



HAL
open science

Apport de l'approche par traits fonctionnels pour comprendre les liens plantes-faune du sol dans les écosystèmes forestiers

Ludovic Henneron, Michaël Aubert, Corentin Abgrall, Frédéric Archaux, Fabrice Bureau, Yann Dumas, Francois Ningre, Claudine Richter, Sandrine Salmon, Philippe Balandier, et al.

► To cite this version:

Ludovic Henneron, Michaël Aubert, Corentin Abgrall, Frédéric Archaux, Fabrice Bureau, et al.. Apport de l'approche par traits fonctionnels pour comprendre les liens plantes-faune du sol dans les écosystèmes forestiers. Vèmes Journées de travail TEBIS, Oct 2016, Toulouse, France. hal-01608790

HAL Id: hal-01608790

<https://hal.science/hal-01608790>

Submitted on 5 Jun 2020

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.



Apport de l'approche par traits fonctionnels pour comprendre les liens plantes-faune du sol dans les écosystèmes forestiers

Ludovic HENNERON^{1,2}, Michaël Aubert¹, Corentin Abgrall¹, Frédéric Archaux³, Fabrice Bureau¹, Yann Dumas³, François Ningre⁴, Claudine Richter⁵, Sandrine Salmon⁶, Philippe Balandier³ et Matthieu Chauvat¹

¹ Laboratoire d'écologie ECODIV, UFR Sciences et Techniques, Université de Rouen, 76821 Mont Saint Aignan, France

² UREP, INRA, Clermont-Ferrand, France

³ IRSTEA, Unité de recherche sur les écosystèmes forestiers, Domaine des Barres, F-45290 Nogent-sur-Vernisson, France

⁴ INRA, UMR 1092, LERFoB, Centre INRA de Nancy, 54280 Champenoux, France

⁵ ONF, département de recherche et développement, Boulevard de Constance, 77300 Fontainebleau, France

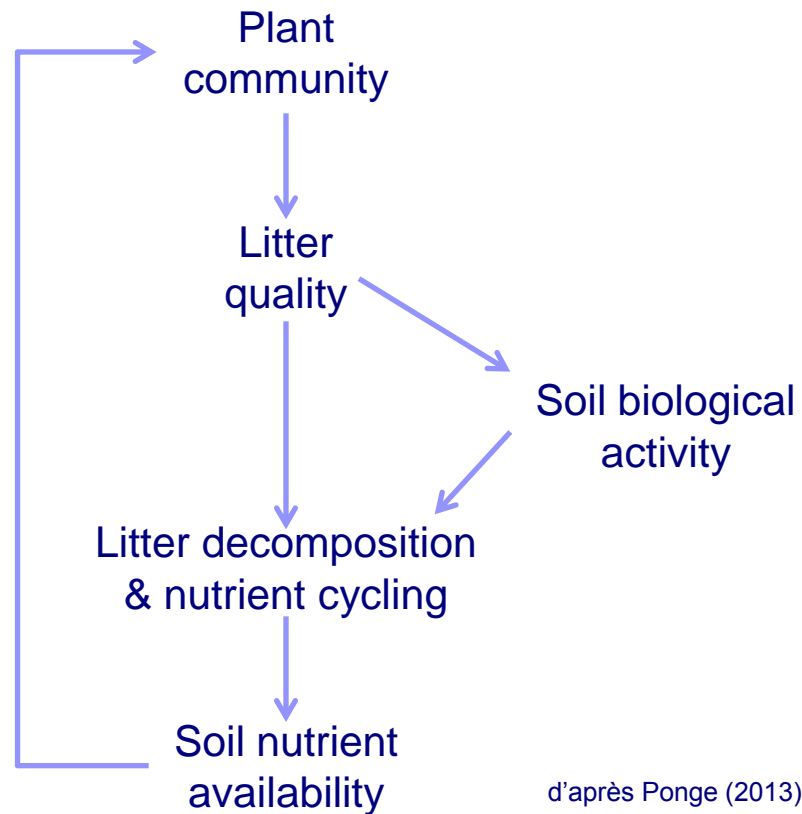
⁶ Muséum National d'Histoire Naturelle, CNRS UMR 7179 Mecadev, 4 avenue du Petit-Château, 91800 Brunoy, France

Financement : Projet IMPRESIO (Impact de l'intensité des prélèvements forestiers sur la biodiversité) coordonné par Philippe BALANDIER – Programme BGF

Les liens plantes-biodiversité du sol dans les écosystèmes forestiers

■ Les interactions plantes-sol

- Déterminants majeurs du fonctionnement des écosystèmes terrestres (Bardgett & Wardle 2010)
→ Influence sur les communautés de plantes par boucles de rétroaction « plantes-litière-sol » (De Deyn et al. 2003)



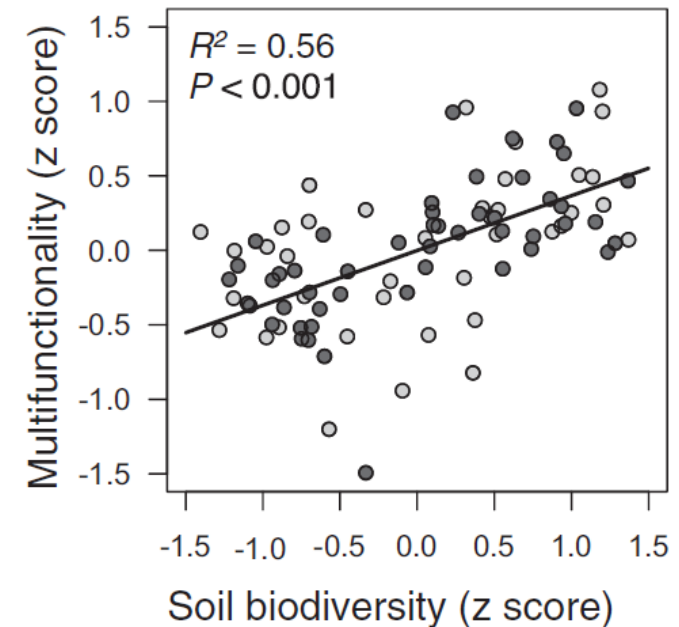
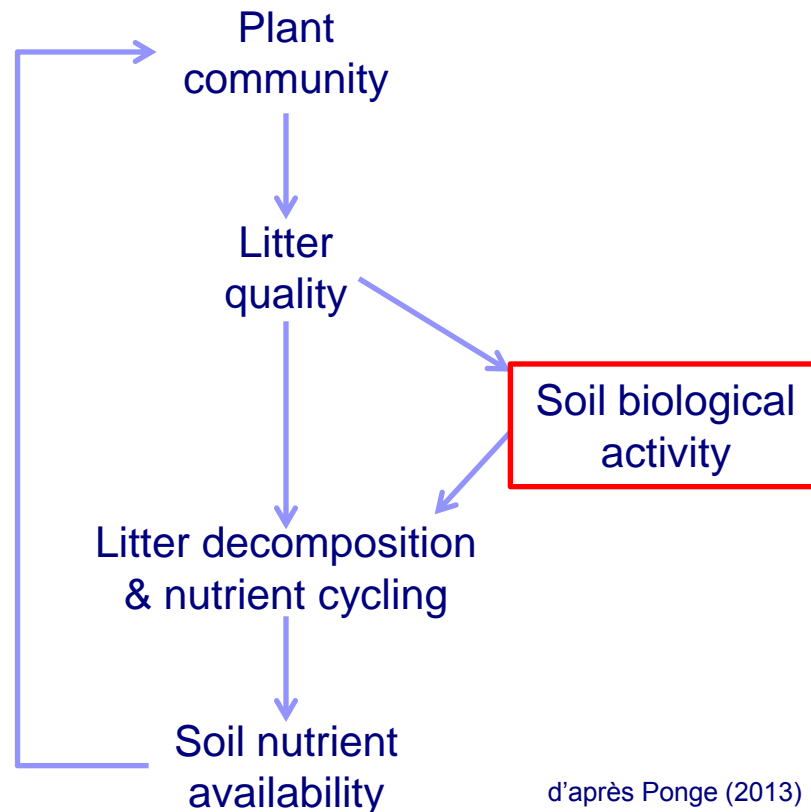
d'après Ponge (2013)



Les liens plantes-biodiversité du sol dans les écosystèmes forestiers

■ Les interactions plantes-sol

- Déterminants majeurs du fonctionnement des écosystèmes terrestres (Bardgett & Wardle 2010)
 - Influence sur les communautés de plantes par boucles de rétroaction « plantes-litière-sol » (De Deyn et al. 2003)
 - Importance de la biodiversité du sol (de Vries et al. 2013, Wagg et al. 2014)



Wagg et al. (2014)

Les liens plantes-biodiversité du sol dans les écosystèmes forestiers

■ Les interactions plantes-sol

- **Déterminants majeurs du fonctionnement des écosystèmes terrestres** (Bardgett & Wardle 2010)
 - Influence sur les communautés de plantes par boucles de rétroaction « plantes-litière-sol » (De Deyn et al. 2003)
 - Importance de la biodiversité du sol (de Vries et al. 2013, Wagg et al. 2014)
- **Rôle des communautés végétales comme facteur de contrôle de la biodiversité du sol** (Wardle 2006)
 - Majorité des études expérimentales réalisées dans les écosystèmes prairiaux (e.g. Scherber et al. 2010, Milcu et al. 2013)



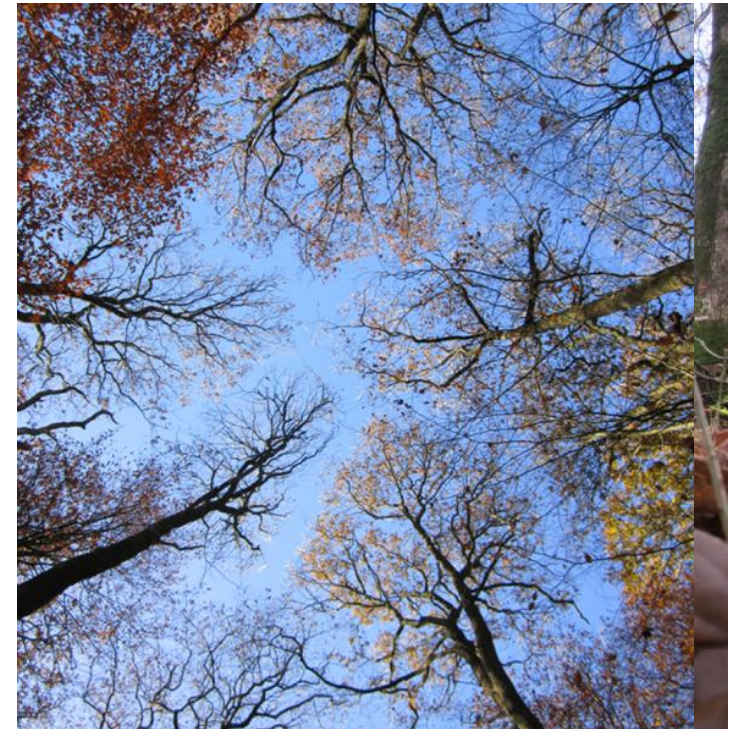
Les liens plantes-biodiversité du sol dans les écosystèmes forestiers

■ Les interactions plantes-sol

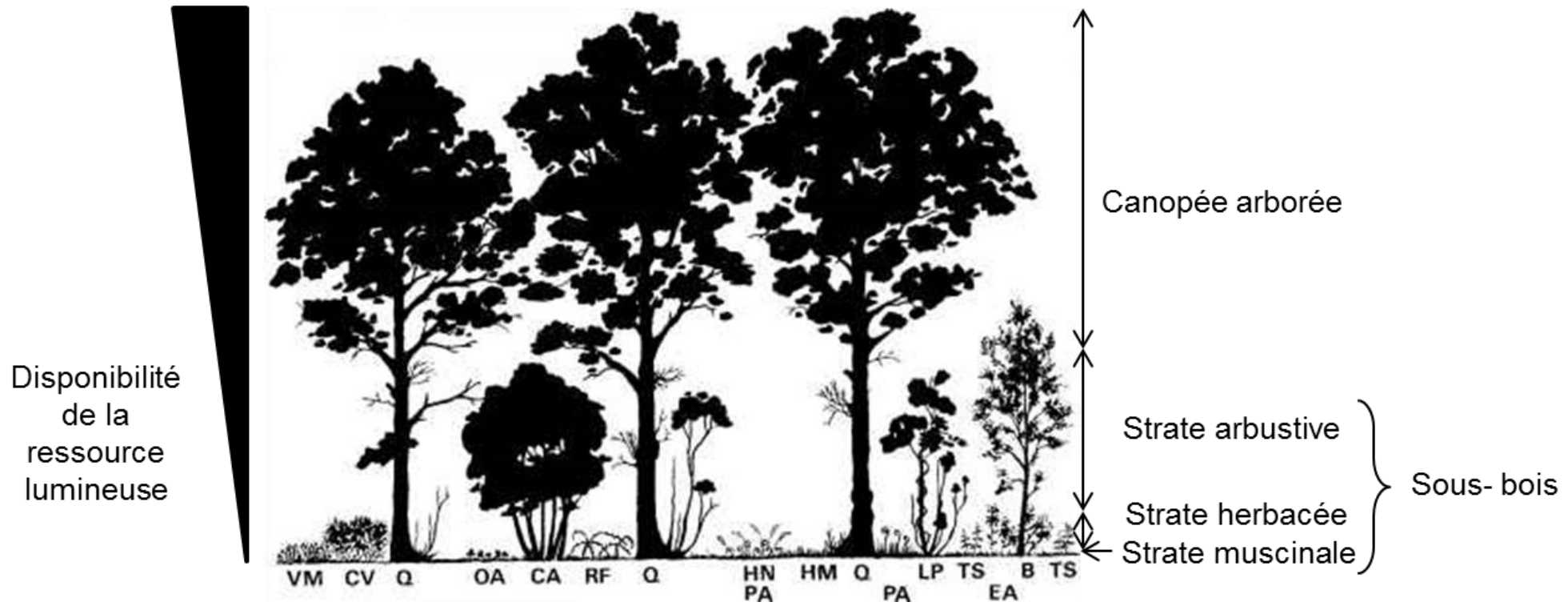
- Déterminants majeurs du fonctionnement des écosystèmes terrestres (Bardgett & Wardle 2010)
 - Influence sur les communautés de plantes par boucles de rétroaction « plantes-litière-sol » (De Deyn et al. 2003)
 - Importance de la biodiversité du sol (de Vries et al. 2013, Wagg et al. 2014)
- Rôle des communautés végétales comme facteur de contrôle de la biodiversité du sol (Wardle 2006)
 - Majorité des études expérimentales réalisées dans les écosystèmes prairiaux (e.g. Scherber et al. 2010, Milcu et al. 2013)

■ Les écosystèmes forestiers

- Les arbres comme **espèces fondatrices** (Ellison et al. 2005)
- Ecosystèmes ayant une dynamique lente
 - Durée de vie élevée des arbres
- Structure verticale multi-étagée



Les liens plantes-biodiversité du sol dans les écosystèmes forestiers



Packham et al. (1992)

Les liens plantes-biodiversité du sol dans les écosystèmes forestiers

■ Les interactions plantes-sol

- Déterminants majeurs du fonctionnement des écosystèmes terrestres (Bardgett & Wardle 2010)
 - Influence sur les communautés de plantes par boucles de rétroaction « plantes-litière-sol » (De Deyn et al. 2003)
 - Importance de la biodiversité du sol (de Vries et al. 2013, Wagg et al. 2014)
- Rôle des communautés végétales comme facteur de contrôle de la biodiversité du sol (Wardle 2006)
 - Majorité des études expérimentales réalisées dans les écosystèmes prairiaux (e.g. Scherber et al. 2010, Milcu et al. 2013)

■ Les écosystèmes forestiers

- Les arbres comme **espèces fondatrices** (Ellison et al. 2005)
- Ecosystèmes ayant une dynamique lente
 - Durée de vie élevée des arbres
- Structure verticale multi-étagée
 - Plusieurs études sur l'effet de la **diversité des arbres** (Scheu et al. 2003)
 - Effet de l'**abondance des arbres** très peu étudié

Les liens plantes-biodiversité du sol dans les écosystèmes forestiers

Pas d'éclaircie



Eclaircie forte



Densité du peuplement

- Les expériences d'éclaircies comme « removal experiments »
 - Manipulation expérimentale de l'abondance des arbres
 - Ouverture de la canopée arborée et effet en cascade sur les plantes de sous-bois
→ Changement global de la communauté végétale
 - Alternative aux protocoles expérimentaux basés sur des assemblages synthétiques de communautés végétales (Díaz et al., 2003)

Les collemboles

■ Groupe faunistique emblématique des humus forestiers

- Communauté très diversifiée & présence en forte abondance au sein de l'épisolum humifère
- **Importance fonctionnelle** pour les processus de décomposition des litières (Rusek, 1998)
 - Régulateurs des populations fongiques
 - Litter transformers *sensu* Lavelle (1997)



Gisin, 1983
Rusek, 1989

Les collemboles

■ Groupe faunistique emblématique des humus forestiers

- Communauté très diversifiée & présence en forte abondance au sein de l'épisolum humifère
- **Importance fonctionnelle** pour les processus de décomposition des litières (Rusek, 1998)
 - Régulateurs des populations fongiques
 - Litter transformers *sensu* Lavelle (1997)
- **Traits fonctionnels** et sensibilité aux conditions environnementales contrastées entre espèces
 - Groupes de formes de vie bien différenciés suivant leurs **traits écomorphologiques** et leurs guildes trophiques

Ecological strategy

r



K



Lepidocyrtus lanuginosus

Epedaphic species



Folsomia quadrioculata

Hemiedaphic species



Isotomiella minor

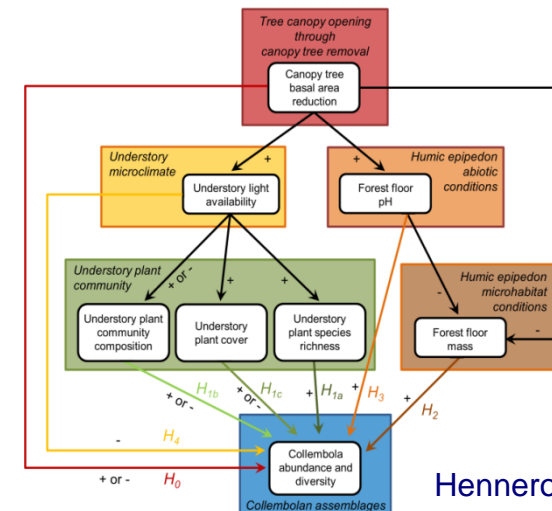
Euedaphic species

Gisin, 1983
Rusek, 1989

Objectif: Etudier les liens plantes-collemboles *via* leurs traits fonctionnels le long d'un gradient d'ouverture de la canopée arborée de chêne

Hypothesis:

- **H_{1a}**: L'augmentation de la diversité des plantes de sous-bois induite par l'ouverture de la canopée arborée favorise la diversité des collemboles par la plus forte hétérogénéité des microhabitats et des ressources trophiques
→ the '*functional diversity hypothesis*' (Diaz et al., 2007)
- **H_{1b}**: Les changements de composition de la communauté de plantes de sous-bois induite par l'ouverture de la canopée arborée végétale affecte la composition de la communauté des collemboles en contrôlant les caractéristiques fonctionnelles des plantes dominantes
→ the '*mass ratio hypothesis*' (Grime 1998)
- **H₂**: Le changement de qualité de la litière foliaire du chêne contrôle la composition de la communauté des collemboles
→ the '*phenotypic plasticity hypothesis*' (Miner 2005)



Henneron et al., sous press

Design expérimental

- Futaies régulières de chêne sessile (*Quercus petraea*)
- 9 massifs forestiers étudiés :
 - Situés dans des **contextes pédoclimatiques** variés :
 - **Climat** tempéré océanique à continental
 - **Conditions édaphiques** très acide (moder) à peu acide (mull).



Design expérimental

- Futaies régulières de chêne sessile (*Quercus petraea*)
 - 9 massifs forestiers étudiés :
 - Situés dans des **contextes pédoclimatiques** variés :
 - **Climat** tempéré océanique à continental
 - **Conditions édaphiques** très acide (moder) à peu acide (mull).
 - 33 parcelles étudiées :
 - Issues de 2 réseaux nationaux de sites expérimentaux
 - GIS Coopérative de données sur la croissance des peuplements forestiers – groupe chênes
 - Dispositif « Chêne » du LERFOB
 - Large gradient de **densité de peuplements**
 - Surface terrière de 3 à 44 m².ha⁻¹
 - Large gradient d'**âge de peuplements**
 - 18 à 171 ans
 - Classification jeunes / matures à 90 ans
- ➔ Etude multi-sites à grande échelle impliquant une manipulation expérimentale sur le long terme
 ➔ Résultats potentiellement généralisables à l'échelle nationale



Traits et indices fonctionnels étudiés

■ Traits des collemboles issue de COLTRAIT

Trait categories	Trait
Body morphology	<i>Body shape</i> <i>Body length</i>
Locomotary organs	<i>Furca length</i> <i>Leg length</i>
Sensory organs	<i>Ocelli number</i> <i>Antenna length</i> <i>Post-antennal organs</i> <i>lobes number</i> <i>Trichobothria presence</i>
Protective features	<i>Scales presence</i> <i>Pigmentation presence</i>
Defensive features	<i>Pseudocelli presence</i>
Reproduction	<i>Reproduction mode</i>

■ Traits des plantes issues de TRY

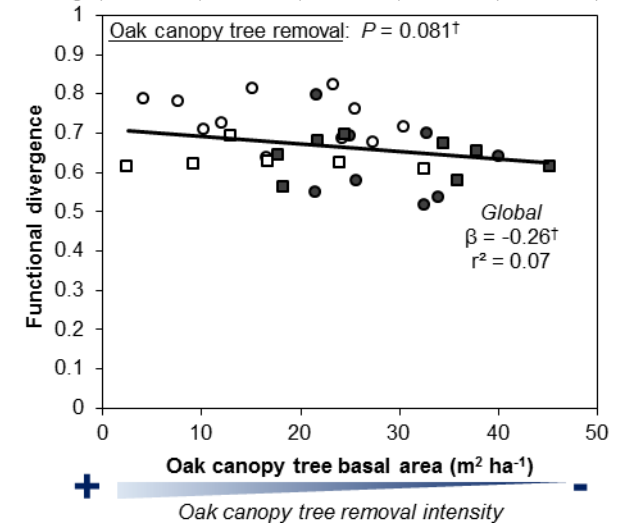
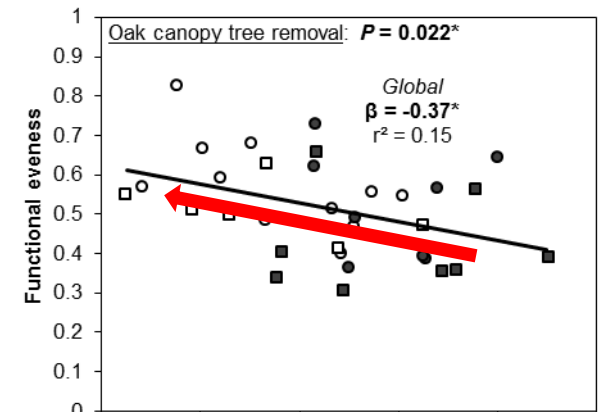
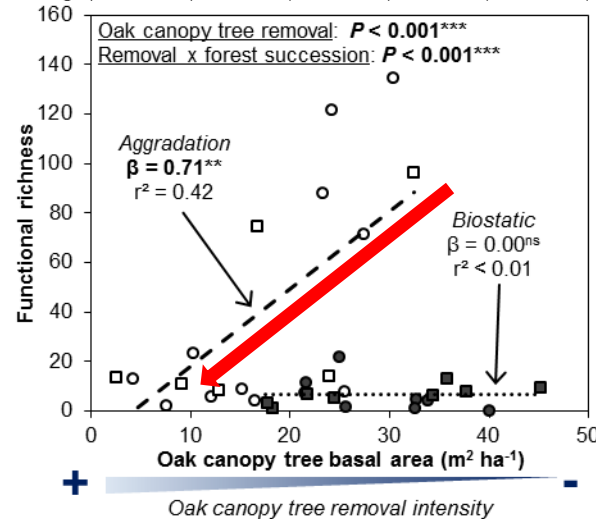
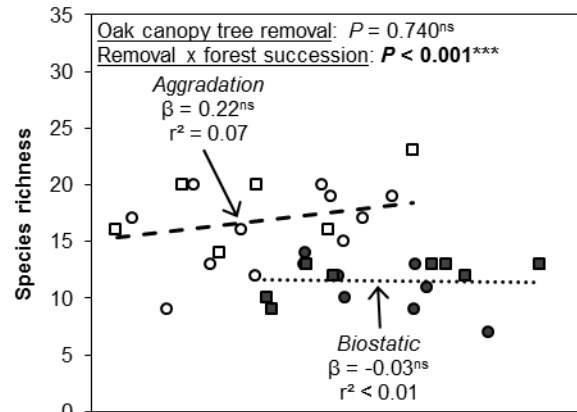
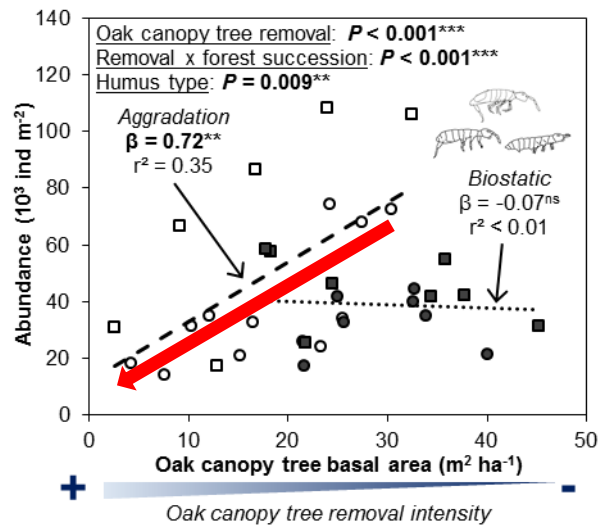
Trait categories	Trait
Whole-plant traits	<i>Life-form</i> <i>Plant growth capacity</i> <i>Grime's plant strategy</i>
Leaf traits	<i>Specific leaf area</i> <i>Leaf nitrogen content</i> <i>Leaf dry matter content</i> <i>Litter decomposability</i>
Below-ground traits	<i>Plant mycorrhizal type</i>
Regenerative traits	<i>Species reproduction type</i>

■ Indices fonctionnels:

- **Diversité fonctionnelle** (Villéger et al. 2008)
 - Functional richness (FRic)
 - Functional evenness (FEve)
 - Functional divergence (FDiv)
- **Composition fonctionnelle**
 - Community weighted mean (CWM)

Assemblages de collemboles – Abondance et diversité

○ Jeunes Mull (n = 11) □ Jeunes Moder (n = 6) ● Vieux Mull (n = 8) ■ Vieux Moder (n = 8)

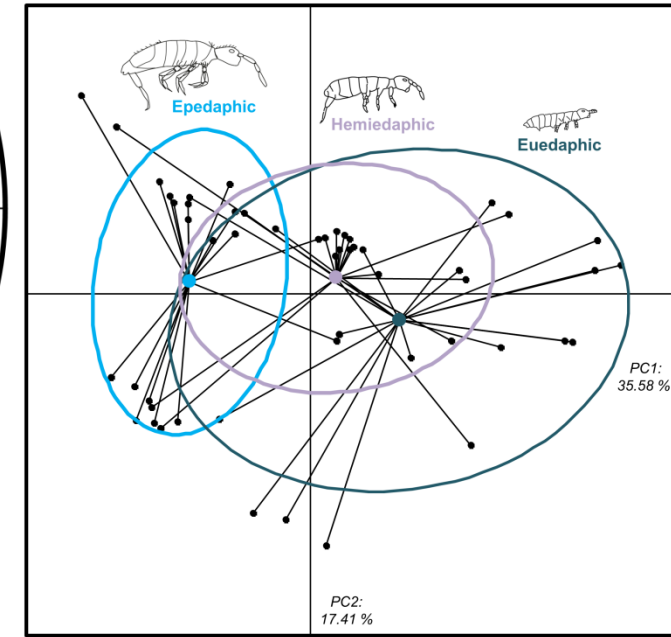
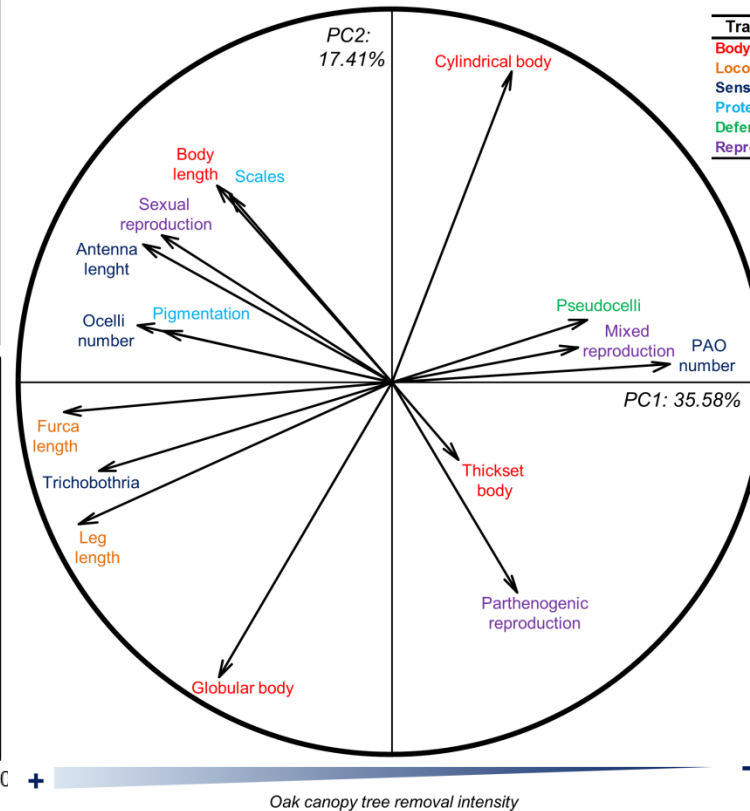
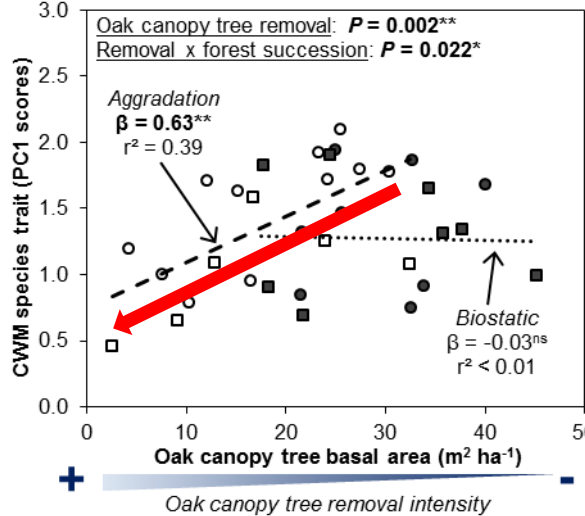
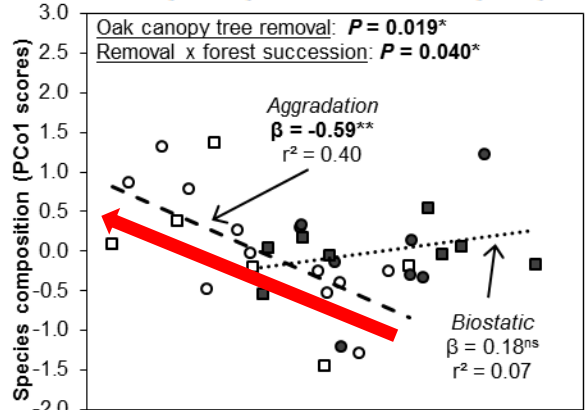


- ↓ de l'abondance et de la richesse fonctionnelle
- ↑ de l'équitabilité fonctionnelle

LMM (Linear Mixed Models)
 with Forest successional stage and humus type as covariate

Assemblages de collemboles – Composition

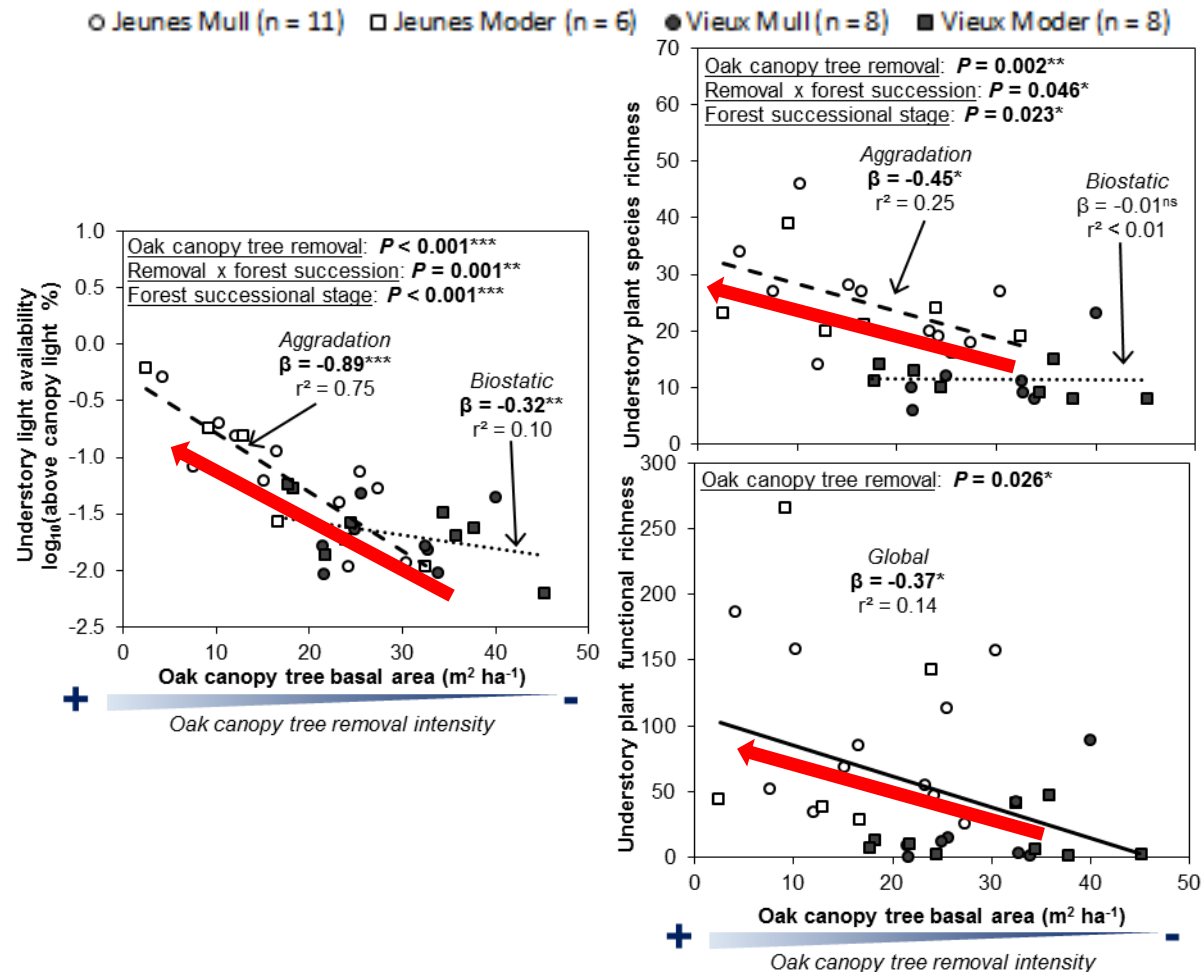
○ Jeunes Mull (n = 11) □ Jeunes Moder (n = 6) ● Vieux Mull (n = 8) ■ Vieux Moder (n = 8)



- Effet important sur la composition taxonomique et fonctionnelle

LMM (Linear Mixed Models)
with Forest successional stage and humus type as covariate

Assemblages des plantes de sous-bois - Diversité

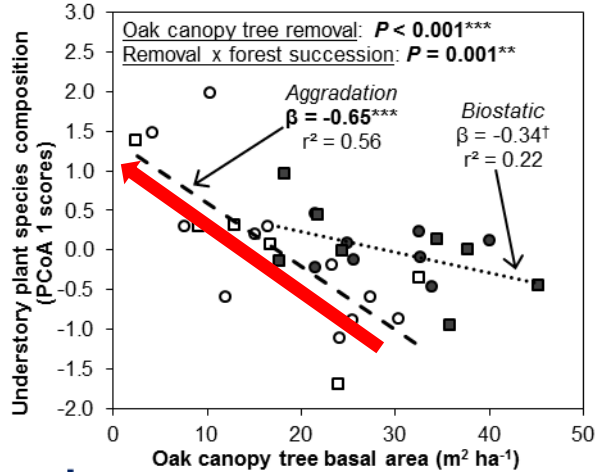


- ↑ de de la richesse taxonomique et fonctionnelle

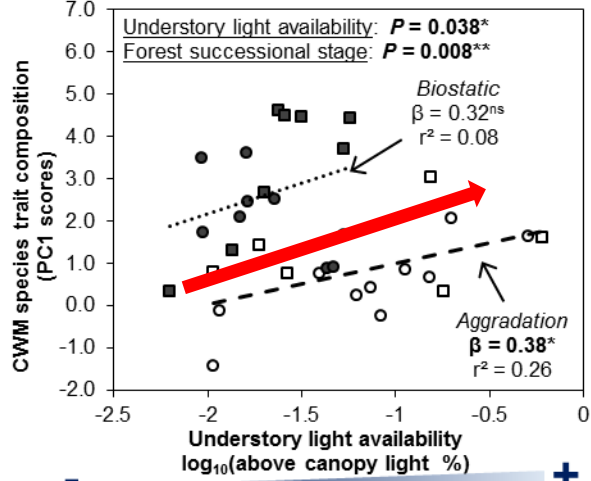
LMM (Linear Mixed Models)
with Forest successional stage and humus type as covariate

Assemblages des plantes de sous-bois – Composition

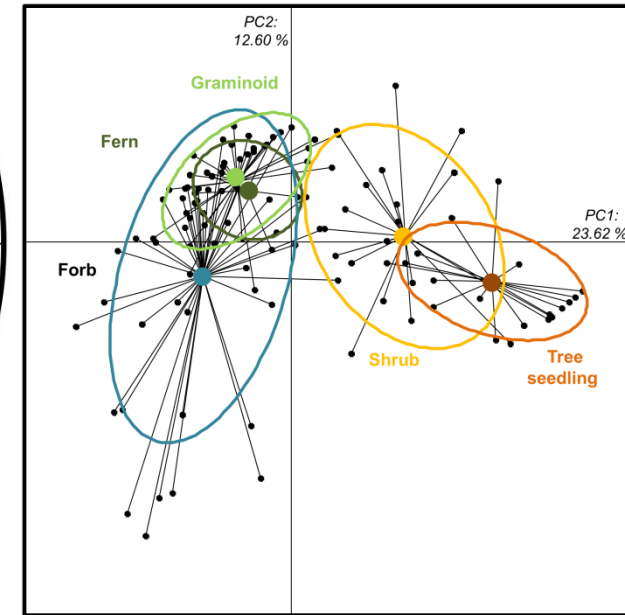
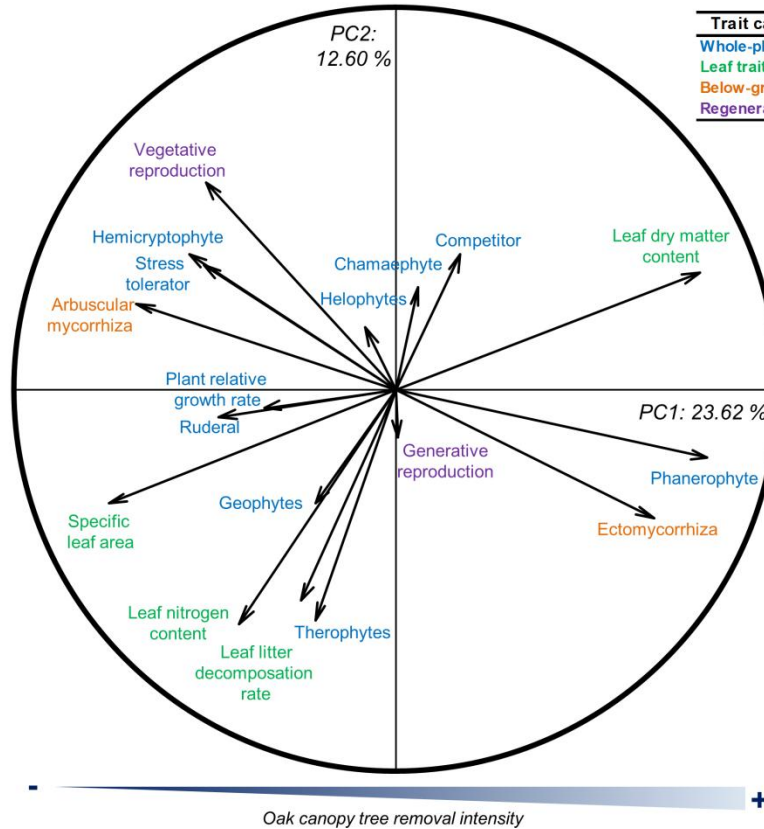
○ Jeunes Mull (n = 11) □ Jeunes Moder (n = 6) ● Vieux Mull (n = 8) ■ Vieux Moder (n = 8)



+ Oak canopy tree removal intensity -



- Oak canopy tree removal intensity +

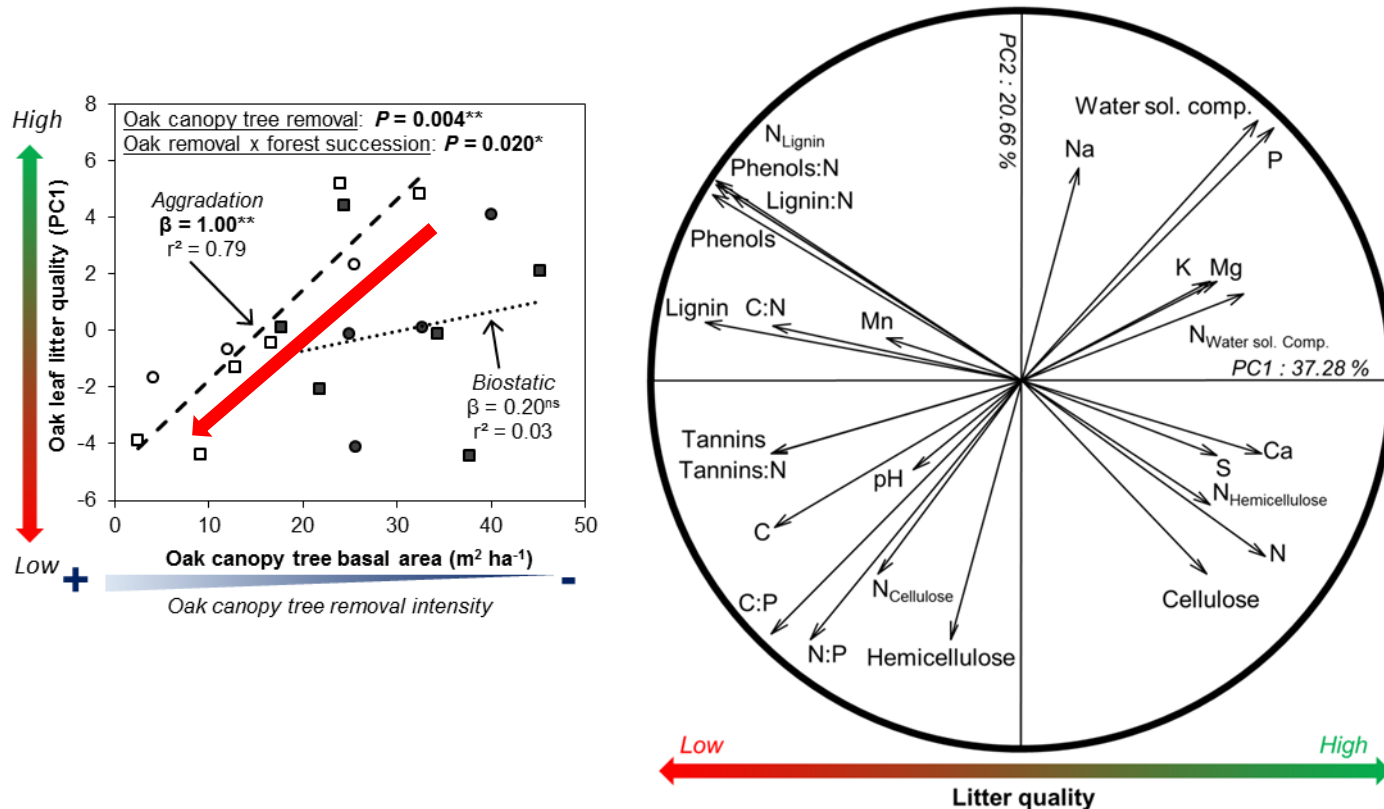


■ Effet important sur la composition taxonomique et fonctionnelle

LMM (Linear Mixed Models)
 with Forest successional stage and humus type as covariate

Plasticité des traits de litière foliaire du chêne

○ Jeunes Mull (n = 11) □ Jeunes Moder (n = 6) ● Vieux Mull (n = 8) ■ Vieux Moder (n = 8)

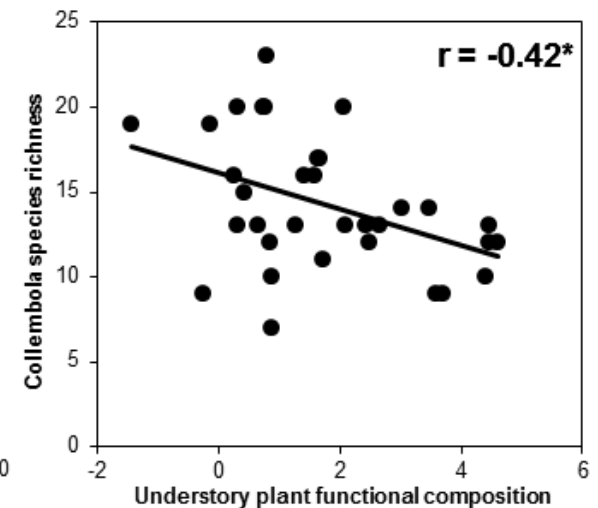
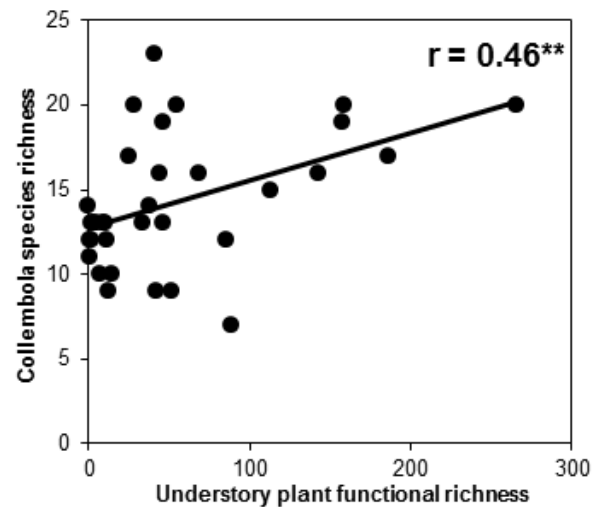
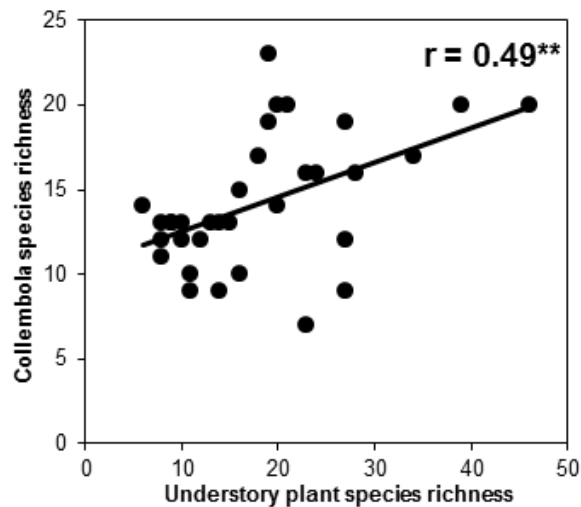


- Dégradation de la qualité de la litière du chêne

n = 19 - LMM (Linear Mixed Models)
 with *Forest successional stage* and *humus type* as covariate

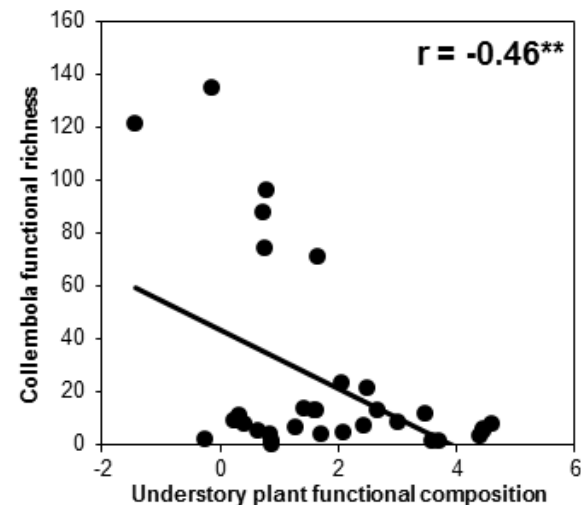
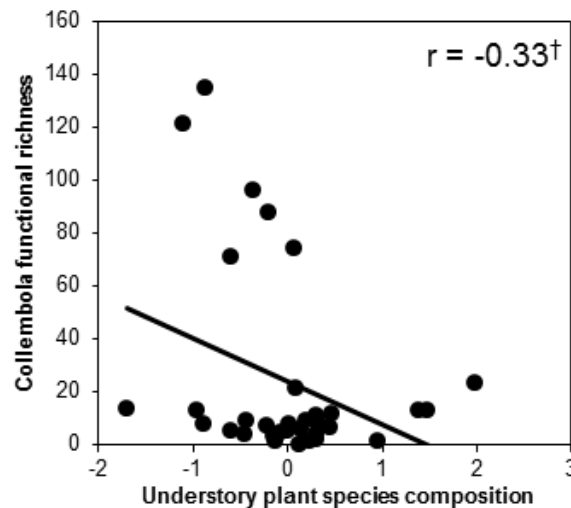
Liens collemboles/plantes *via* leurs traits fonctionnels – Richesse spécifique

Collembola					
	Abundance	Species richness	Functional richness	Species composition	Functional composition
Understory plant community (n=33)					
Species richness	0.05	0.49**	0.19	0.29	-0.25
Functional richness	0.16	0.46**	0.15	0.15	-0.17
Species composition	-0.50**	-0.04	<i>-0.33†</i>	0.60***	-0.47**
Functional composition	-0.11	-0.42*	-0.46**	0.10	-0.02
Oak leaf litter traits (n=19)					
Litter quality	<i>0.40†</i>	0.01	0.26	-0.14	<i>0.40†</i>



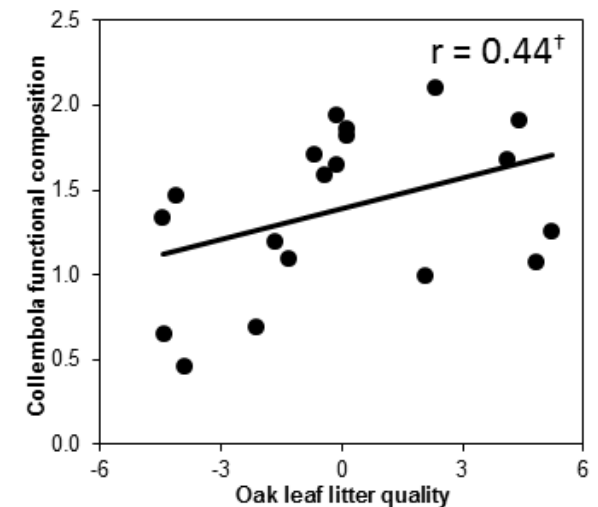
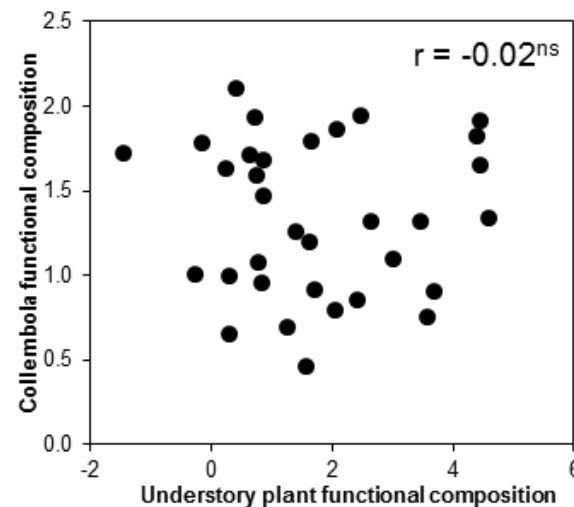
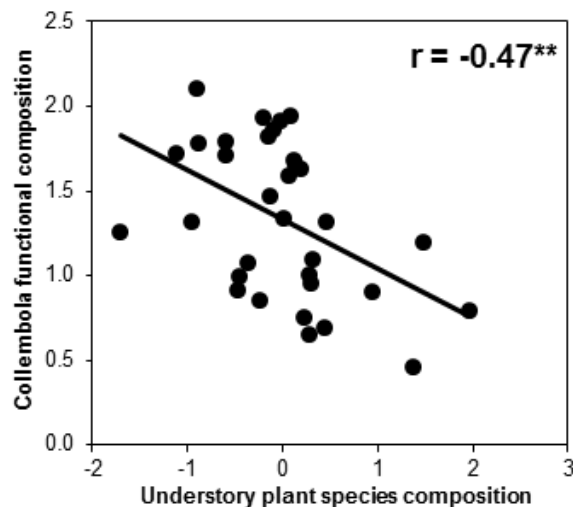
Liens collemboles/plantes *via* leurs traits fonctionnels – Richesse fonctionnelle

	Collembola				
	Abundance	Species richness	Functional richness	Species composition	Functional composition
Understory plant community (n=33)					
Species richness	0.05	0.49**	0.19	0.29	-0.25
Functional richness	0.16	0.46**	0.15	0.15	-0.17
Species composition	-0.50**	-0.04	-0.33†	0.60***	-0.47**
Functional composition	-0.11	-0.42*	-0.46**	0.10	-0.02
Oak leaf litter traits (n=19)					
Litter quality	<i>0.40†</i>	0.01	0.26	-0.14	<i>0.40†</i>



Liens collemboles/plantes *via* leurs traits fonctionnels - Composition fonctionnelle

	Collembola				
	Abundance	Species richness	Functional richness	Species composition	Functional composition
Understory plant community (n=33)					
Species richness	0.05	0.49**	0.19	0.29	-0.25
Functional richness	0.16	0.46**	0.15	0.15	-0.17
Species composition	-0.50**	-0.04	<i>-0.33†</i>	0.60***	-0.47**
Functional composition	-0.11	-0.42*	-0.46**	0.10	-0.02
Oak leaf litter traits (n=19)					
Litter quality	<i>0.40†</i>	0.01	0.26	-0.14	<i>0.40†</i>



Synthèse

- **Les assemblages de collemboles sont fortement affectés par l'ouverture de la canopée arborée**
 - L'abondance et la diversité fonctionnelle des collemboles diminuent alors que l'équitabilité fonctionnelle augmente
 - La composition taxonomique et fonctionnelle est également affectée, avec une plus forte dominance d'espèces adaptées aux milieux ouverts
- **Les assembles de plantes sont également fortement affectés par l'ouverture de la canopée arborée**
 - La diversité taxonomique et fonctionnelle des plantes de sous-bois augmente
 - La composition taxonomique et fonctionnelle est également affectée, avec une plus forte dominance d'espèces à stratégie conservative.
 - La qualité de la litière foliaire du chêne se dégrade, *i.e.* plus pauvre en éléments et plus riche en métabolites secondaires
- **Les traits des plantes expliquent partiellement les liens plantes-collemboles**
 - La diversité taxonomique et fonctionnelle des collemboles est mieux expliquée par la richesse et la composition fonctionnelle des plantes que par leur richesse spécifique
 - L'abondance et la composition taxonomique et fonctionnelle des collemboles sont mieux expliqués par la composition taxonomique des plantes que par leur composition fonctionnelle ou la plasticité des traits de litière foliaire du chêne

Remerciements : Philippe DELPORTE, Chokri MCHERGUI, Julia CLAUSE, Sylvain MUSEUR, David VIRATEL, Donovan MAILLARD, Charline BOUVET, Florian MEZERETTE, Alexandra DORNADIC, Oriane JOSSERAND, François ELIE et Romain LEVAILLANT



Financement : - Projet IMPREBIO

Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie
→ Convention n°10-MBGD-BGF-3-CVS-081, programme BGF
GIP ECOFOR

- Allocation doctorale

via le Grand Réseau de recherche SER (Sciences de l'Environnement, analyse et gestion des risques)



Partenaires : - GIS Coopérative de données sur la croissance des peuplements forestiers – groupe chênes

ONF, INRA, IRSTEA & AgroParisTech

- Dispositif « Chêne » du LERFOB

INRA





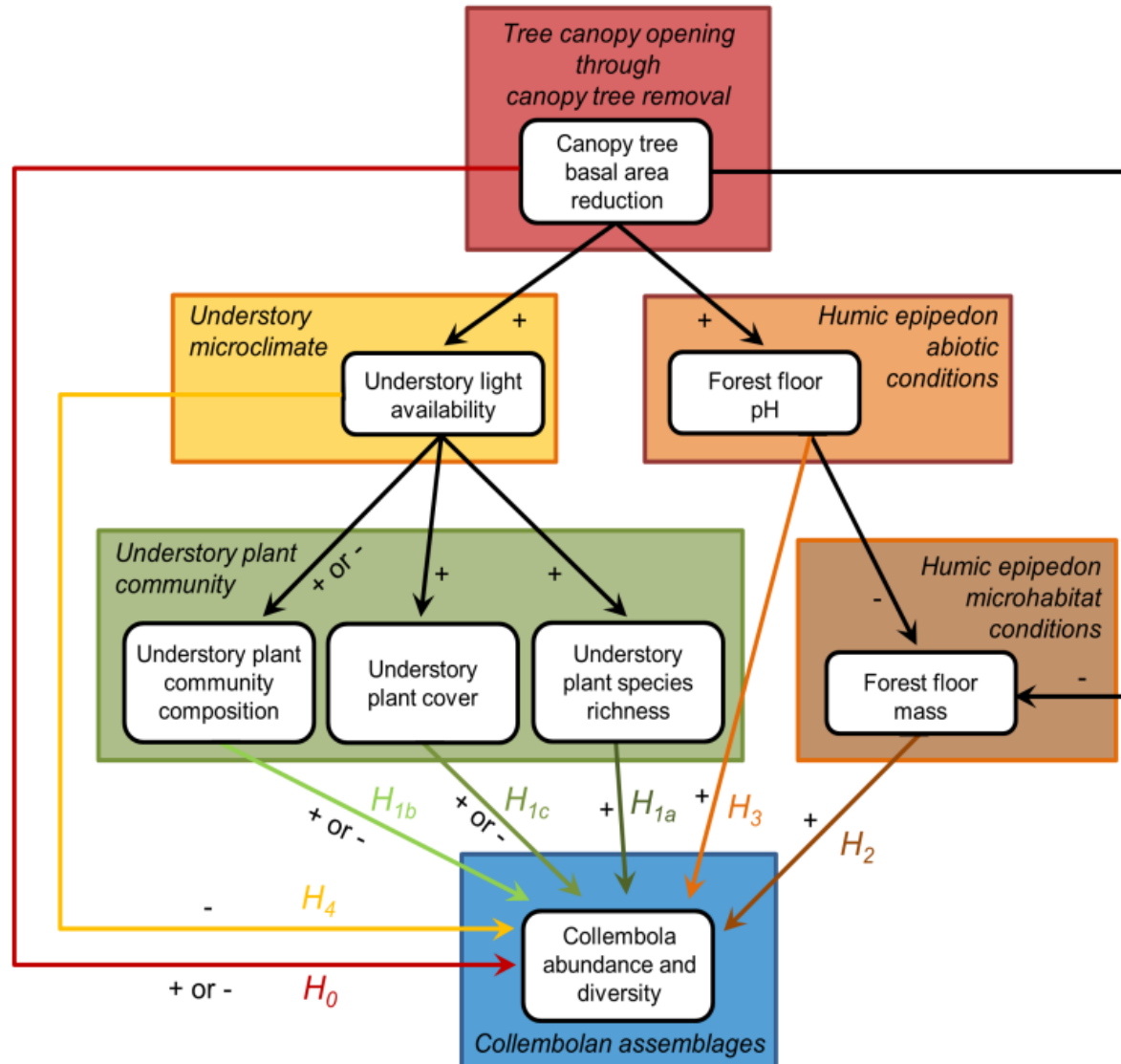
Merci de votre attention

Pour plus de détails, voir:

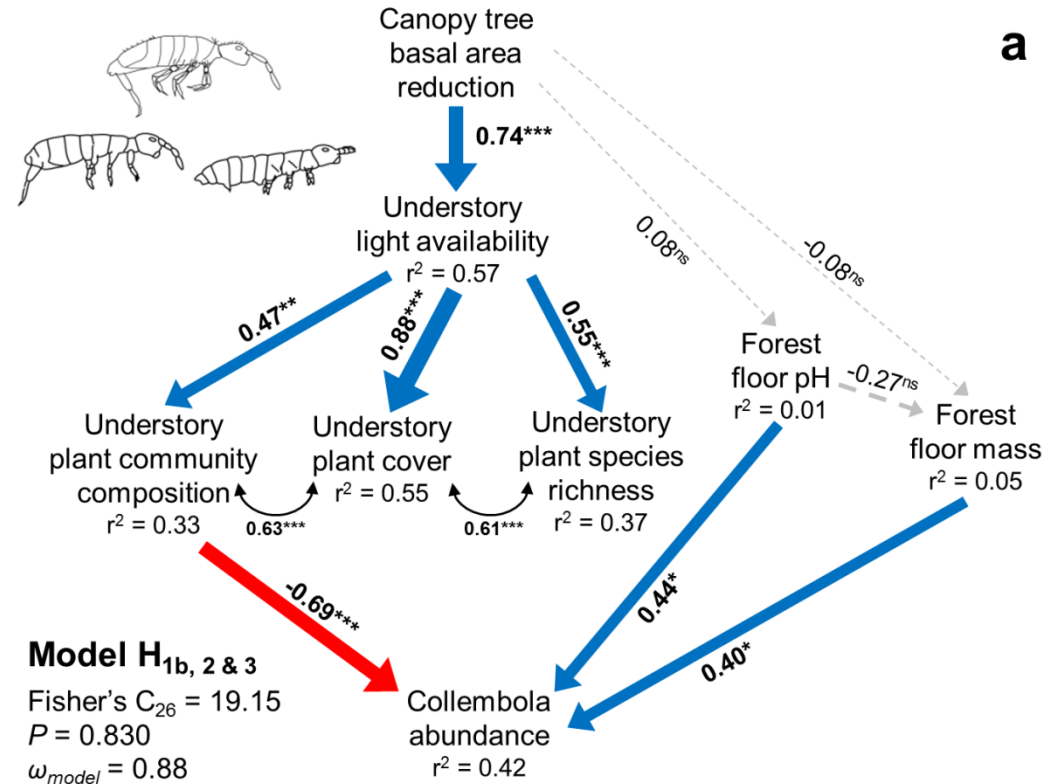
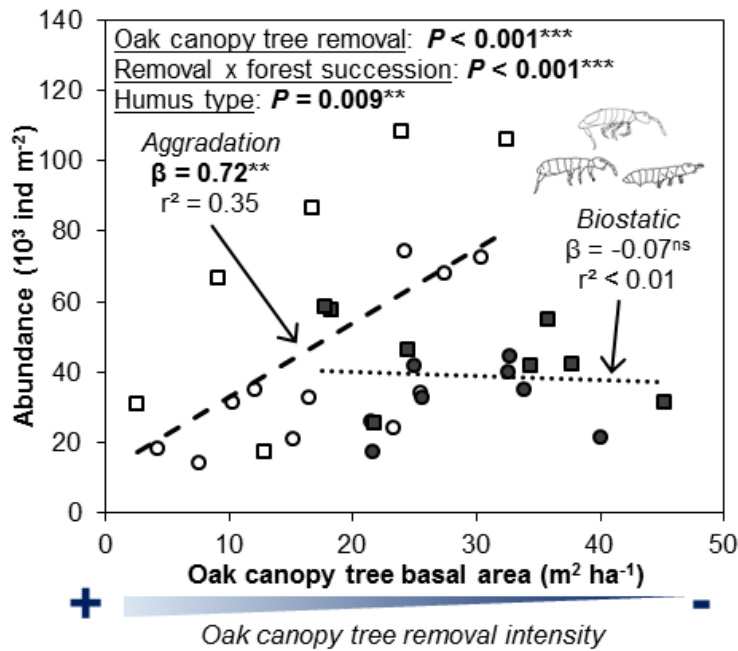
Henneron et al. (in press). Forest plant community as a driver of soil biodiversity: experimental evidence from collembolan assemblages through large-scale and long-term removal of oak canopy trees *Quercus petraea*.

Oikos.

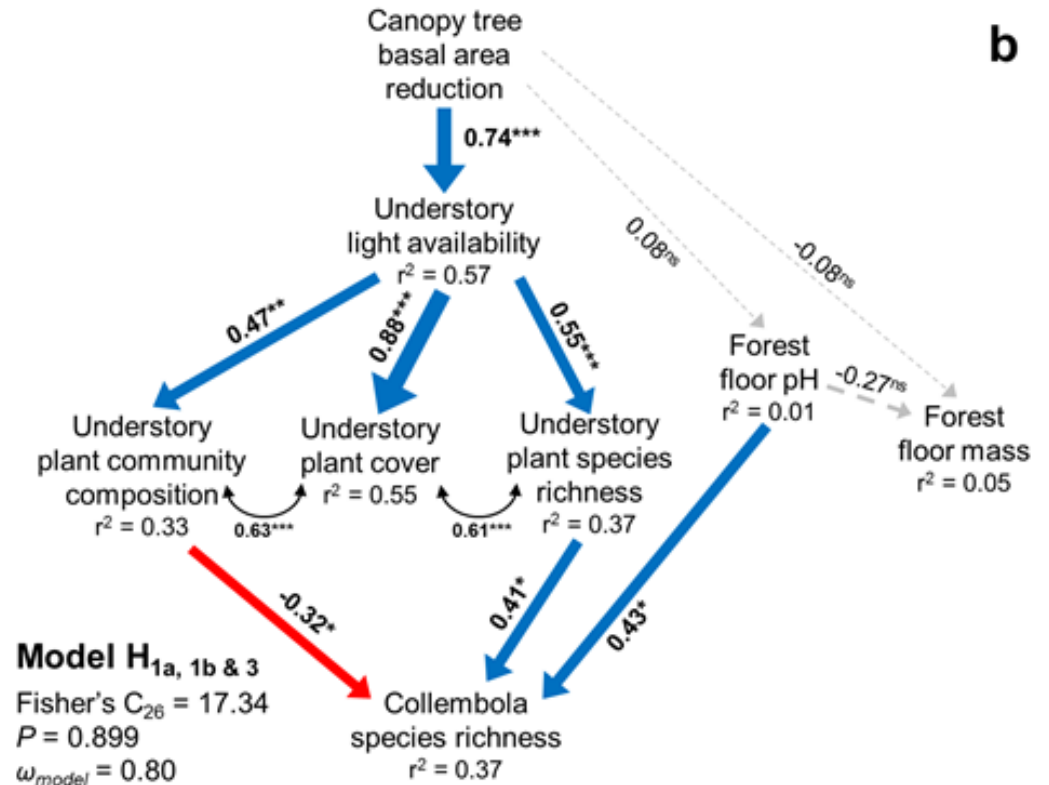
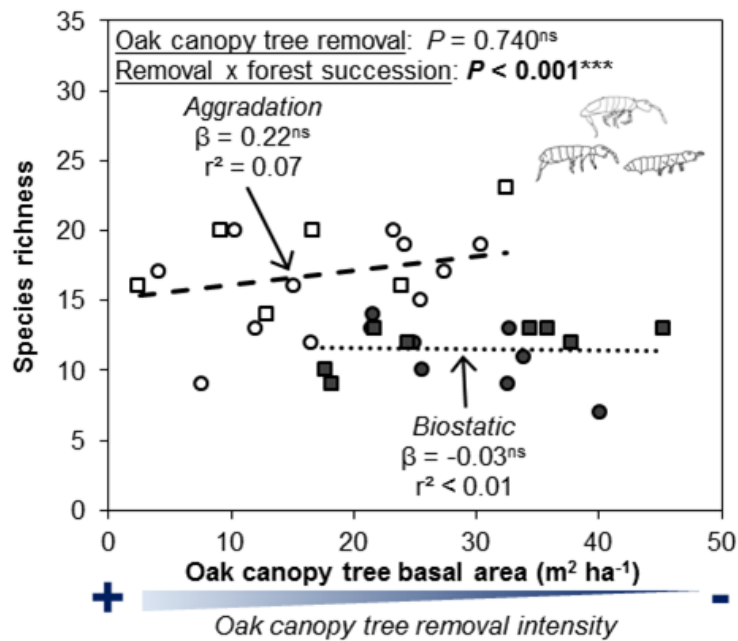
Annexes



Annexes

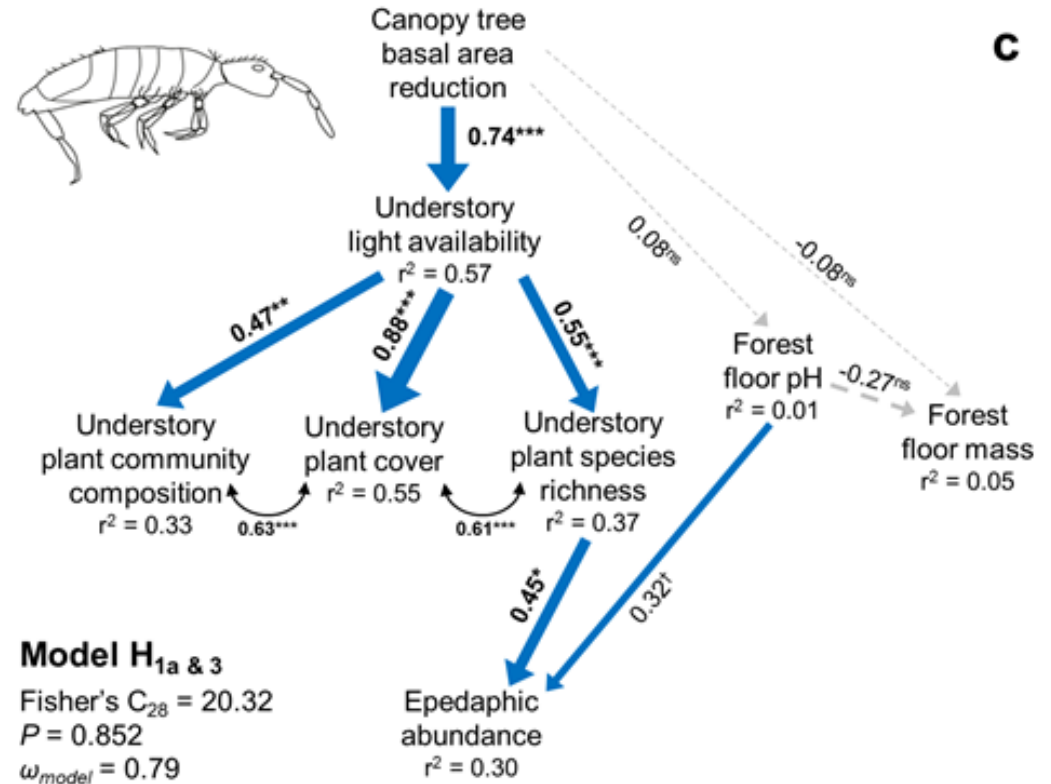
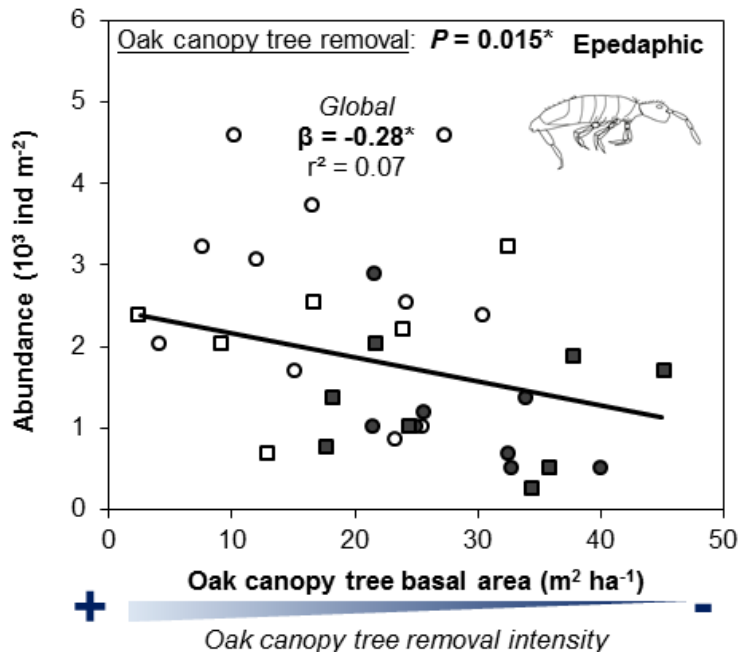


Annexes

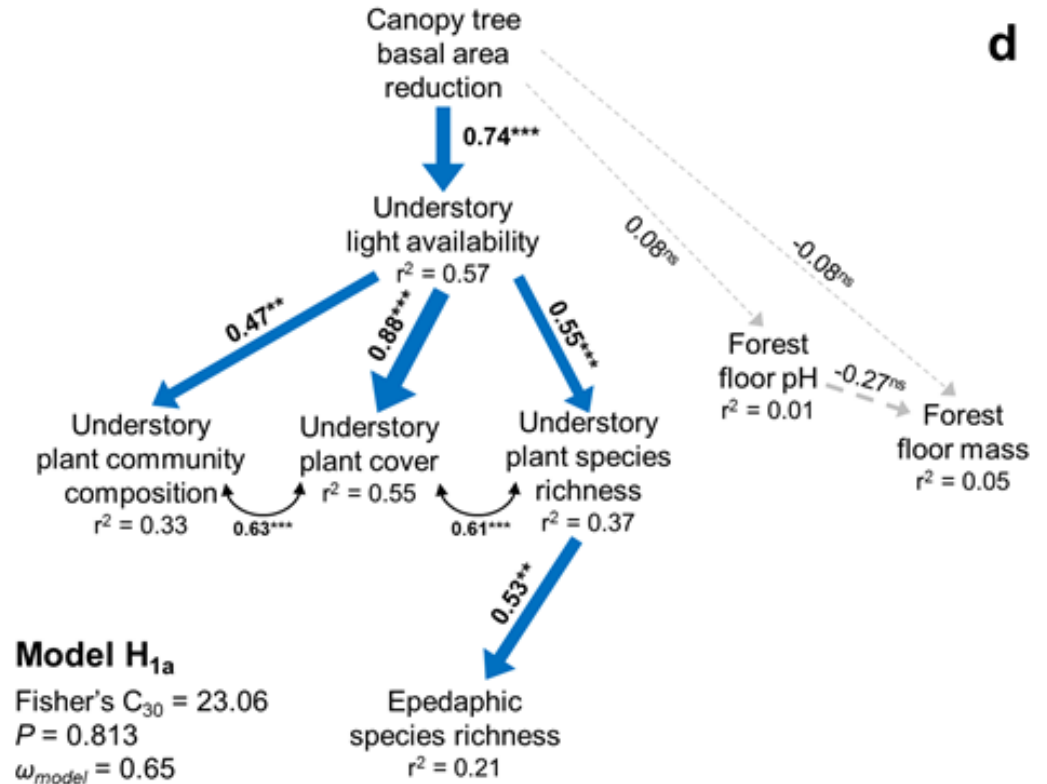
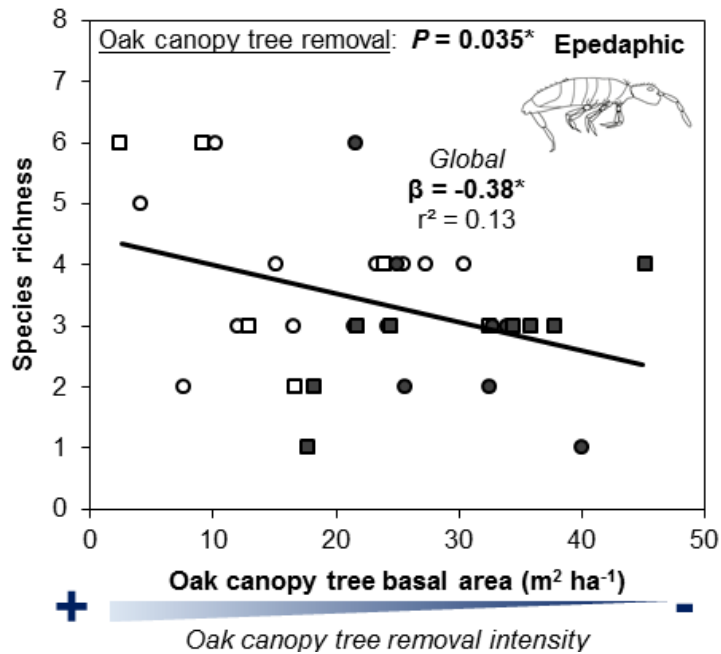


b

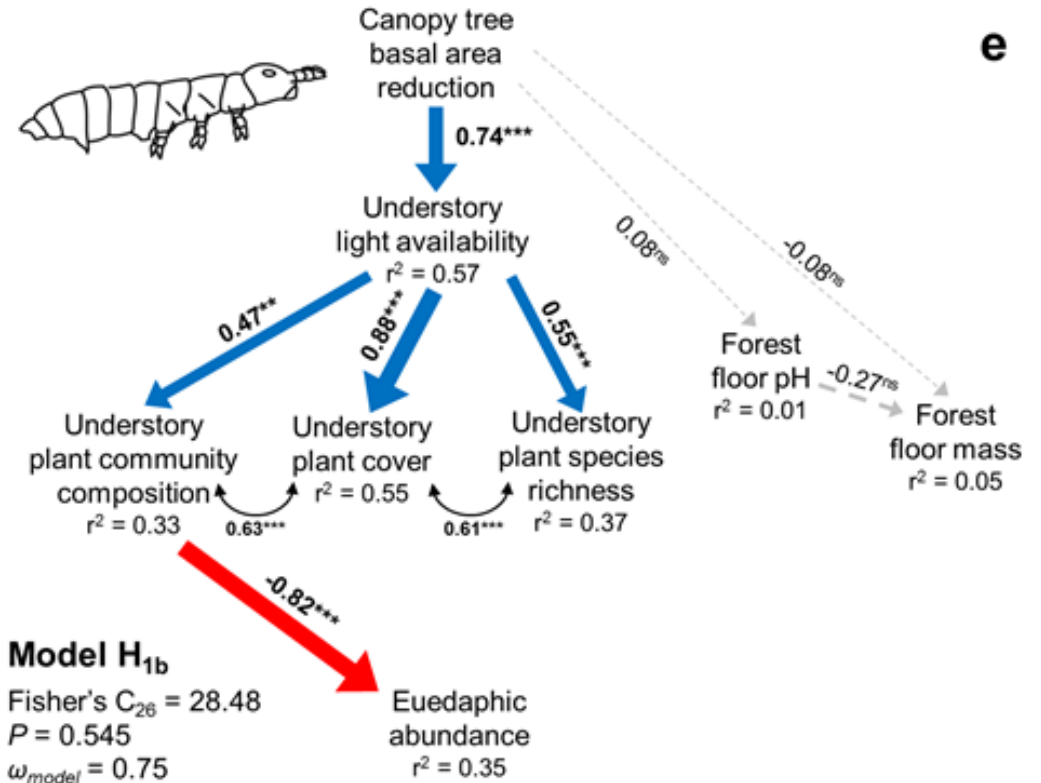
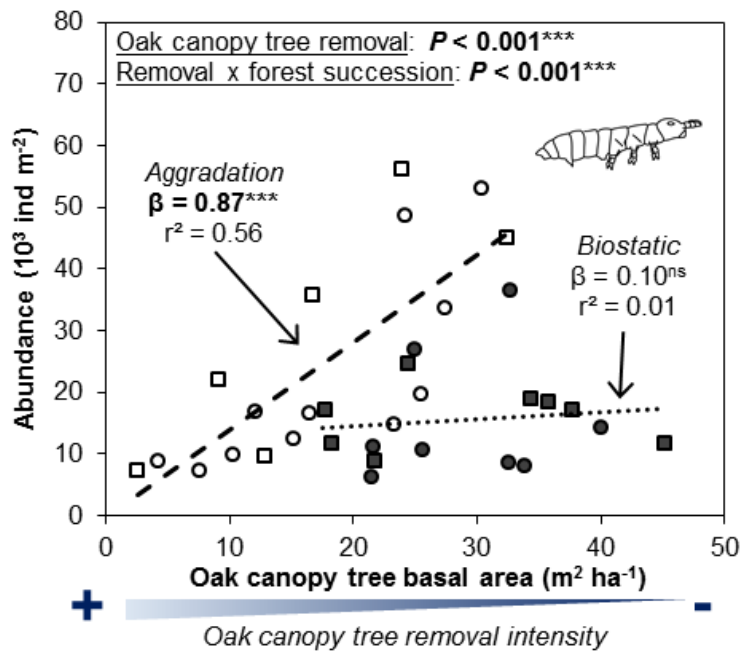
Annexes



Annexes



Annexes



Annexes

