



# Le projet **InSylBioS\*** vers une meilleure prise en compte de l'impact des sylvicultures sur la biodiversité des sols

\* « Mieux comprendre et **IN**tégrer dans les pratiques **SYL**vicoles le rôle de la **BIO**diversité des **S**ols dans le fonctionnement des forêts »

25 juin 2025

CEN Occitanie – C. Emberger  
ELISOL – C. Chauvin

# Prise en compte de la sensibilité des sols dans la gestion forestière



**Prise en compte de la sensibilité physique & chimique à l'exploitation**  
(tassements, export rémanents)



PLAN D'ACTION  
pour la préservation des  
**SOLS FORESTIERS**

**Prise en compte de la sensibilité biologique ?**

**A  
l'exploitation**

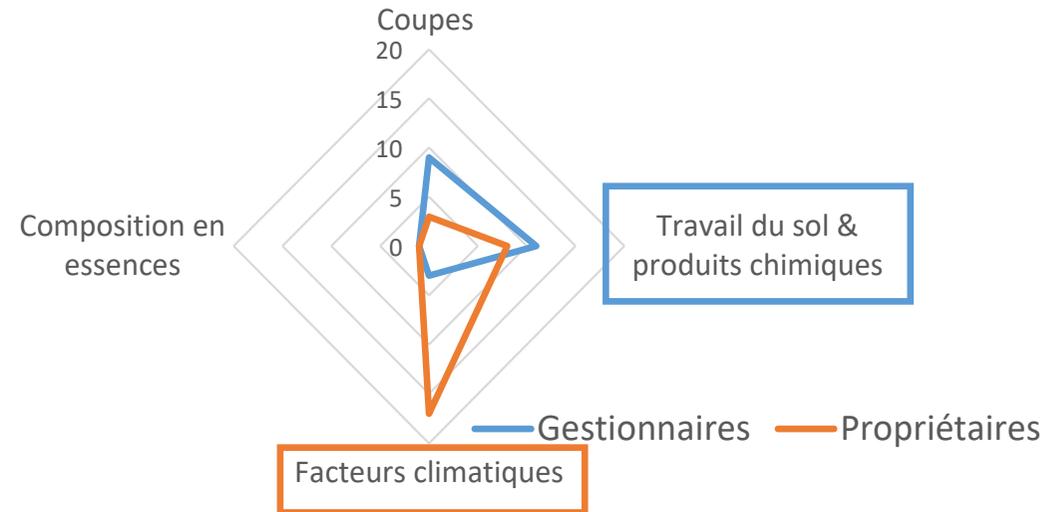
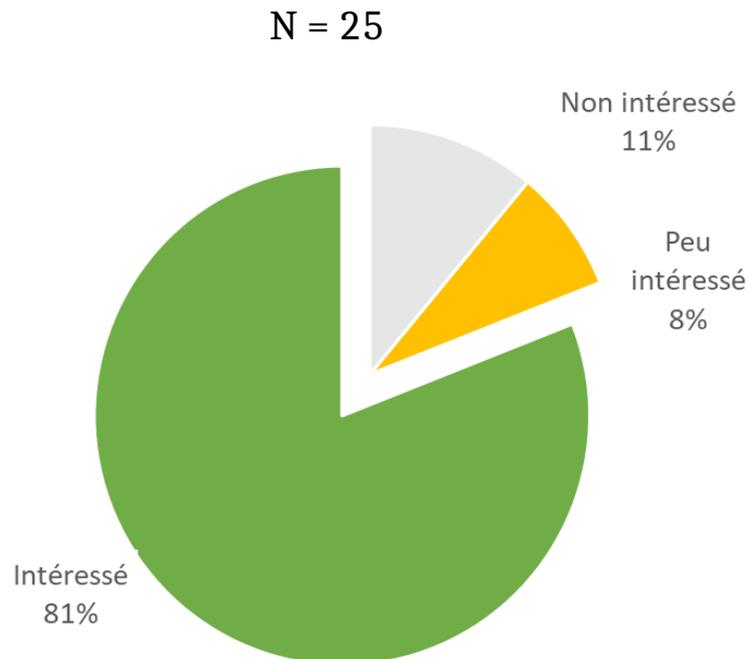
**En amont de l'exploitation ?  
Dans les itinéraires sylvicoles ?**  
Choix des essences / mélanges,  
Régimes de coupes ?  
Etc.



**➔ Des connaissances très partielles, un manque de traduction opérationnelle pour les sylviculteurs**



## ... de la biodiversité des sols ? ... des types de perturbation affectant la vie des sols ?



➔ **Conscience limitée de l'importance des choix de l'itinéraire sylvicole**

Connaissance liens biodiversité/fonctions des sols : **88%**

Connaissance d'indicateurs: **32 %**

➔ **Besoin d'outils**

➔ **Un intérêt !**

*Extrait de Rotiel S. 2022 – Etude sociologique dans le cadre du projet InSylBioS*

# Le projet InSylBioS, en bref



## Quoi ?



- Impacts des pratiques sylvicoles (choix d'itinéraires) sur la biodiversité des sols et le fonctionnement de l'écosystème ?
- Intégration dans la gestion ?

## Qui ?

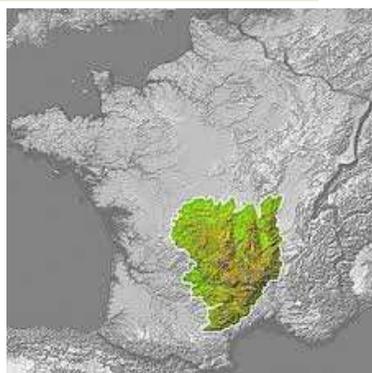
- Gestionnaires
- Scientifiques spécialistes



## Quand ?

2020 à 2023

## Où ?



Sud du Massif central : Lozère, Aveyron, Hérault, Gard, Tarn

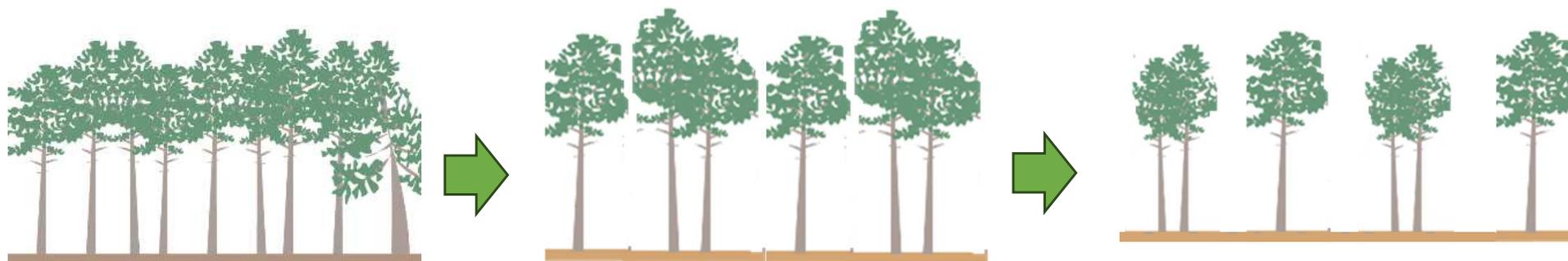
## Comment ?

Financements :



# Le projet InSylBioS, en bref

## Quel effet de l'intensité d'éclaircie des peuplements ?



Sur les communautés biologiques ?  
Sur le fonctionnement du sol et de l'écosystème ?



➔ **Peut-on identifier des pratiques plus durables ? Des indicateurs ?**

## Mesure d'un réseau de 56 peuplements dominés par Hêtre ou Douglas



### Plan d'échantillonnage :

Aucune éclaircie (LE) : 8 sites

Eclaircies légères < 25% vol. (G1) : 8 sites

Eclaircies moyennes à fortes > 25%(G2) : 8 sites

# Le projet InSylBioS, en bref

Développement de **protocoles**  
adaptables et reproductibles

## ➔ Approche multi-taxons

### Peuplement

Description  
peuplement :

- Surface terrière
- Structure (PB / BM / GB...)
- Hauteur dominante
- Hauteur moyenne

### Biodiversité

Flore (vasculaire +  
bryophytes)

Macrofaune du sol

Nématodes

ADN faune - fonge

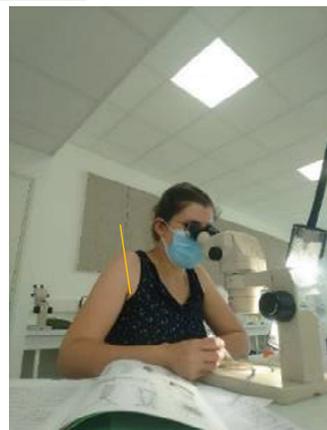
### Station / sol

Description station + fosse  
pédologique

Analyses physico- chimiques

Minéralisation de l'azote

Formes d'humus



# Influence du régime d'éclaircie ?



## Ex. de quelques résultats (Douglas)

### Eclaircies légères (G1)

Plus favorable que LE pour :



**Champi  
(RS) :**

- sapro  
- mycor.

**Flore v. :**

- Totale (N, RS)  
- FA (RS)  
- **For (RS)**  
- Hélio (RS)

**Bryophytes :**

- FA (RS)



**Nématodes (N)**

Plus favorable que G2 pour :

+ 50%



**Nématodes  
(N)**

+ 25%



**Champi (RS):**  
- mycor.

### Eclaircies moy. à fortes (G2)

Plus favorable que LE pour :



**Flore v. :**

- Totale (N, RS)  
- Hélio (RS)  
- FA (N, RS)

Plus favorable que G1 pour :

*Rien*

### Aucune éclaircie (LE)

Plus favorable que G1 pour :

*Rien*

Plus favorable que G2 pour :



- mycor. (RS) (//LEA)

➔ **Les éclaircies légères, plus favorables à la vie du sol !**

# Influence du régime d'éclaircie ?

Ex. de quelques résultats (Douglas) : focus nématodes

## Principales qualités de bio-indicateurs des nématodes

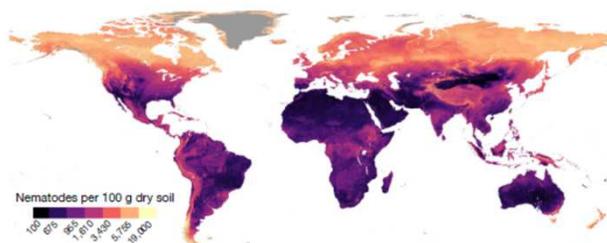


Fig. 3 | Global map of soil nematode density at the 30 arcsec (approximately 1 km<sup>2</sup>) pixel scale. The number of nematodes per 100 g dry soil. Pixel values were binned into seven quantiles to create the colour palette.



Présents dans absolument tous les sols : ubiquistes



Très divers: plus de 26 000 espèces connues

Abondants : plus d'un million par m<sup>2</sup>, présents dans tous les milieux



**4 organismes pluri-cellulaires sur 5 sur terre sont des nématodes**

Norme ISO 23611-4

Bongers and Bongers, 1998; Van Den Hoogen et al., 2021, Lazavora et al., 2021

# Influence du régime d'éclaircie ?

Ex. de quelques résultats (Douglas) : focus nématodes

## Principales qualités de bio-indicateurs des nématodes



Bacterivores



Carnivores



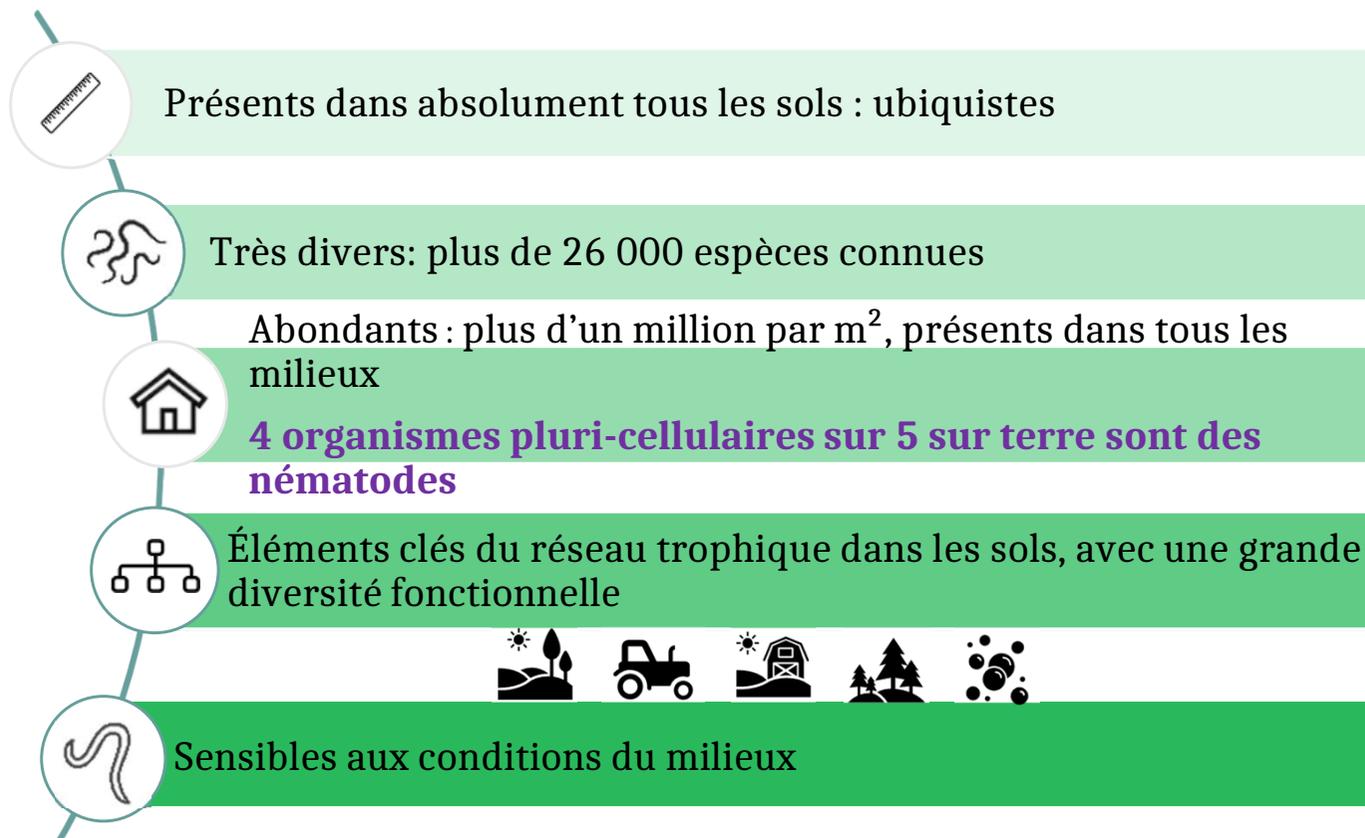
Phytophages  
obligatoires



Fongivores



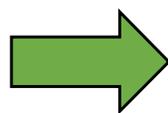
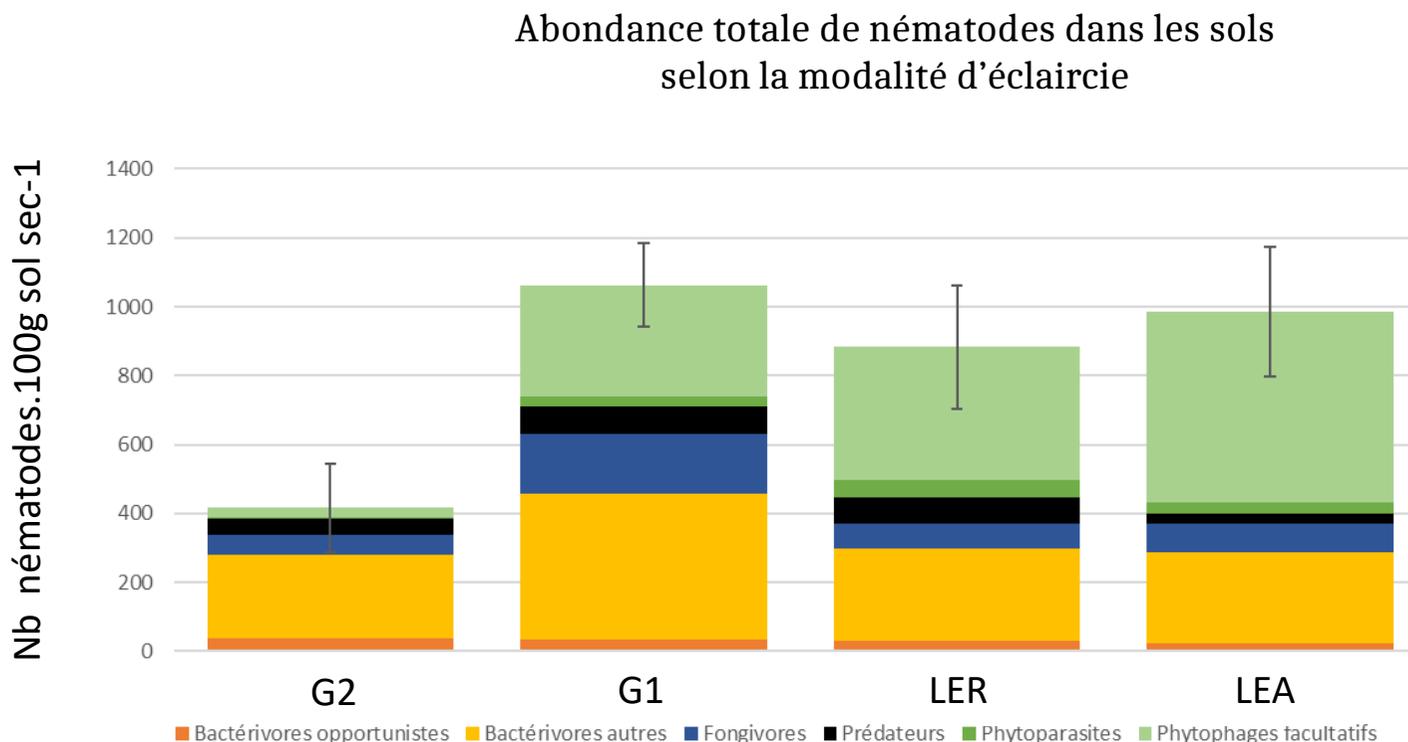
Phytophages  
facultatifs



Bongers and Bongers, 1998; Van Den Hoogen et al., 2021, Lazavora et al., 2021

# Influence du régime d'éclaircie ?

Ex. de quelques résultats (Douglas) : focus nématodes

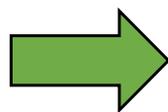
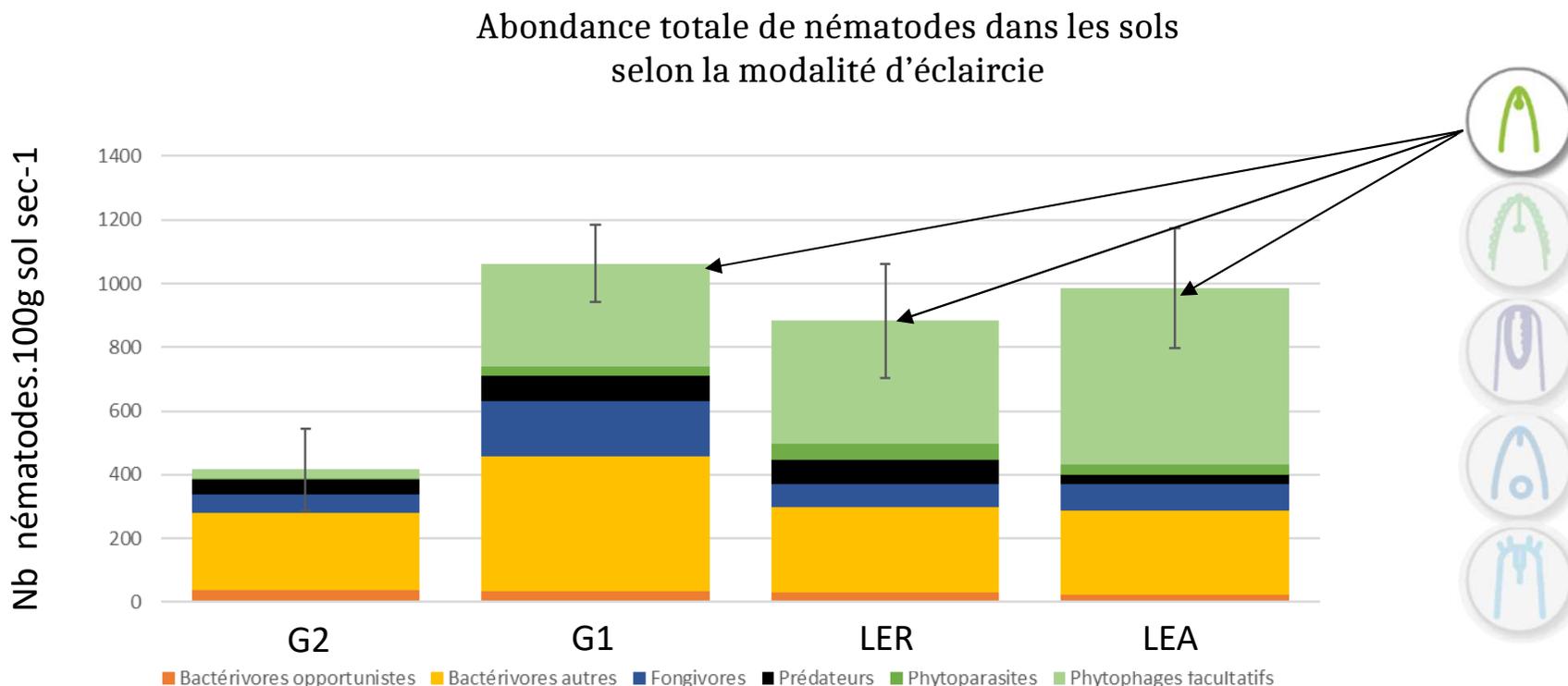


**Pas d'effet significatif sur l'activité globale des sols (tendance!)**

n = 8, Erreurs standards , ANOVA n.s.

# Influence du régime d'éclaircie ?

Ex. de quelques résultats (Douglas) : focus nématodes

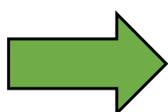
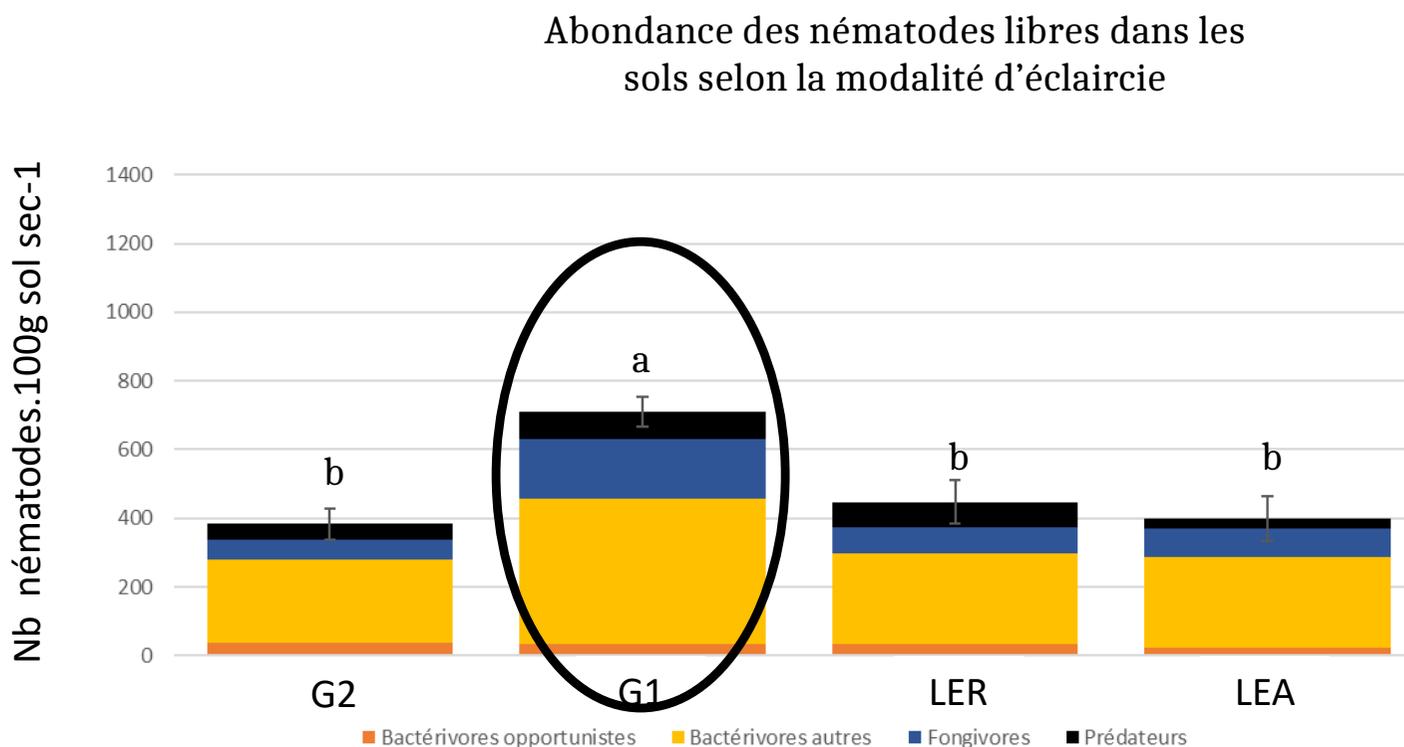


**Limiter les éclaircies favorise les phytophages facultatifs**  
**Notamment le genre *Filenchus* = fongivores**  
**Lien avec effet sur les mycorhizes**

n = 8, Erreurs standards, ANOVA n.s.

# Influence du régime d'éclaircie ?

Ex. de quelques résultats (Douglas) : focus nématodes



**Les éclaircies légères (G1) augmentent le niveau d'activité biologique des sols  
Bactérovores, fongivores, prédateurs**

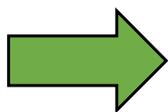
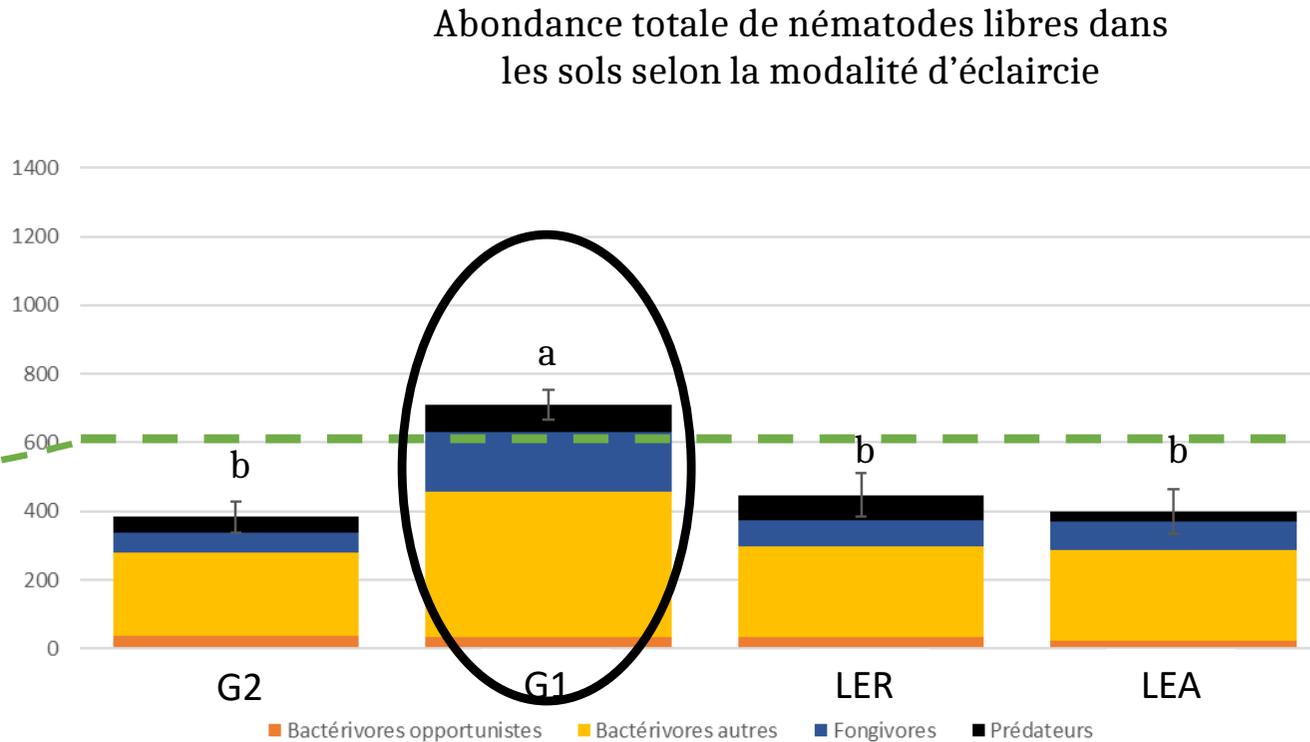
n = 8, Erreurs standards – ANOVA p-value < 0,05

# Influence du régime d'éclaircie ?

Ex. de quelques résultats (Douglas) : focus nématodes

Référentiel ELIPTO  
® Forêts  
n > 500

Nb nématodes.100g sol sec<sup>-1</sup>



**Les éclaircies légères (G1) augmentent le niveau d'activité biologique des sols  
Bactérovores, fongivores, prédateurs**

**Activité satisfaisante au regard du référentiel national forêt**

n = 8, Erreurs standards – ANOVA p-value =0,05

## Fiches de résultats nématodes par parcelle

**Flash Poster 19h10**

**ANALYSE DE LA NEMATOFAUNE DU SOL**  
(norme ISO NF 34511-4)

Mode d'usage: Espaces fermés (exemple forêt)

**SYNTHÈSE DES RÉSULTATS**  
Caractérisation globale du fonctionnement biologique du sol:

Etat biologique altéré | Etat biologique limité | **Bon état biologique** (Votre échantillon)

Les 6 paramètres majeurs issus de l'analyse de la nématofaune (présentés en détail dans la suite de la fiche) sont notés sur une échelle de 1 à 10. La note de 10 correspond à la valeur la plus satisfaisante.

L'analyse de la nématofaune de cet échantillon de sol montre un bon état biologique pour cet usage, caractérisé par:

- une très forte activité biologique
- des flux de nutriments modérés
- les caractéristiques d'un milieu stable générant une bonne assurance écologique (complexité du réseau trophique forte)
- une diversité des organismes réduite
- des voies de décomposition dominées par la voie fongique
- des nématodes phytoparasites peu abondants.

**Niveau d'activité biologique**  
Abondance de nématodes bénéfiques (nématodes libres)

Nombre de nématodes par gramme de sol: 0, 2,5, 5, 7,5, 10, 12,5, 15, 17,5, 20. Valeur: 17,2

L'abondance de nématodes libres, qui caractérise le niveau d'activité biologique du sol, est très élevée.

95% des analyses dans un contexte similaire présentent une valeur inférieure à celle obtenue dans cette analyse.

Référentielle générée à partir de la base ELIPTO® module EDITO V 1.1 : 01/12/2019 5 / 8

Mode d'usage: Espaces fermés (exemple: forêts) Référence ELISOL: 34501 Référence client: Parcelle 1

**Structure écologique**  
Abondance des principaux groupes trophiques de nématodes

Nombre de nématodes pour 100 grammes de sol

Bactérivores, Fongivores, Prédateurs, Phytophages facultatifs, Phytoparasites

Les groupes de nématodes utilisés pour les calculs des indices sont précodés par la présence des pictogrammes spécifiques.

**Diagnostic du réseau trophique**

Stabilité du milieu (SI) 76  
Intensité des flux de nutriments (EI) 43

Le diagnostic du réseau trophique est très satisfaisant : les flux de nutriments sont modérés et l'indice de structure, qui caractérise la complexité de la chaîne trophique du sol, est élevé.

54% des analyses dans un contexte similaire présentent une valeur de SI inférieure à celle obtenue dans cette analyse.

**Diversité des organismes du sol**  
Indice de diversité de Shannon: 1,80

La diversité des nématodes est moyenne dans ce sol. Toutefois, la prédominance des nématodes phytophages facultatifs dans la communauté explique en partie cette valeur modeste.

**Indice des voies de décomposition de la matière organique (IVD)**  
19

L'activité fongique domine fortement les voies de décomposition de ce sol. Dans le contexte des sols forestiers, les nématodes phytophages facultatifs sont inclus dans les fongivores (IVD\* calculé).

**Pression sur les racines par les phytophages**  
20,6

Les nématodes phytophages facultatifs dominent le peuplement. Dans le contexte forestier, on estime que ces nématodes ont un comportement de fongivores et non de rhizophages. L'abondance des nématodes phytophages est élevée.

**Pression parasitaire**  
Principaux genres de nématodes phytoparasites: Hysterothelplidae, Helicotylenchus, Criconeematidae, Rhabditinchiidae, Tylenchothyrinchus

Les nématodes phytoparasites sont peu abondants.

Référentielle générée à partir de la base ELIPTO® module EDITO V 1.1 : 01/12/2019 6 / 8

n = 8, Erreurs s



# Vers davantage d'opérationnalité !

## Une suite avec InSylBioS 2

- De nombreuses questions potentielles...

Hypothèses \*communauté des sols (sauf si précision, sous-groupe) = flore, faune, fonge

Sylviculture et biodiversité	
GB1	Les communautés des sols sont influencées par le régime d'éclaircie
GB2	Les communautés des sols sont influencées par l'essence dominante
GB3	Les communautés des sols sont influencées par les essences secondaires
GB4	Les communautés des sols sont influencées par l'ancienneté de l'état boisé
GB5	Les communautés des sols sont influencées par le stade de développement des arbres
GB6	Les communautés des sols sont influencées par la densité des arbres
GB7	Les communautés des sols sont influencées par l'importance de la strate arbustive

Fonctionnalité et biodiversité	
FB1	Les communautés des sols (faune, champignons) influencent la production forestière
FB2	Les communautés des sols (faune, champignons) influencent la disponibilité en nutriments
FB3	Les communautés des sols (faune, champignons) influencent la minéralisation de l'azote
FB3	Les communautés des sols (faune, champignons) influencent la structure du sol

Interactions et distributions (non liées à la)	
ID1	Les communautés des sols sont influencées par la station
ID2	La diversité de champignons et macrofaune est liée à la diversité de la flore
ID3	La nature de la strate herbacée influence les communautés du sol
ID4	La macrofaune influence/est structurante pour le reste des communautés vivant dans les sols (faune, champignons)
ID5	Les communautés échantillonnées dépendent de la période de relevé
ID6	La forme d'humus est influencée par la macrofaune du sol

InSylBioS 1

InSylBioS 2 (en cours)

croissance

humus

LE FONDS VERT  
pour l'accélération  
de la transition  
écologique dans  
les territoires

Quelles relations  
croissance/résilience – biodiversité ?  
Quels outils opérationnels ?



- De nombreux autres contextes à explorer...

## Influence de l'intensité d'éclaircie sur la biodiversité des sols

- Un tableau de bord d'indicateurs sensibles
  - Nématodes et champignons mycorhiziens

➔ **Doser le bon niveau d'intensité d'éclaircie !**

## Suite du projet:

**Protocoles InSylBioS adaptés à des contextes & questions variées**  
(Ex. PNR Vosges, projet FUSEE)

### InSylBioS 2 - (2025-2027)

- **Analyses statistiques** de la BDD,
  - Dont relations **formes d'humus-biodiversité-fonctionnalité**
- Prélèvement en contexte de **contextes de Chênaies**
  - **Effet de la maturité** des peuplements.

# Merci pour votre attention

## Un grand merci...

### ... à l'équipe projet InSylBioS !

CRPF/CEN : Loïc Molines, Céline Emberger, Arnaud Goulpeau  
INRAE : Marion Vinot-Gosselin, Frédéric Gosselin, Yann Dumas  
ECODIV : Michaël Aubert, Lucie Vincenot, Vincent Moulin  
ELISOL : Camille Chauvin  
CEFE : Thibaud Decaëns  
CBN : Benoit Renaux, Gilles Corriol, Carole Hannoire  
Stages et CDD : Nicolas Roche, Blandine Baron, Sarah Rotiel



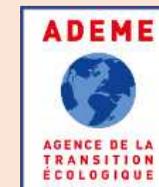
### ... au CRPF Occitanie

Jean-Yves Magaud, Christine Boyer, Jean-Michel d'Orazio, Pascal Mathieu, Magali Rossi, Stéphane Serieye, Grégory Philippe

### ... au CEN Occitanie

Nicolas Goux, Margot Delrieu, Antoine Veirman  
**Et aux gestionnaires et propriétaires  
Pour leur aide dans la sélection des  
peuplements**

### ... aux financeurs



### ... aux membres du COPIL