC) <i>Mikrobiologický ústav AV ČR, v. v. i.</i>		Research institute Czech Republic CZ
3	French National Centre for Scientific Research (CNRS) <i>Centre National de la Recherche Scientifique</i>		Research institute France FR
4	Johann Heinrich von Thünen Institute (TI) <i>Johann Heinrich von Thünen-Institut</i>		Research institute Germany DE
5	Basque Centre for Climate Change (BC3) <i>Asociacion BC3 Basque Centre for Climate Change Klima Aldaketa Ikergai</i>		Research institute Spain ES
6	Vrije University Amsterdam (VU) <i>Stichting VU</i>		University Netherlands NL
7	European Forest Institute (EFI)		Research institute International FI
8	Wageningen Research Foundation (WR) <i>Stichting Wageningen Research</i>		University NL
9	International Soil Reference & Information Centre (ISRIC) <i>Stichting International Soil Reference &amp; Information Centre</i>		Research institute NL
10	Stockholm University (SU) <i>Stockholms Universitet</i>		University Sweden SE
11	Transylvania University of Braşov (UTBV) <i>Universitatea Transilvania din Braşov</i>		University Romania RO
12	University of Barcelona (UB) <i>Universitat de Barcelona</i>		University ES
13	University of Aberdeen (UNIABDN) <i>The University Court of The University of Aberdeen</i>		University United Kingdom UK
14	Vytautas Magnus University (VMU) <i>Vytauto Didžiojo universitetas</i>		University Lithuania LT
15	Aix-Marseille University (AMU) <i>Aix-Marseille Université</i>		University FR
16	Technical University of Munich (TUM) <i>Technische Universität München</i>		University DE
17	Technical University in Zvolen (TUZVO) <i>Technická univerzita vo Zvolene</i>		University Slovakia SK
18	Forest Science & Technology Centre of Catalonia (CTFC) <i>Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya</i>		Research institute ES
19	National Institute for Agricultural Research (INIA) <i>Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria</i>		Research institute Uruguay UY
20	Forestry & Forest Products Research Institute (FFPRI) <i>森林総合研究所</i>		Research institute Japan JP

# Principaux objectifs



- ➔ Approfondir nos connaissances sur les propriétés physico-chimiques et biologiques des sols des forêts européennes
- ➔ Identifier et tester de nouvelles pratiques de gestion forestières afin d'atténuer les effets négatifs des pratiques et du changement climatique sur les services écosystémiques rendus par les sols forestiers



# Work packages



- Co-leader des WP4 and WP5
- Forte collaboration avec le CNPF et l'INRAE



- Implication des étudiants Master/Thèse d'AMU



- 78 personnes ont participé aux travaux réalisés sur les deux sites d'étude français (mise en place des parcelles et échantillonnage)



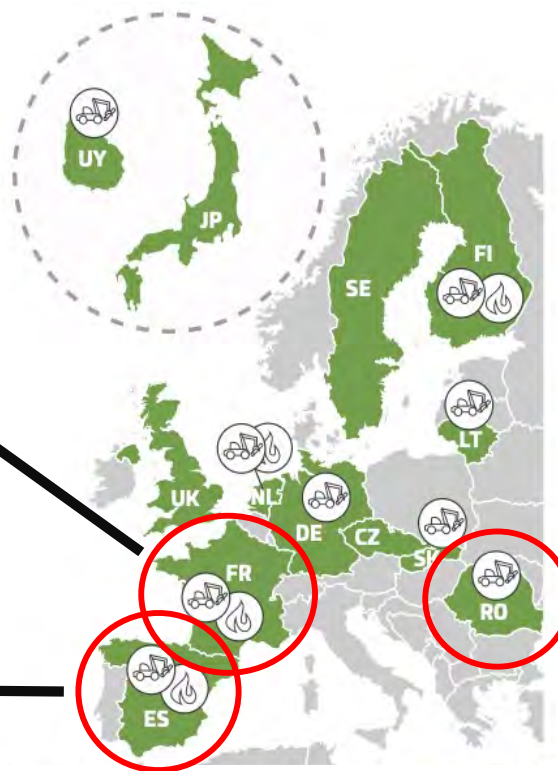
## WP5 : Résilience et capacité de récupération des sols après perturbations



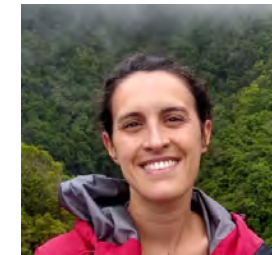
St Christol d'Albion  
*Quercus pubescens*  
Climat méditerranéen



Gamiz  
*Quercus faginea*  
Climat tempéré



Brasov  
*Quercus robur*  
Climat continental



Leticia  
Perez Izquierdo



Claire  
Ménival



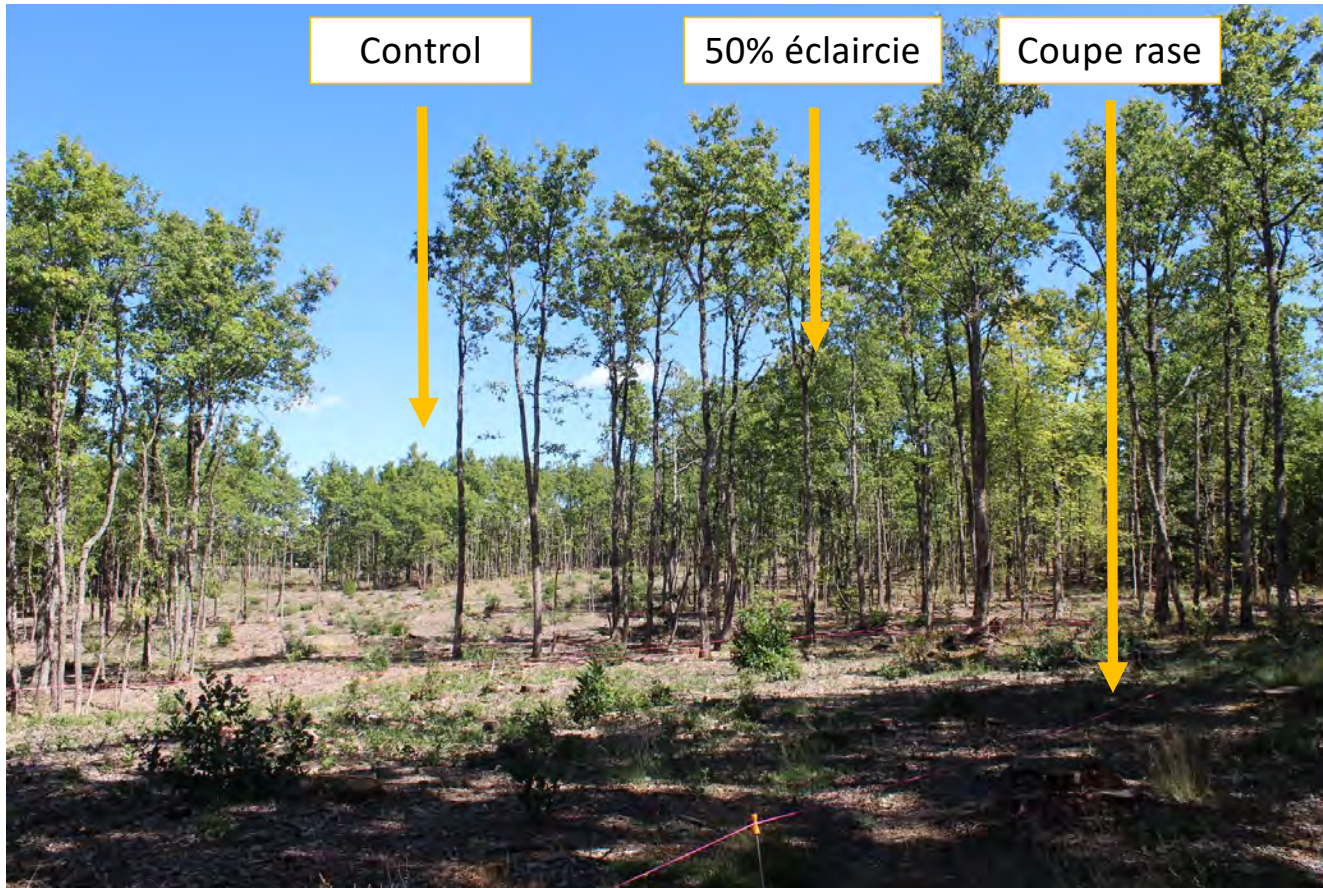
## WP5 : Résilience et capacité de récupération des sols après perturbations



Mise en place des 3 sites expérimentaux entre 2021 et 2022

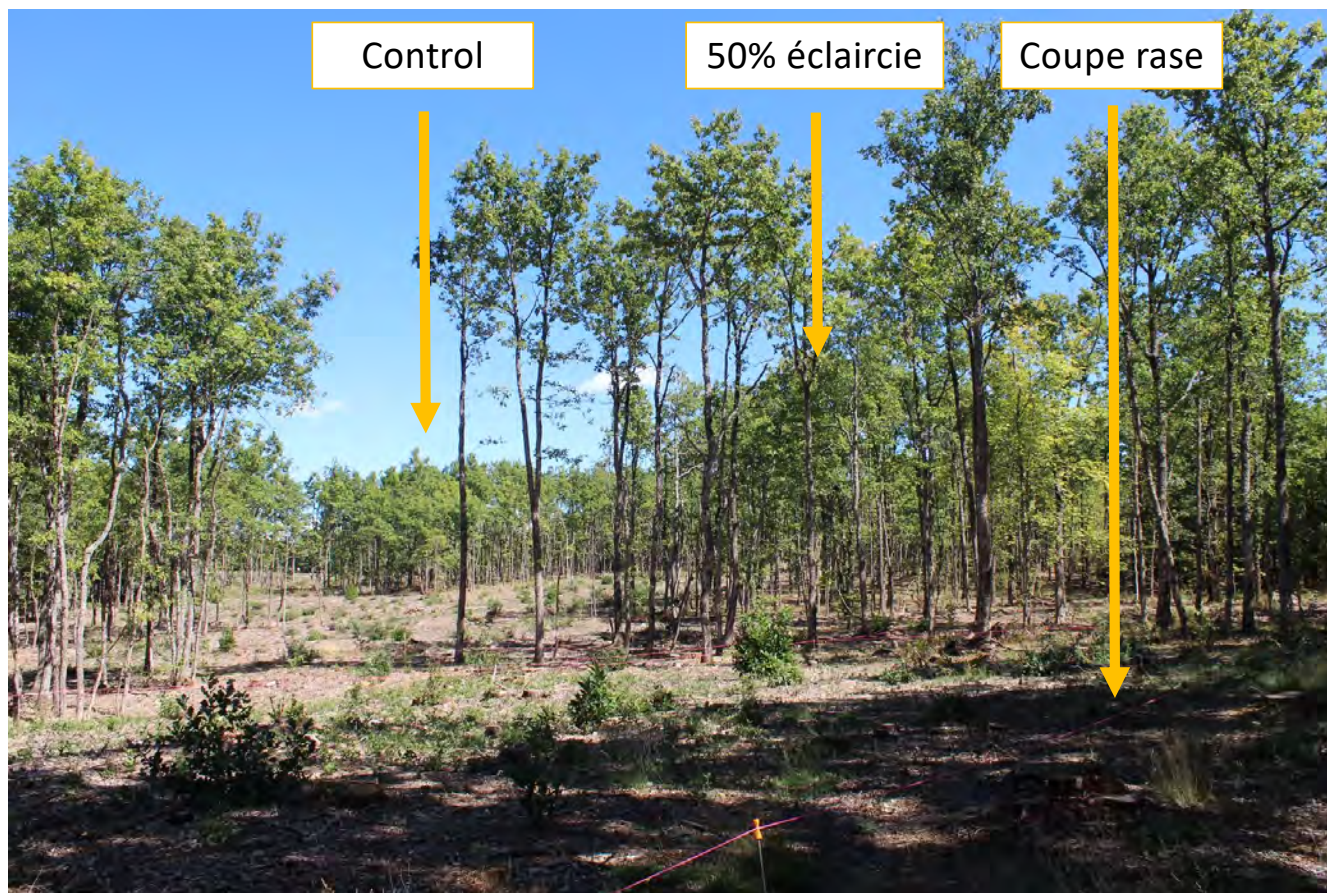


## Design expérimental commun





## Design expérimental commun



Export du bois



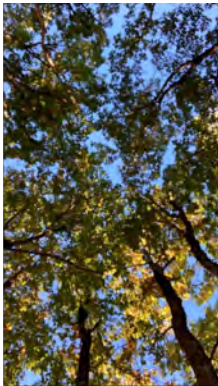
Rémanents de coupe au sol



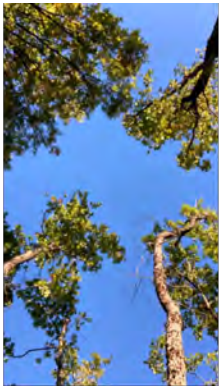
# Design expérimental commun



Control



50%



100%



# Design expérimental commun

Control



25%



50%



75%



100%



- 9 traitements : control et 25%, 50%, 75% or 100% éclaircies avant/sans export des rémanents
- 8 replicats par traitements : parcelles de 450 m<sup>2</sup> (30 m x 15 m)



## 2 exemples de résultats sur la biodiversité du sol



St Christol d'Albion

*Quercus pubescens* forest

Mediterranean climate



Brasov

*Quercus robur* forest

Continental climate



Gamiz

*Quercus faginea* forest

Temperate climate



Réponse de la biodiversité du sol à très court terme (1 et 9 mois après coupe)

## 2 exemples de résultats sur la biodiversité du sol



St Christol d'Albion

*Quercus pubescens* forest

Mediterranean climate



Réponse de la biodiversité du sol à court terme (24 mois après coupe)



Brasov

*Quercus robur* forest

Continental climate



Gamiz

*Quercus faginea* forest

Temperate climate

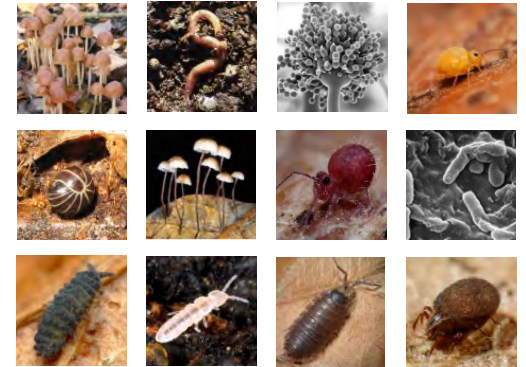


Réponse de la biodiversité du sol à très court terme (1 et 9 mois après coupe)

# Biodiversité du sol



- ➔ Rôle clé dans le fonctionnement des écosystèmes
- ➔ Impact sur la croissance des plantes et la productivité des écosystèmes

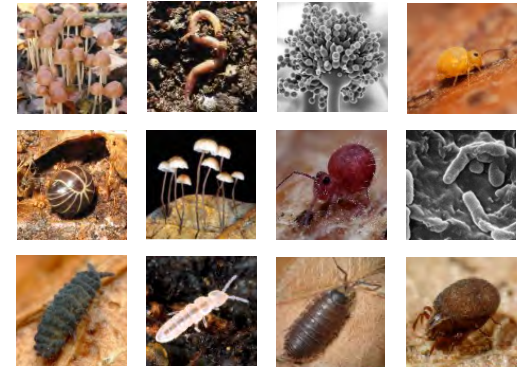




# Biodiversité du sol



- ➔ Rôle clé dans le fonctionnement des écosystèmes
- ➔ Impact sur la croissance des plantes et la productivité des écosystèmes
- ➔ Très sensible aux perturbations
- ➔ Menacée par les changements globaux



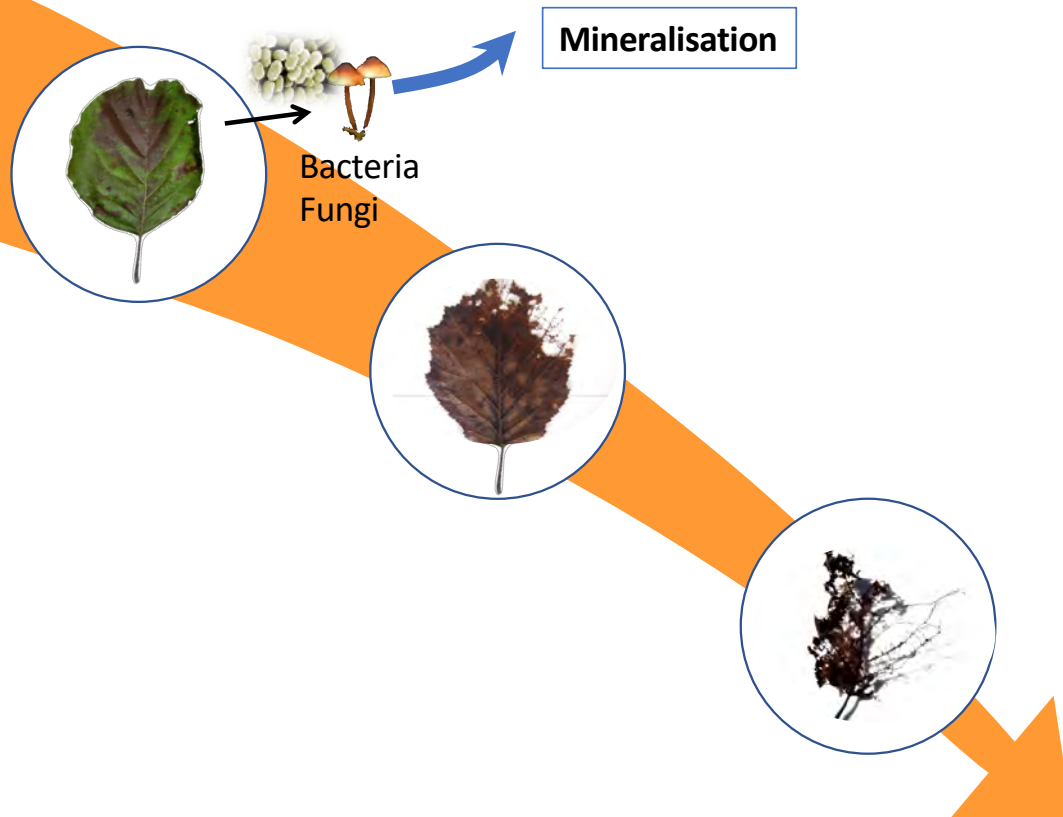
↳ Paramètres démographiques

↳ Interactions entre espèces

↳ processus écosystémiques

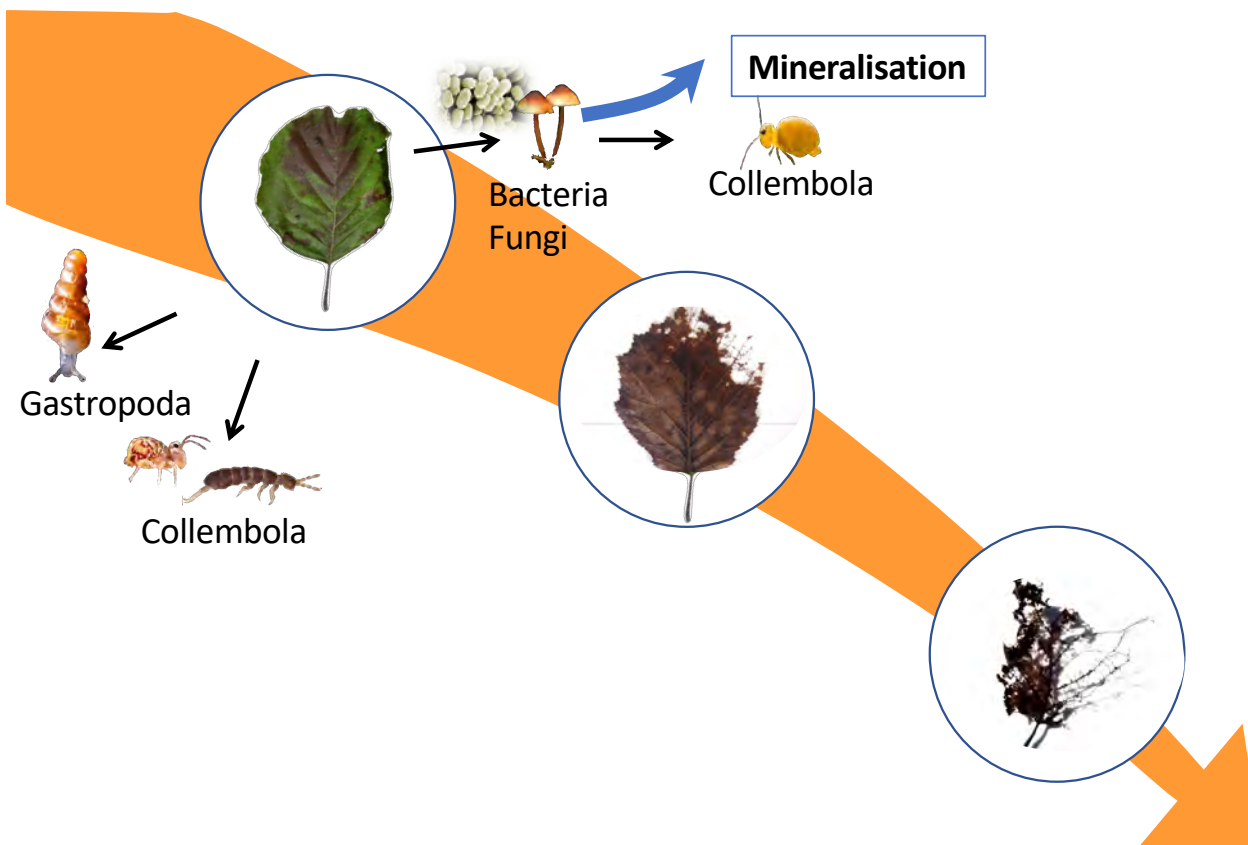
# Biodiversité du sol

→ Lien trophique



Humus

# Biodiversité du sol

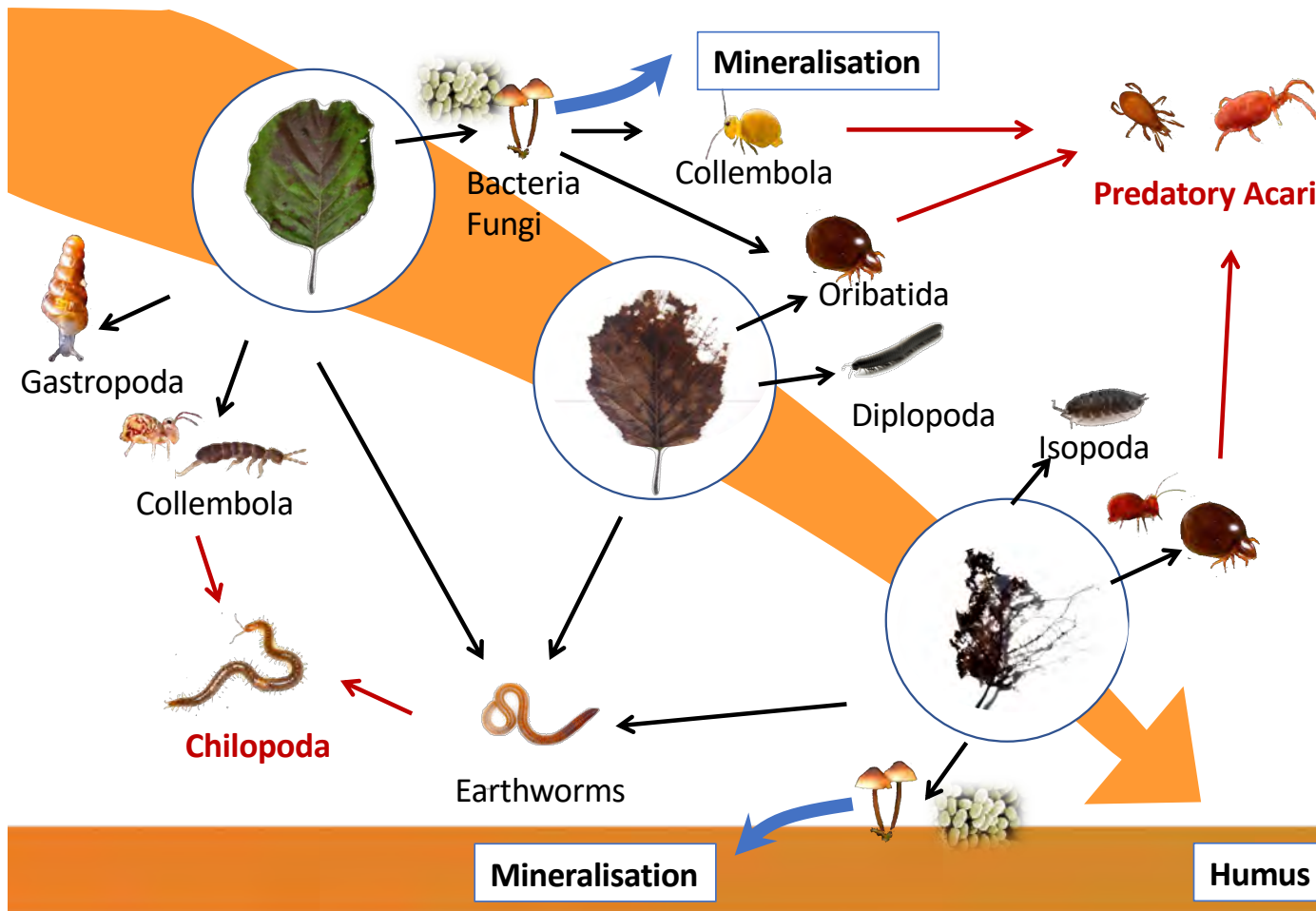


→ Lien trophique

Humus



# Biodiversité du sol

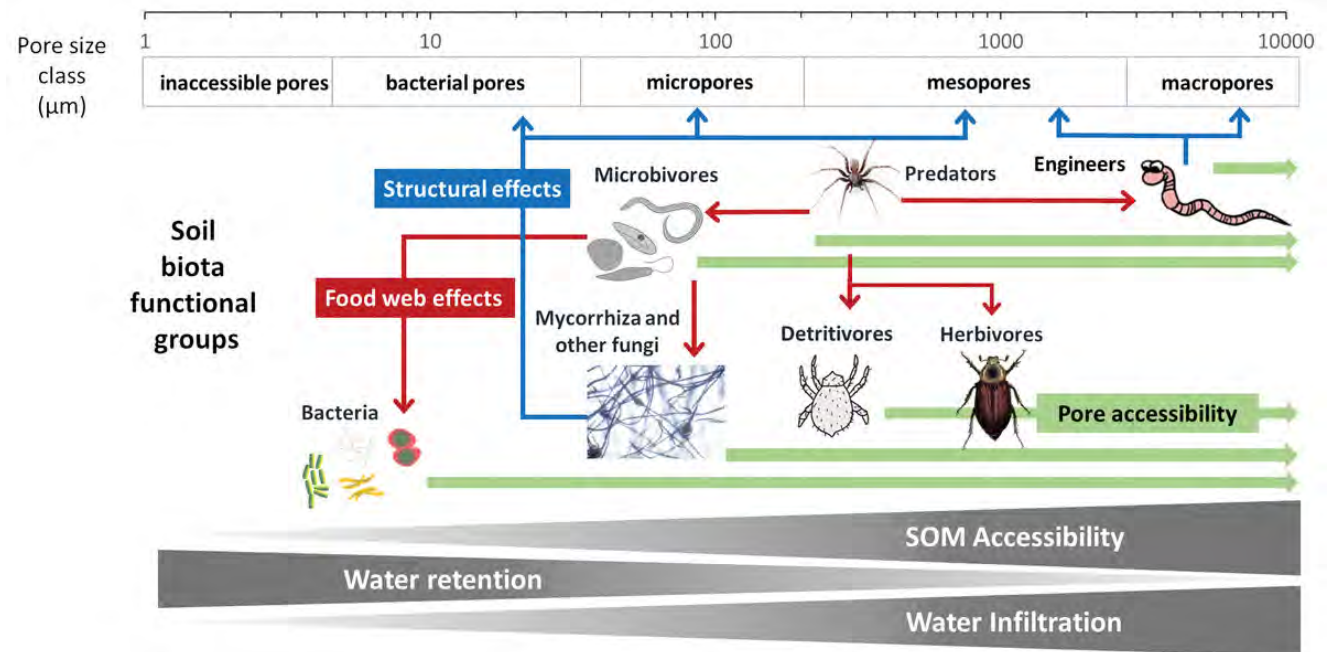


→ Lien trophique

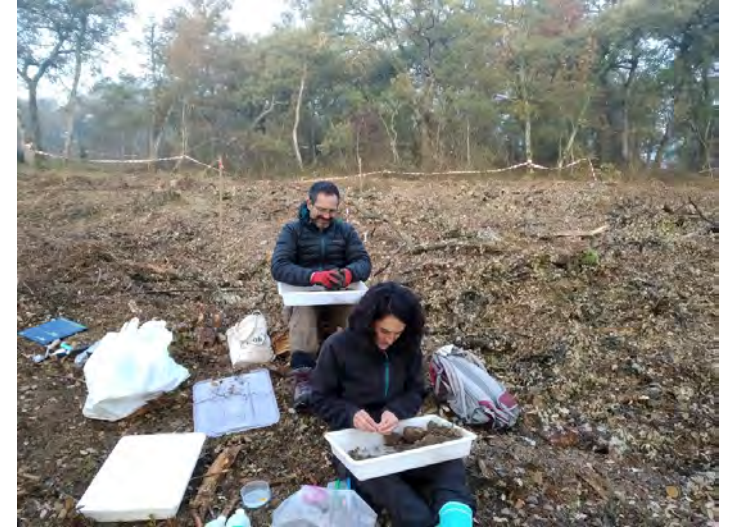
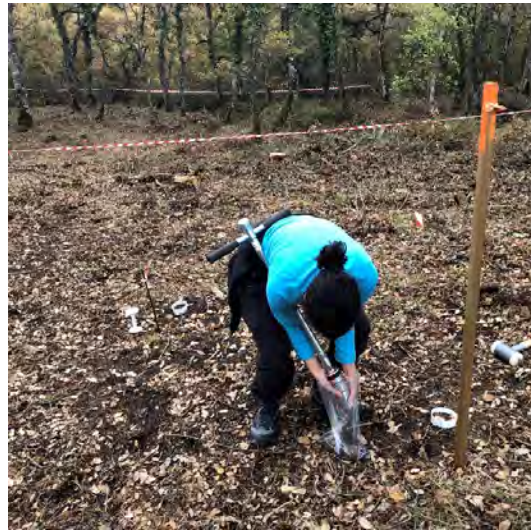
Un réseau trophique complexe qui supporte des services écosystémiques essentiels

# Biodiversité du sol

- Microorganisms
- Microfauna
- Mesofauna
- Macrofauna

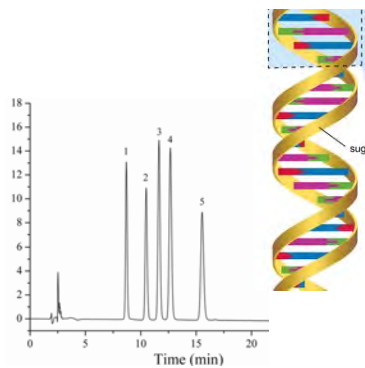


# Echantillonnage de la biodiversité du sol





# Extraction/analyse de la biodiversité du sol



PLFA/DNA analyses  
of soil samples



Baermann  
funnel



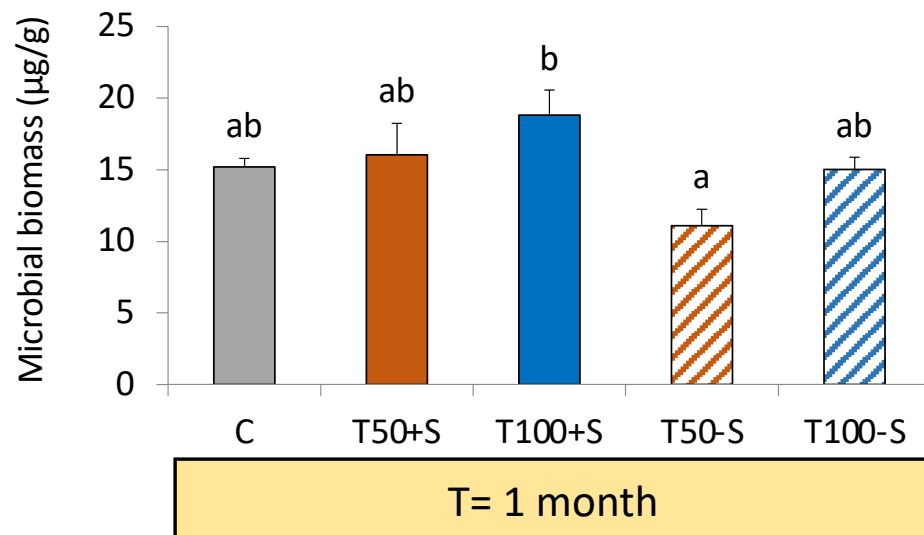
Berlese-Tullgren  
funnel



Hand sorting  
directly in the field

# Résultats (Espagne)

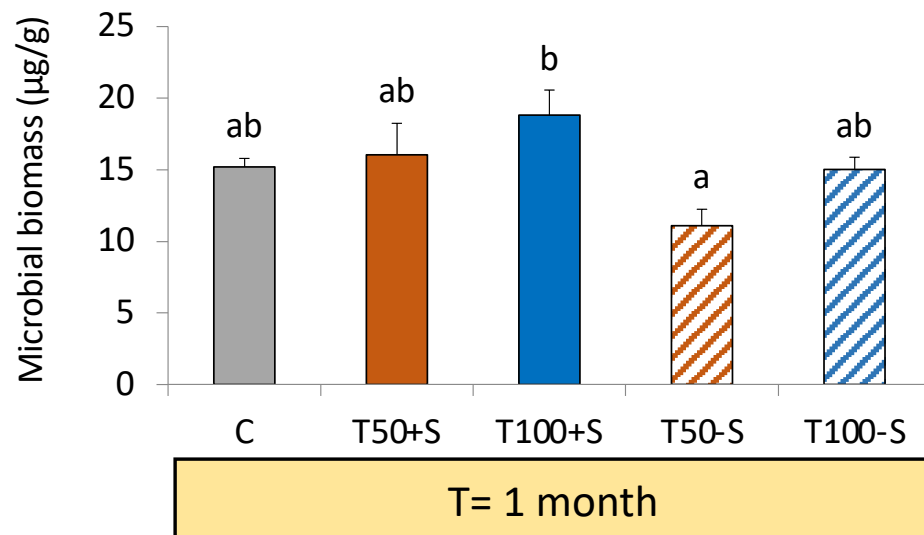
## ■ Microorganismes



- Contrôle (C)
- 50% éclaircie (T50+S)
- 50% éclaircie + export des rémanents (T50-S)
- Coupe rase (T100+S)
- Coupe rase + export des rémanents (T100-S)

## Résultats (Espagne)

### ■ Microorganismes

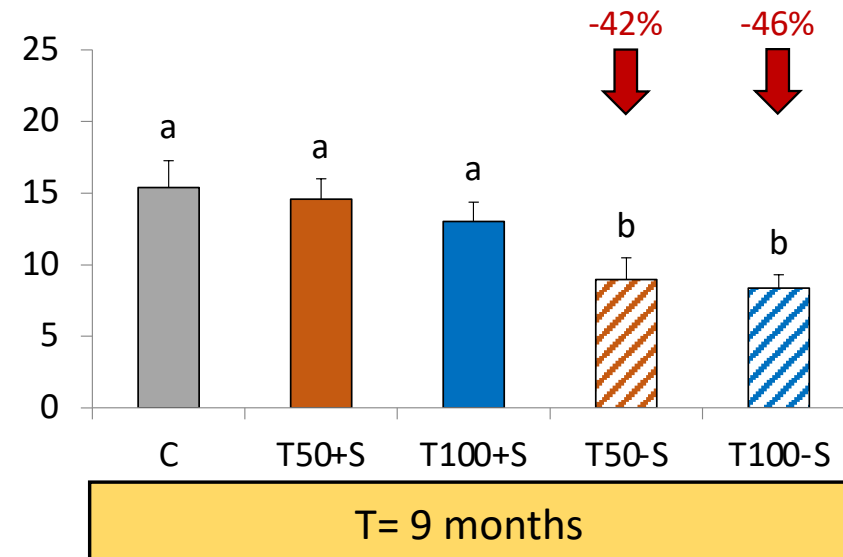
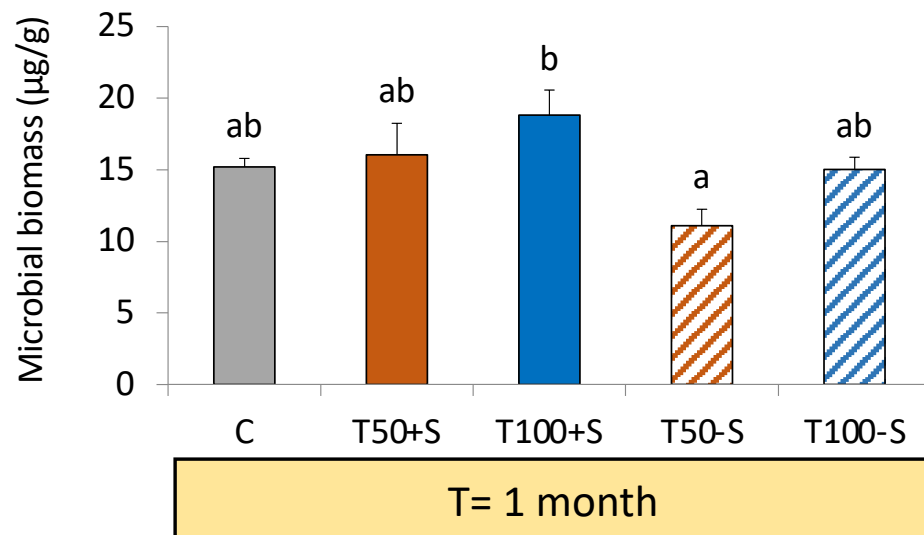


- Contrôle (C)
- 50% éclaircie (T50+S)
- 50% éclaircie + export des rémanents (T50-S)
- Coupe rase (T100+S)
- Coupe rase + export des rémanents (T100-S)

➡ Aucune différence entre le contrôle et les traitements après 1 mois

## Résultats (Espagne)

### ■ Microorganismes

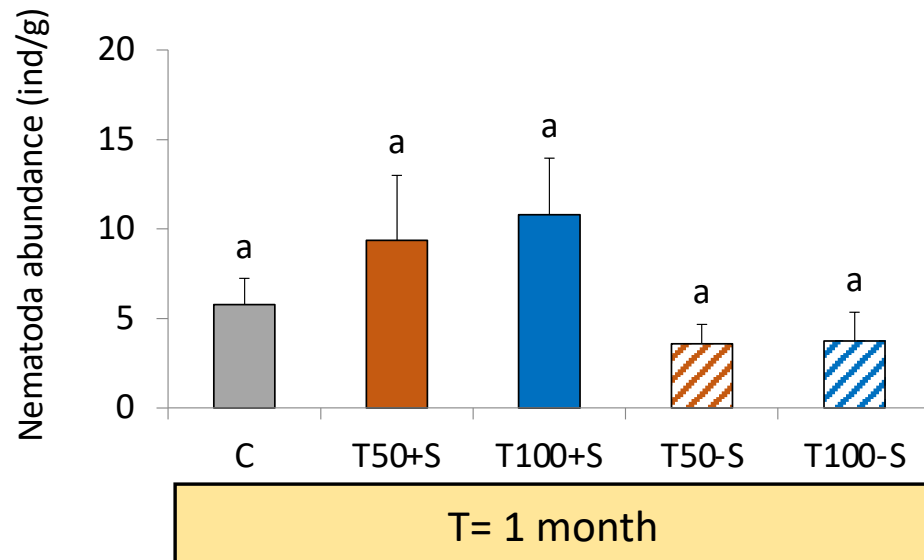


➡ Biomasse microbienne plus faible en absence de rémanents après 9 mois



## Résultats (Espagne)

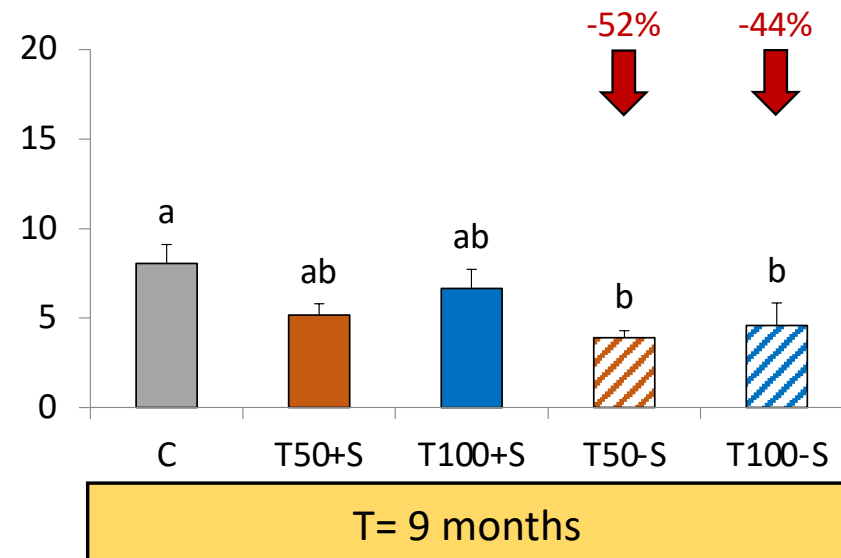
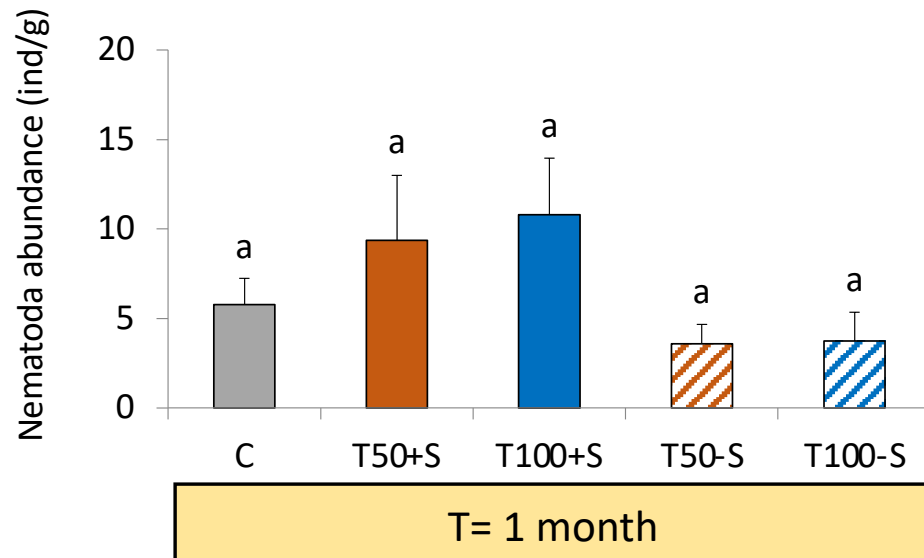
### ■ Microfauna



➡ Aucune différence entre le contrôle et les traitements après 1 mois

## Résultats (Espagne)

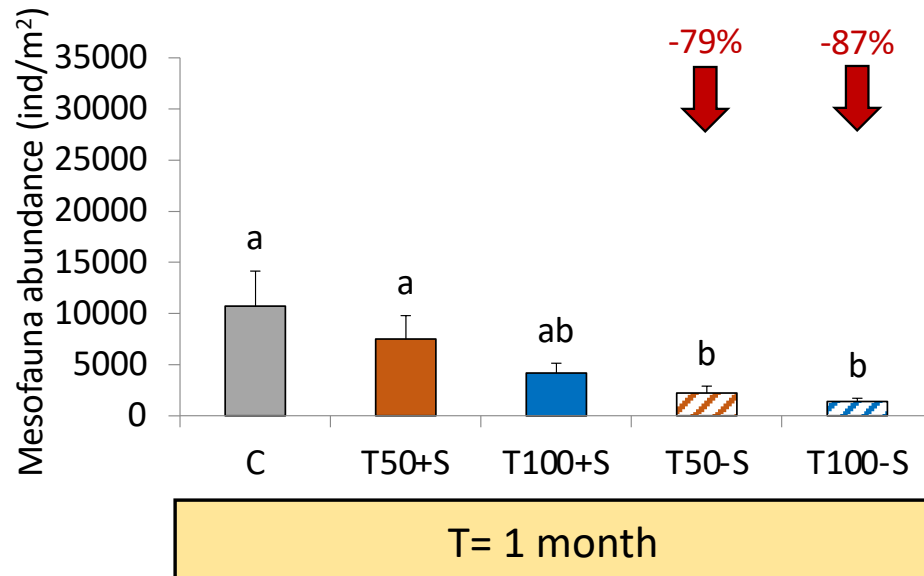
### ■ Microfauna



➡ Abondance en nématode plus faible en absence de rémanents après 9 mois

## Résultats (Espagne)

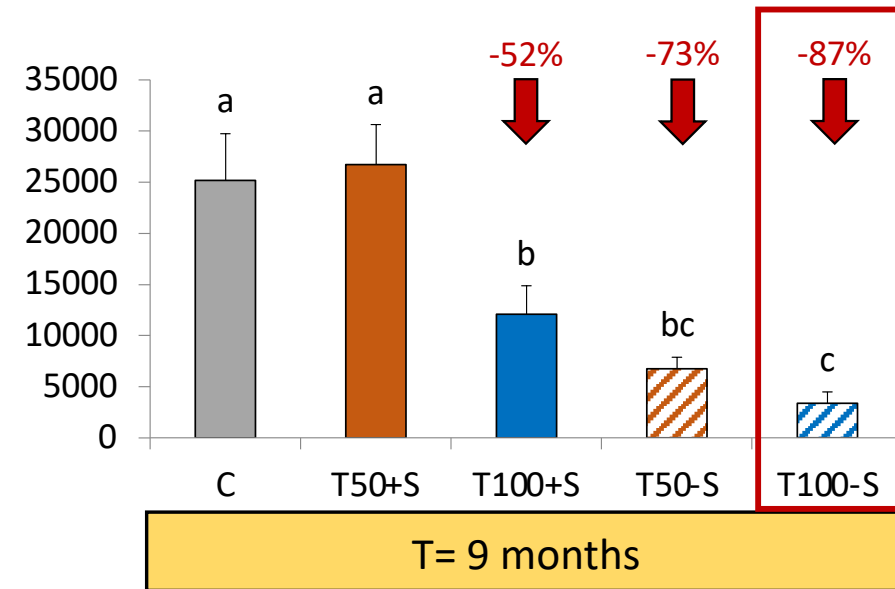
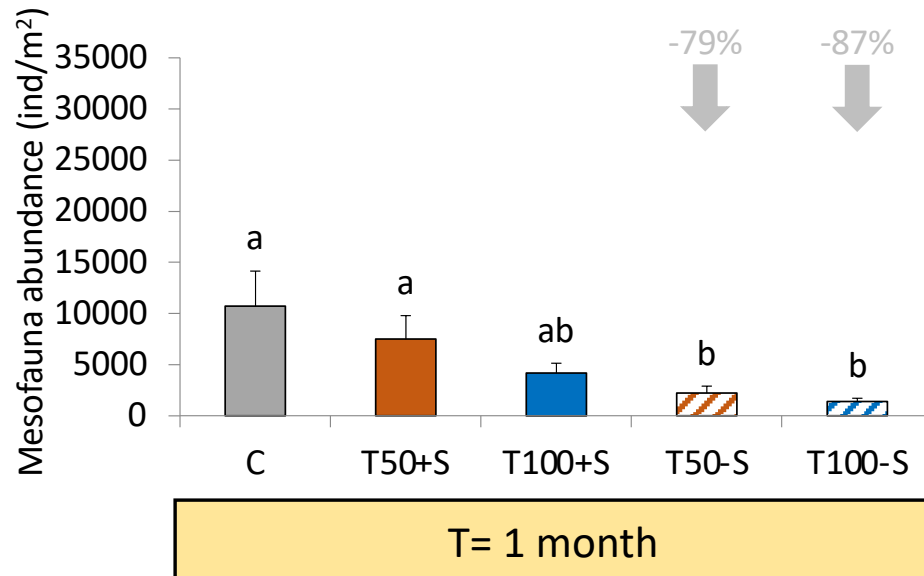
### ■ Mesofauna



➡ Plus faible abondance en mésafaune en absence de rémanents dès 1 mois

## Résultats (Espagne)

### ■ Mesofauna

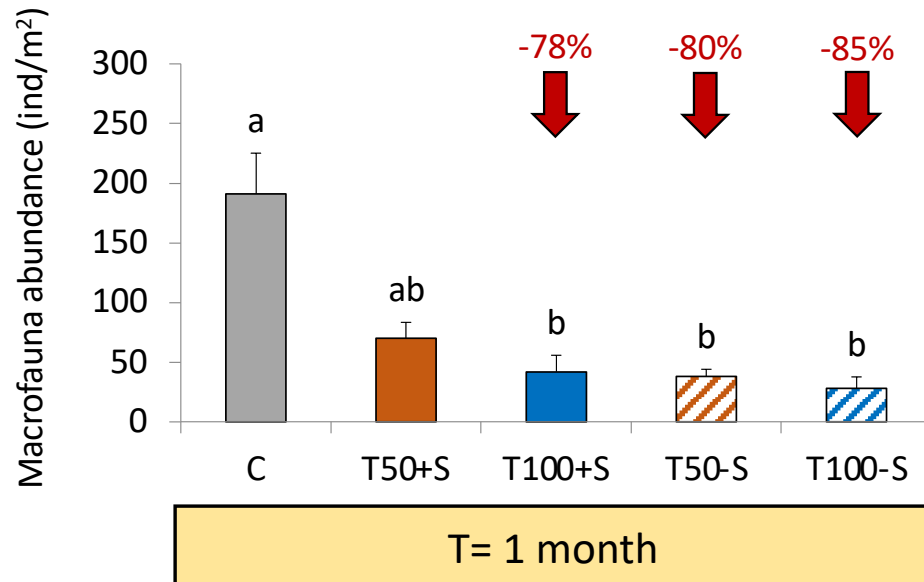


- ➔ Plus faible abondance en absence de rémanents et coupe rase après 9 mois
- ➔ Effet amplifié avec la combinaison des 2 perturbations



# Résultats (Espagne)

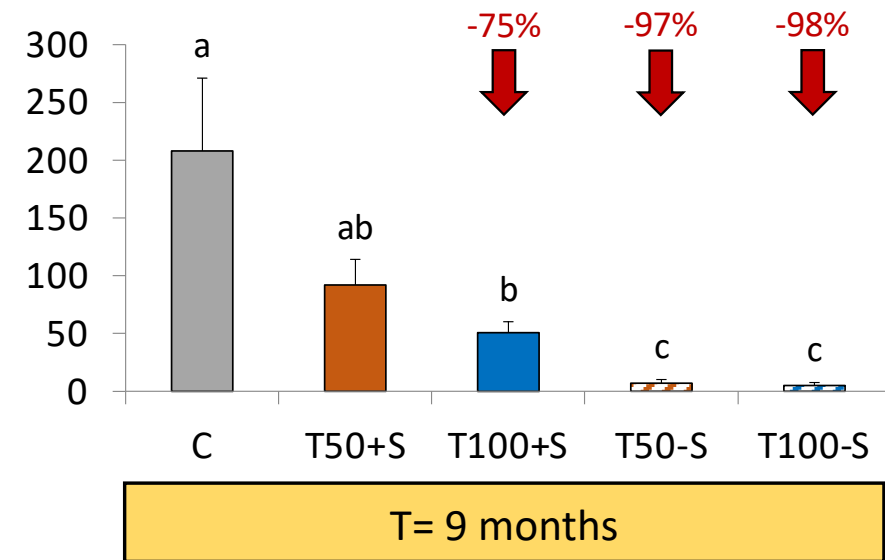
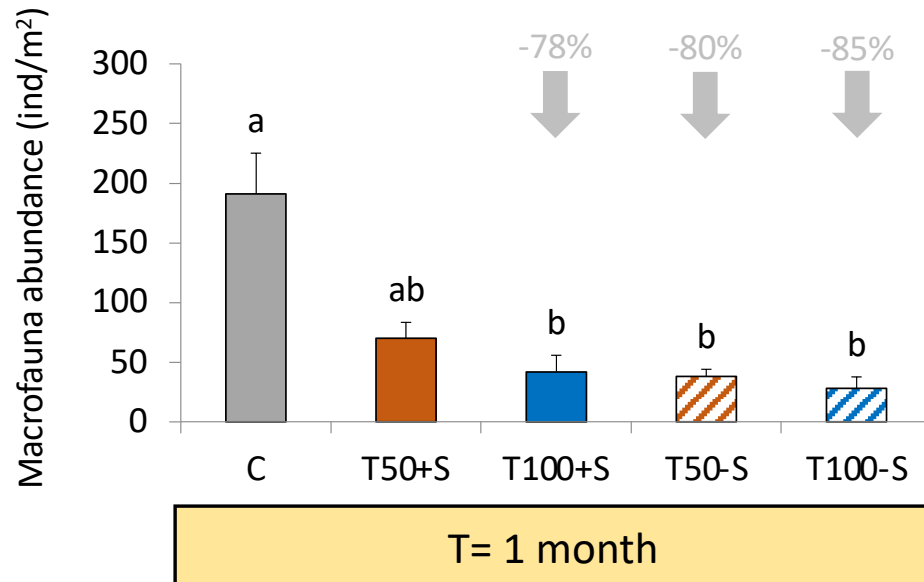
## ■ Macrofauna



➡ Plus faible abondance en absence de rémanents et coupe rase dès 1 mois

## Résultats (Espagne)

### ■ Macrofauna



- ➡ Même type de réponse après 9 mois
- ➡ Effet négatif de l'absence de rémanents plus marqué

# Synthèse

- Messages clés

- ➡ Aucune différence entre les parcelles « Contrôle » et « Éclaircie à 50 % »





# Synthèse



- Messages clés

- ➡ Aucune différence entre les parcelles « Contrôle » et « Éclaircie à 50 % »
- ➡ Les effets négatifs augmentent avec le temps

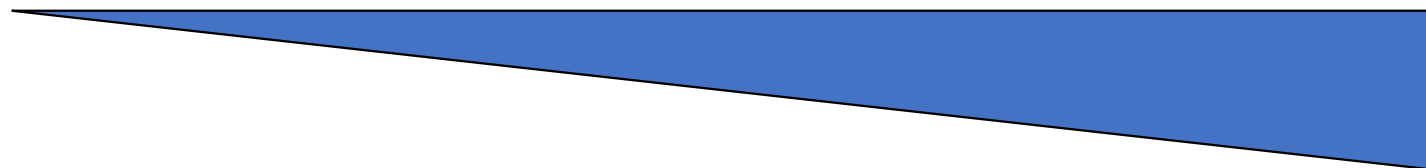
# Synthèse

## ■ Messages clés

- ➔ Aucune différence entre les parcelles « Contrôle » et « Éclaircie à 50 % »
- ➔ Les effets négatifs augmentent avec le temps
- ➔ Gradient de réponse en fonction de la taille des organismes



Microorganisms < Microfauna < Mesofauna < Macrofauna



Export des rémanents



Export des rémanents + Coupe à blanc

# Résultats (France)

## ■ Macrofauna



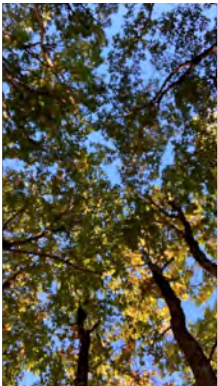
Control

25%

50%

75%

100%





# Résultats (France)

## ■ Macrofauna



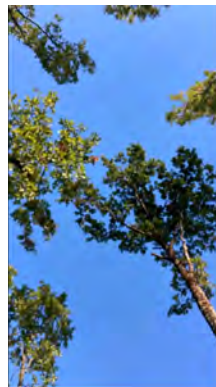
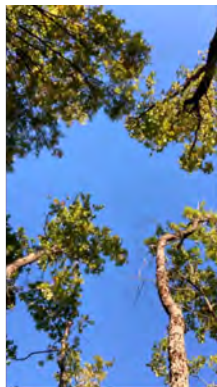
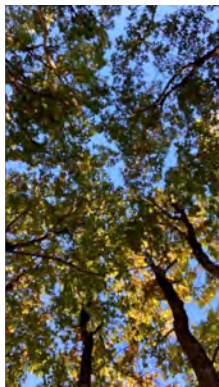
Control

25%

50%

75%

100%



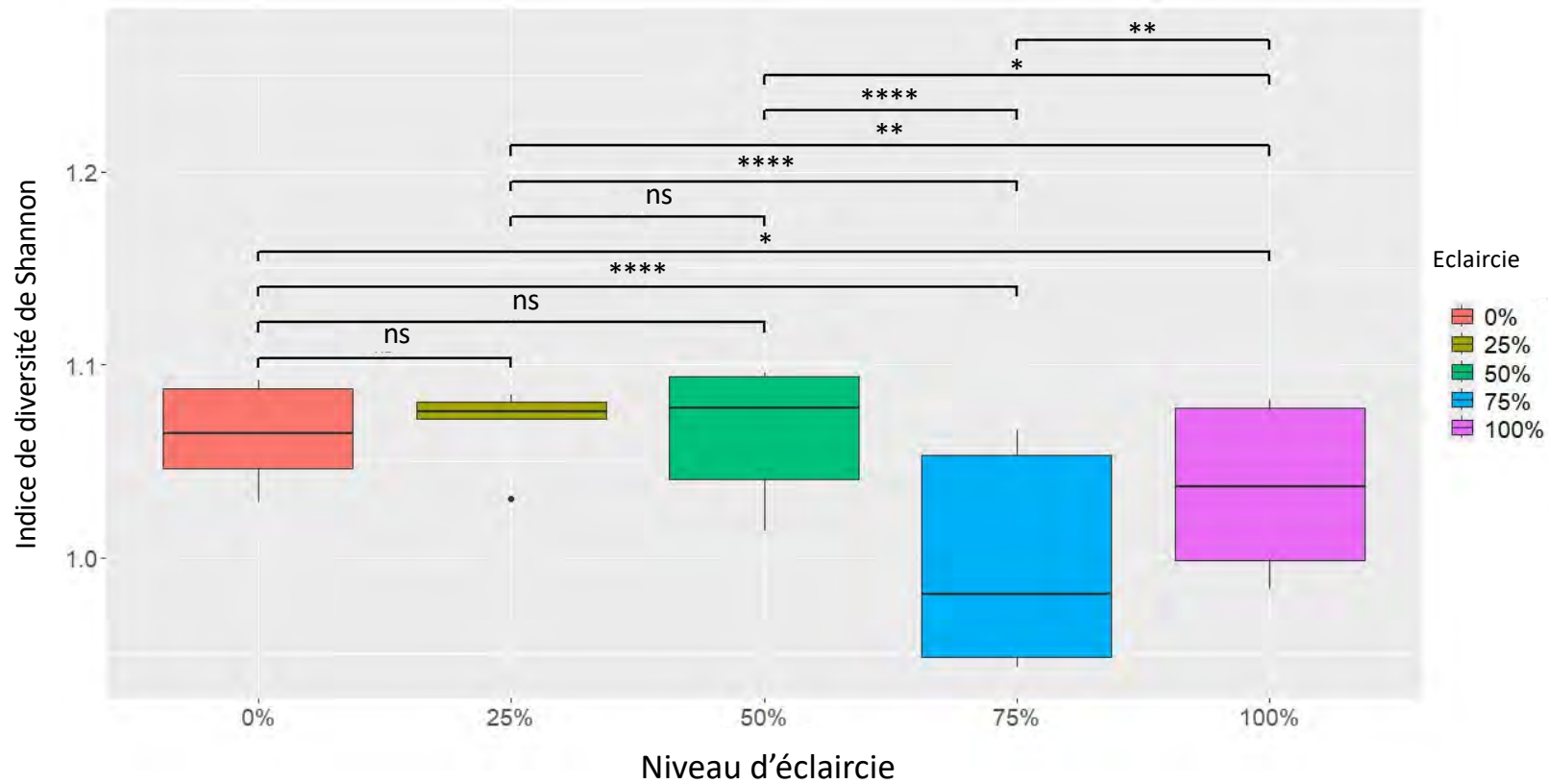
Ecole de terrain M2 BEE BIOEFFECT 2024  
Effectuée sur le site de St Christol d'Albion



Quadrat standardisé / litières + horizon organique

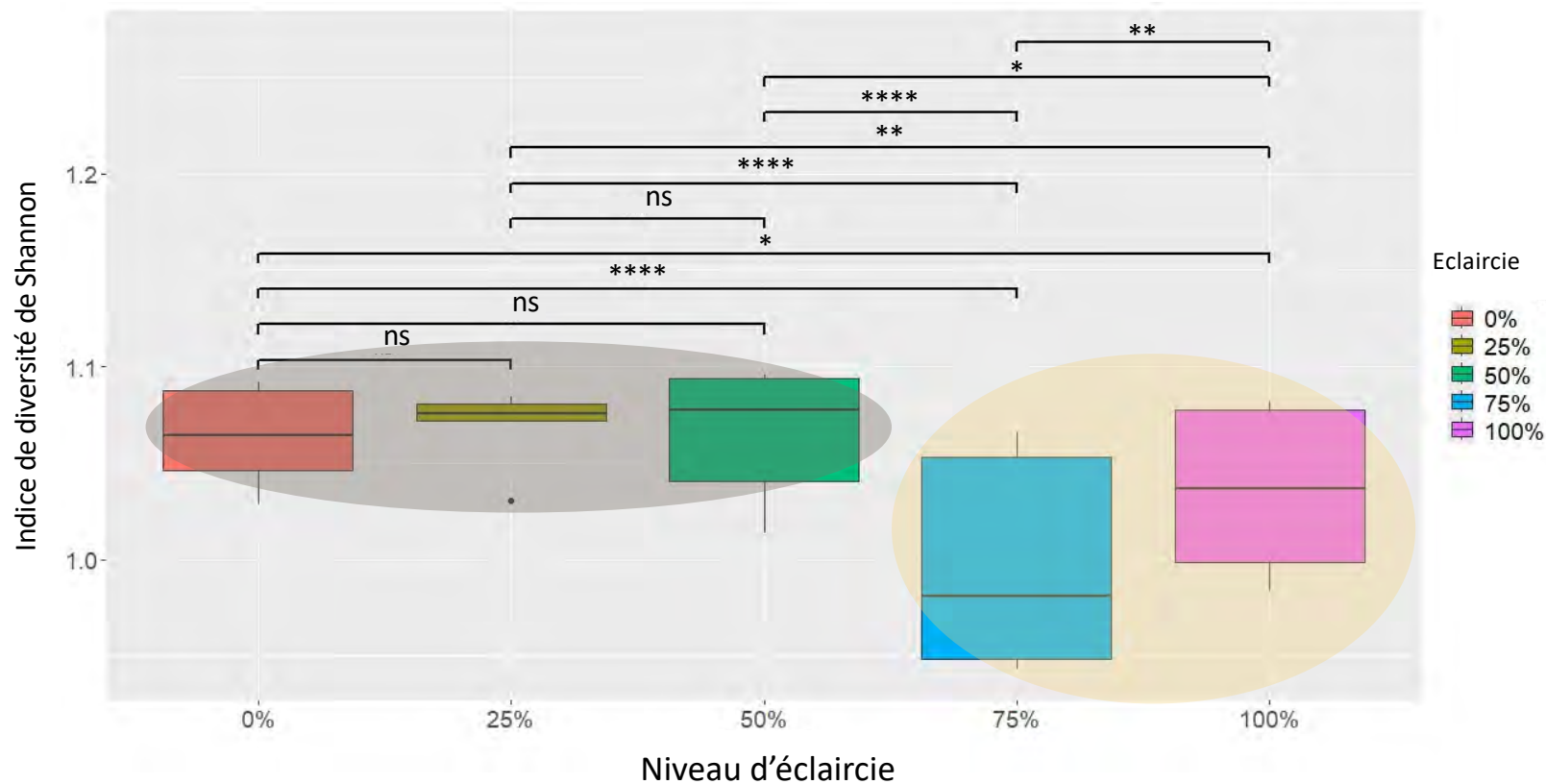
# Résultats (France)

## Macrofauna



# Résultats (France)

## Macrofauna



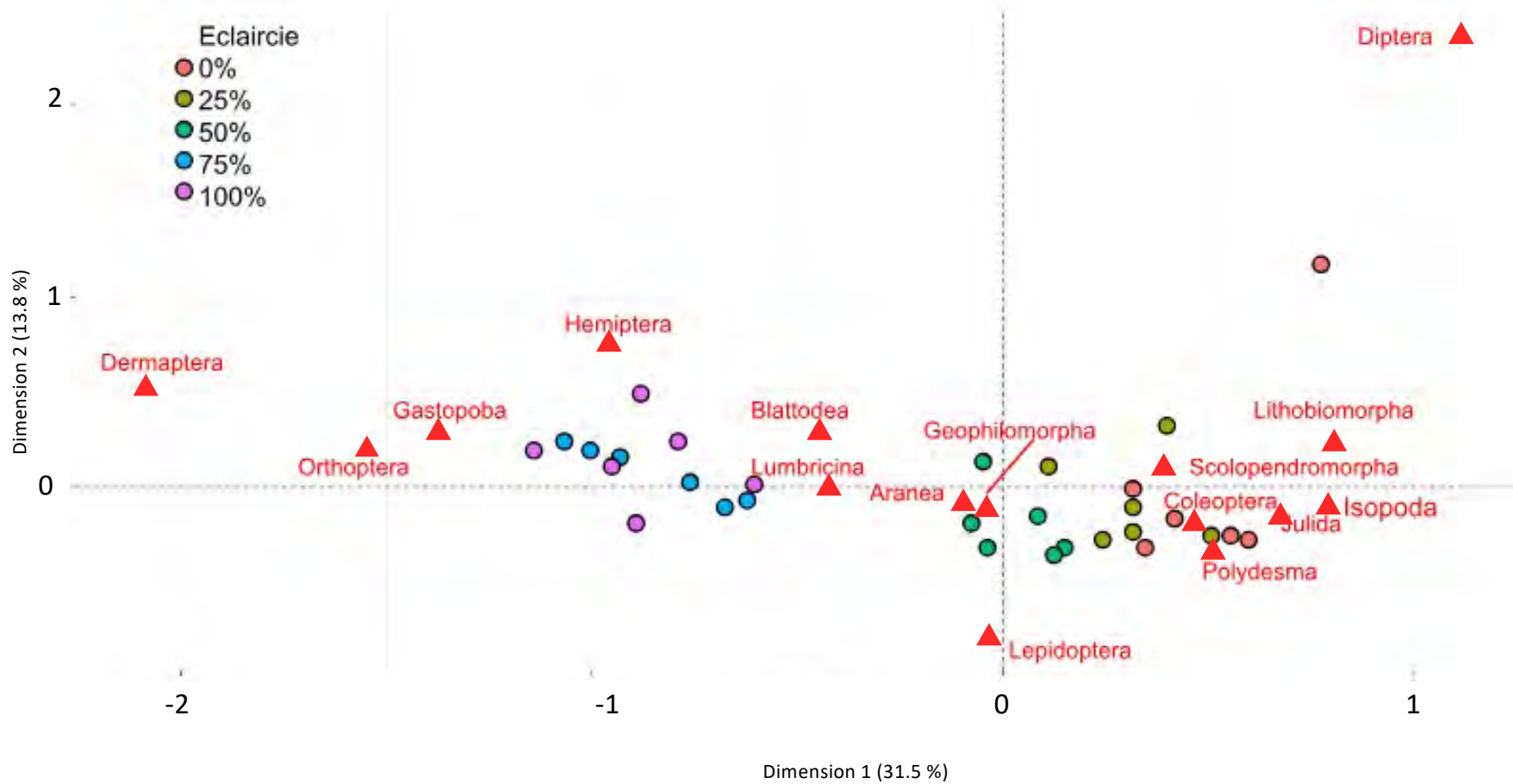
2 groupes  
distincts

0% - 25% - 50%  
≠  
75% - 100%



# Résultats (France)

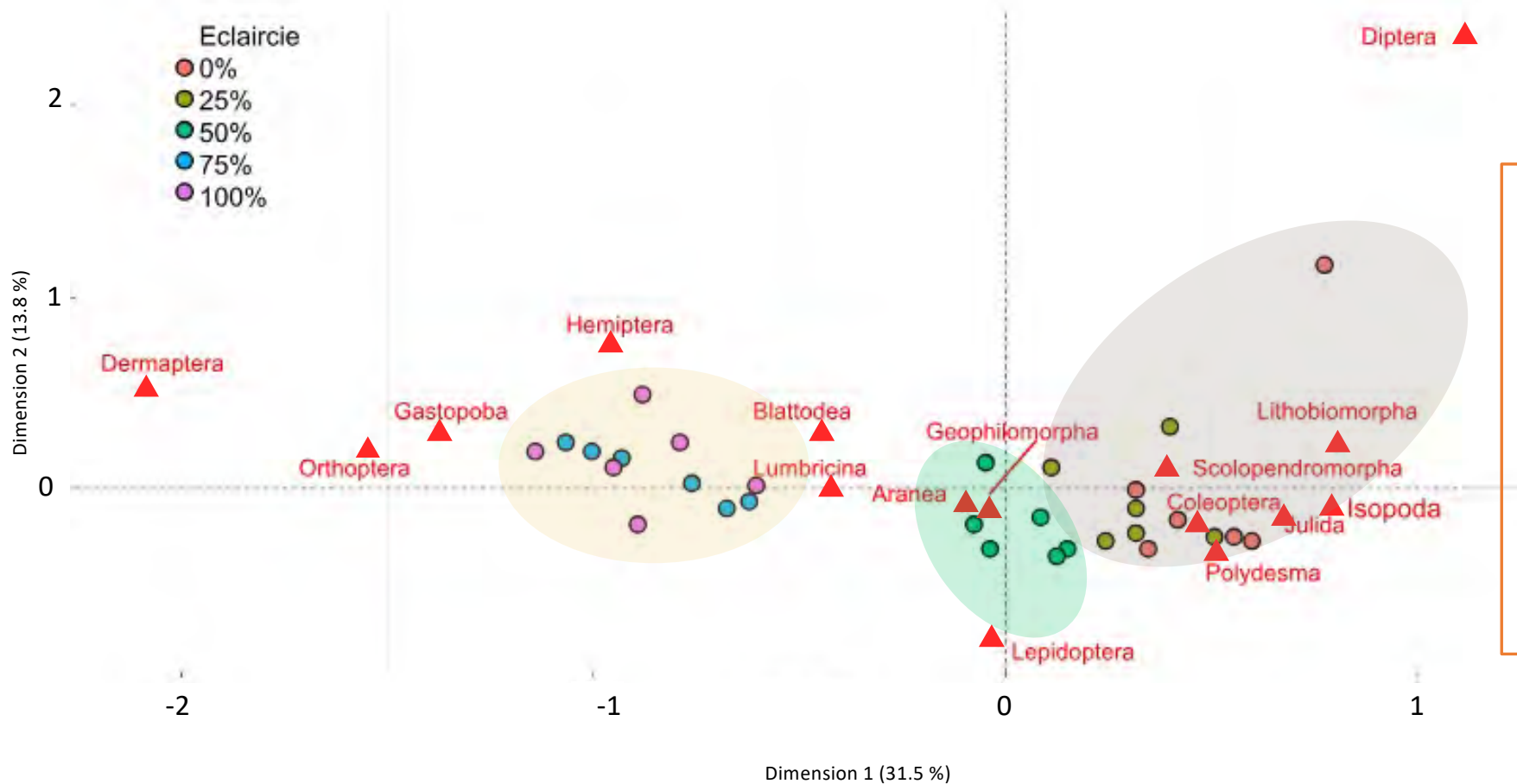
## ■ Macrofauna





# Résultats (France)

## ■ Macrofauna



3 groupes  
distincts

0% - 25%

≠

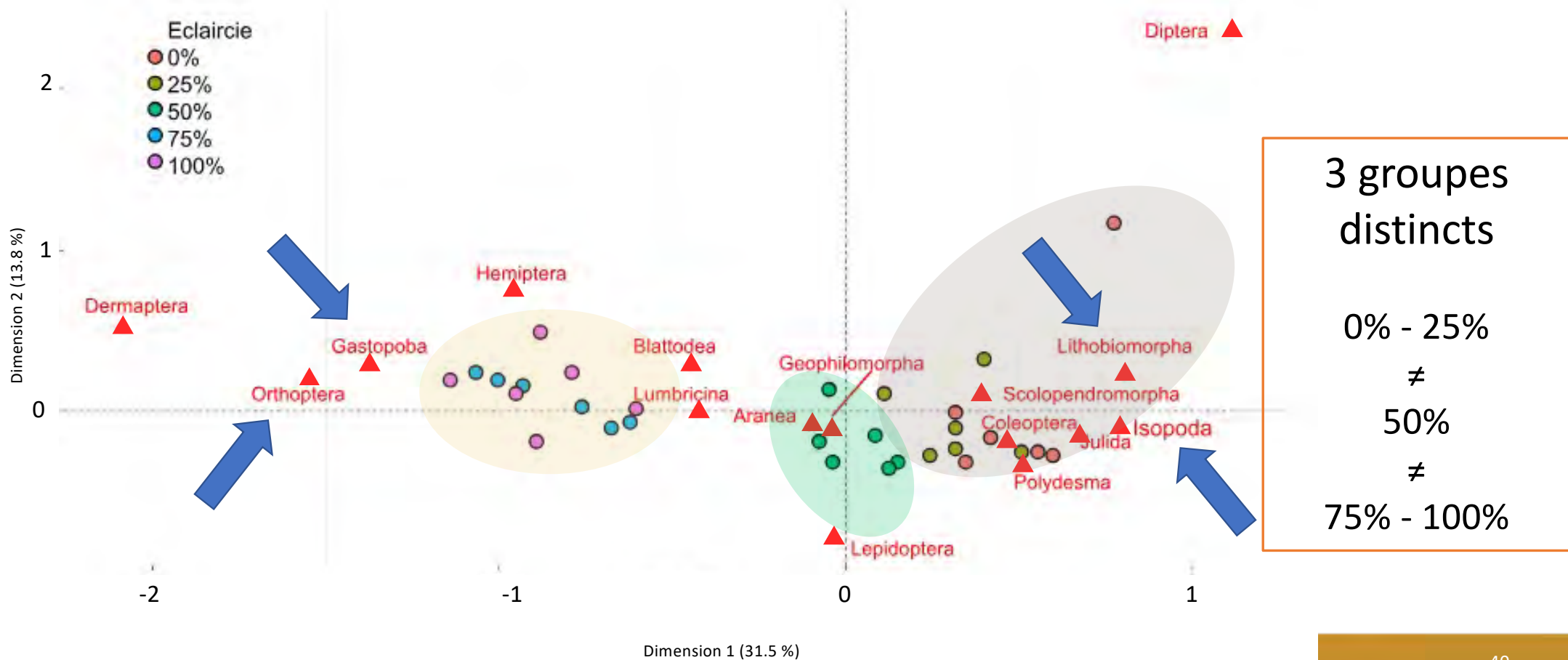
50%

≠

75% - 100%

# Résultats (France)

## ■ Macrofauna



# Synthèse



## ■ Messages clés

- ➡ Aucune différence de diversité – et d’abondance – en macrofaune entre les parcelles « Contrôle » et « Éclaircie à 25% ou 50 % »
- ➡ Fort changement dans la structure de la communauté de macrofaune du sol le long du gradient d’éclaircie (dès 50%)



## BOSFOR

BiODiversité des Sols FORestiers: améliorer les connaissances et techniques de suivi pour la prise en compte de cette biodiversité en gestion et modélisation forestière dans un contexte de changement global

Mathieu Santonja (AMU) et Marc Buée (INRAE)

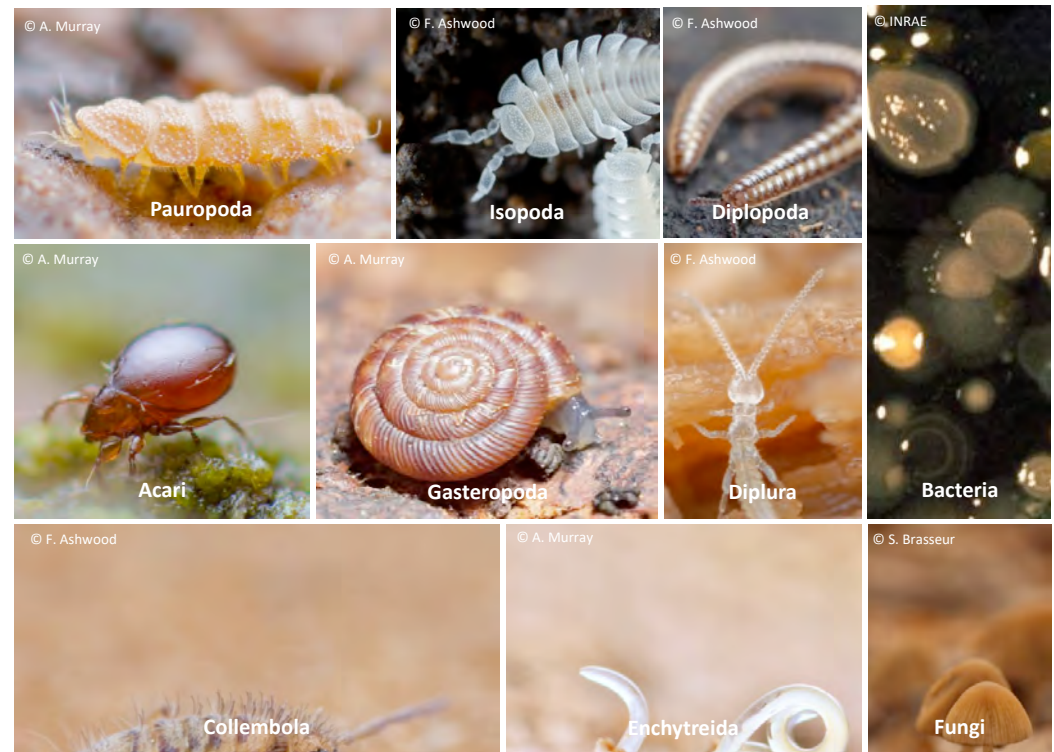
Projet démarré au 1<sup>er</sup> octobre 2025





- Connaissances restent extrêmement limitées et incomplètes
- Largement absente des outils de « biosurveillance » forestière
- Pas prise en compte dans les modèles actuels de dynamique forestière

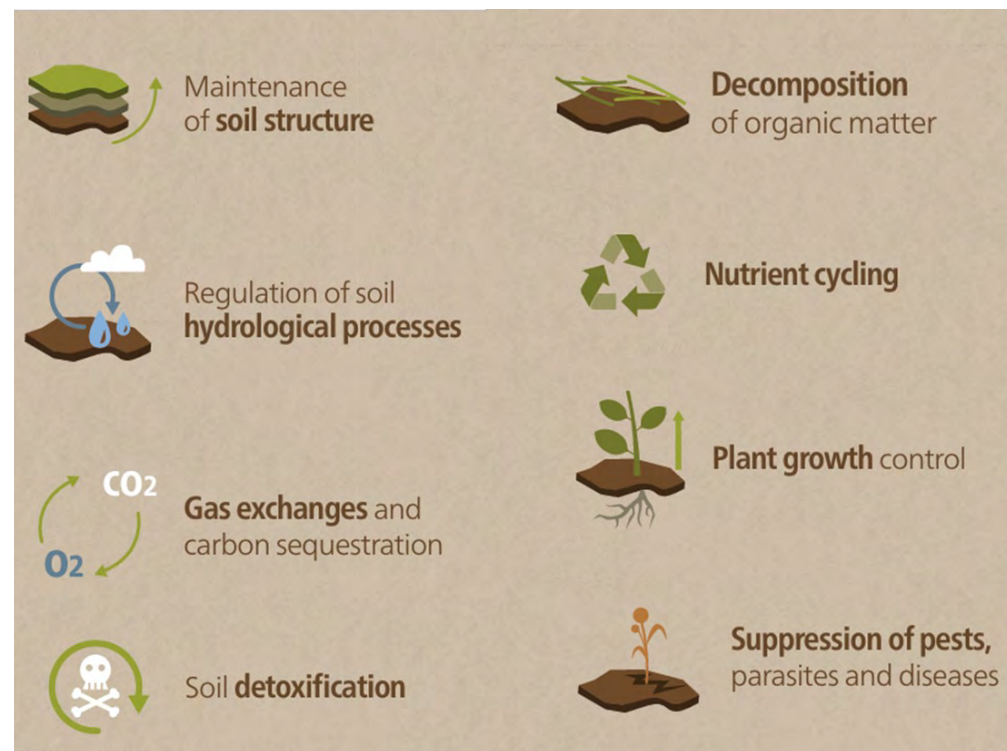
## Biodiversité des sols forestiers



- Connaissances restent extrêmement limitées et incomplètes
- Largement absente des outils de « biosurveillance » forestière
- Pas prise en compte dans les modèles actuels de dynamique forestière

Cette biodiversité des sols soutient de nombreux processus biogéochimiques et services écosystémiques.

## Biodiversité des sols forestiers



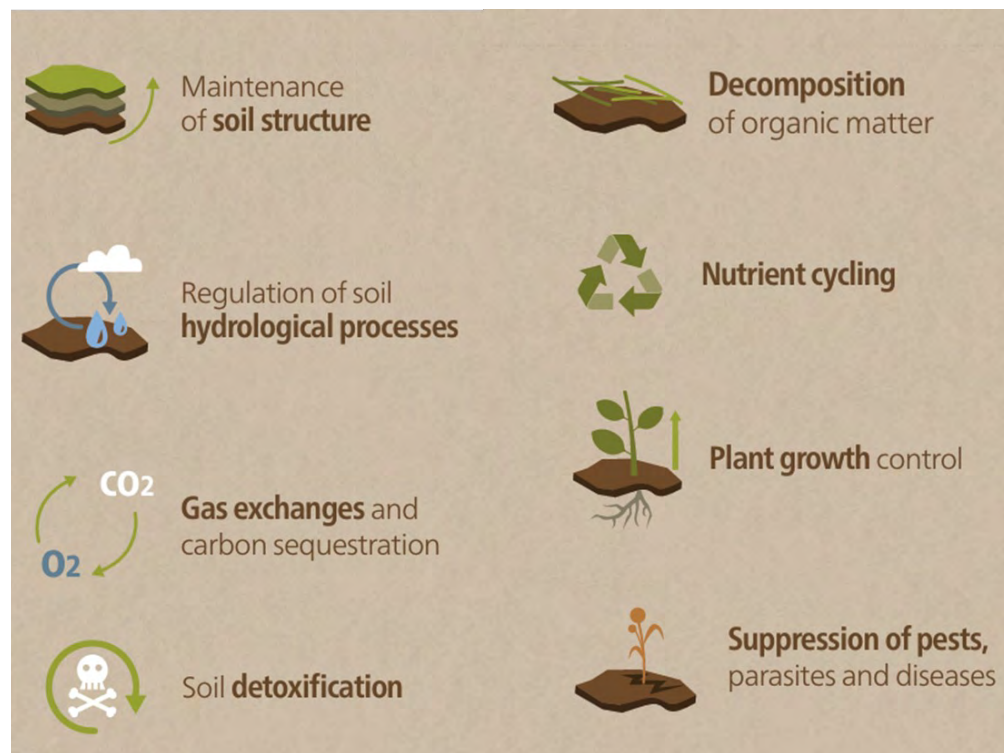
(FAO 2015)

- Connaissances restent extrêmement limitées et incomplètes
- Largement absente des outils de « biosurveillance » forestière
- Pas prise en compte dans les modèles actuels de dynamique forestière

Cette biodiversité des sols soutient de nombreux processus biogéochimiques et services écosystémiques.

Une compréhension approfondie cette biodiversité est cruciale dans un contexte de changement climatique et de développement d'une gestion plus durable des forêts

## Biodiversité des sols forestiers



(FAO 2015)



## Principaux objectifs du projet

Apporter des connaissances clés permettant de concevoir des outils d'aide à la décision durables à destination des décideurs et des professionnels de la forêt

(1)

Quelle est la **diversité**, la **phénologie** et l'**activité** des organismes des sols forestiers français ?

(2)

Comment mieux gérer les forêts pour maintenir cette biodiversité et les **fonctions associées** ?

(3)

Comment les modélisateurs peuvent-ils prendre en compte cette biodiversité pour améliorer les **prédictions de modèles** ?

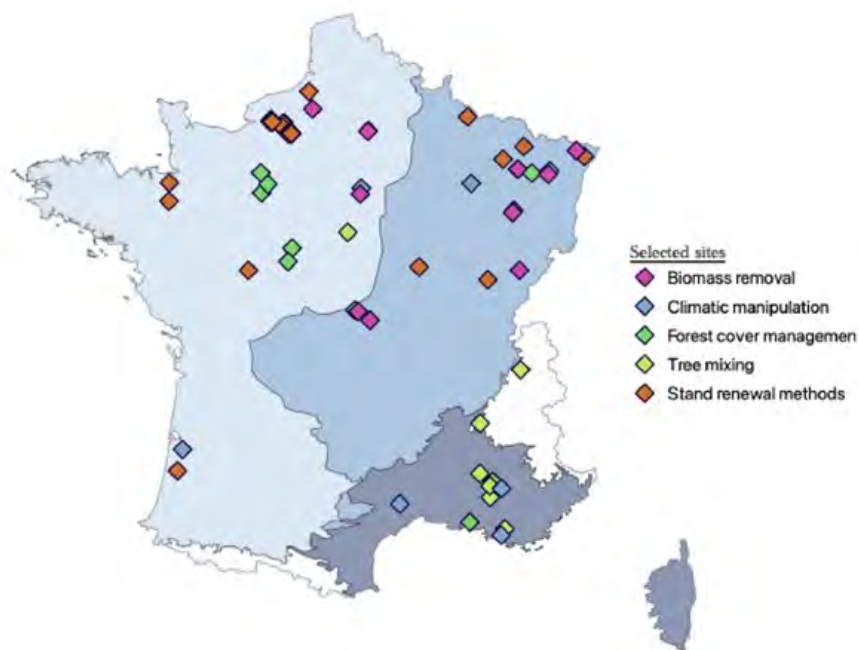
(4)

Comment les parties prenantes peuvent-ils prendre en compte cette biodiversité pour contribuer à une **gestion plus durable des forêts** ?



## Principaux résultats attendus

- Une liste des taxons microbiens et faunistiques forestiers
- Un système standardisés de suivi de la présence et de l'activité des organismes du sol forestier basé sur de l'ADN environnemental et de la surveillance acoustique
- Une meilleure compréhension de la réponse de cette biodiversité à certains itinéraires de gestion et au changement climatique
- L'intégration d'un module sur la biodiversité des sols dans les modèles de dynamiques du carbone et de la dynamique forestière
- Des indicateurs de la biodiversité des sols au service des gestionnaires et politiques publiques, co-construits et validés avec les professionnels des forêts





**forêt méditerranéenne**

**Informier, Échanger, Rassembler, Proposer**

**Colloque organisé avec le soutien de**

**RÉGION  
SUD**



**PROVENCE  
ALPES  
CÔTE D'AZUR**



**DÉPARTEMENT  
BOUCHES  
DU RHÔNE**



**METROPOLE  
AIX  
MARSEILLE  
PROVENCE**



**MINISTÈRE  
DE LA TRANSITION  
ÉCOLOGIQUE,  
DE LA BIODIVERSITÉ,  
DE LA FORÊT, DE LA MER  
ET DE LA PÊCHE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



**MINISTÈRE  
DE L'AGRICULTURE  
ET DE LA SOUVERAINETÉ  
ALIMENTAIRE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**[www.foret-mediterraneeenne.org](http://www.foret-mediterraneeenne.org)**