

Sol et pérennité des prairies : un cercle vertueux



G. Pérès¹,

K. Hoeffner², F. Vertès¹, D. Cluzeau²

(1) Institut Agro, INRAE, SAS, 35000 Rennes, France

(2) Université Rennes 1, CNRS, ECOBIO, 35000 Rennes France

Context

Pérennité d'une prairie : capacité à maintenir des fonctions et des services : approvisionnement (quantité, qualité des fourrages) et services de régulation (régulation hydrique, régulation climatique, conservation de la biodiversité).

Sol

Chimique

- MO
- CEC
- pH



Physique

- Texture
- Densité apparente



Biologique

- Microorganismes
- Faune



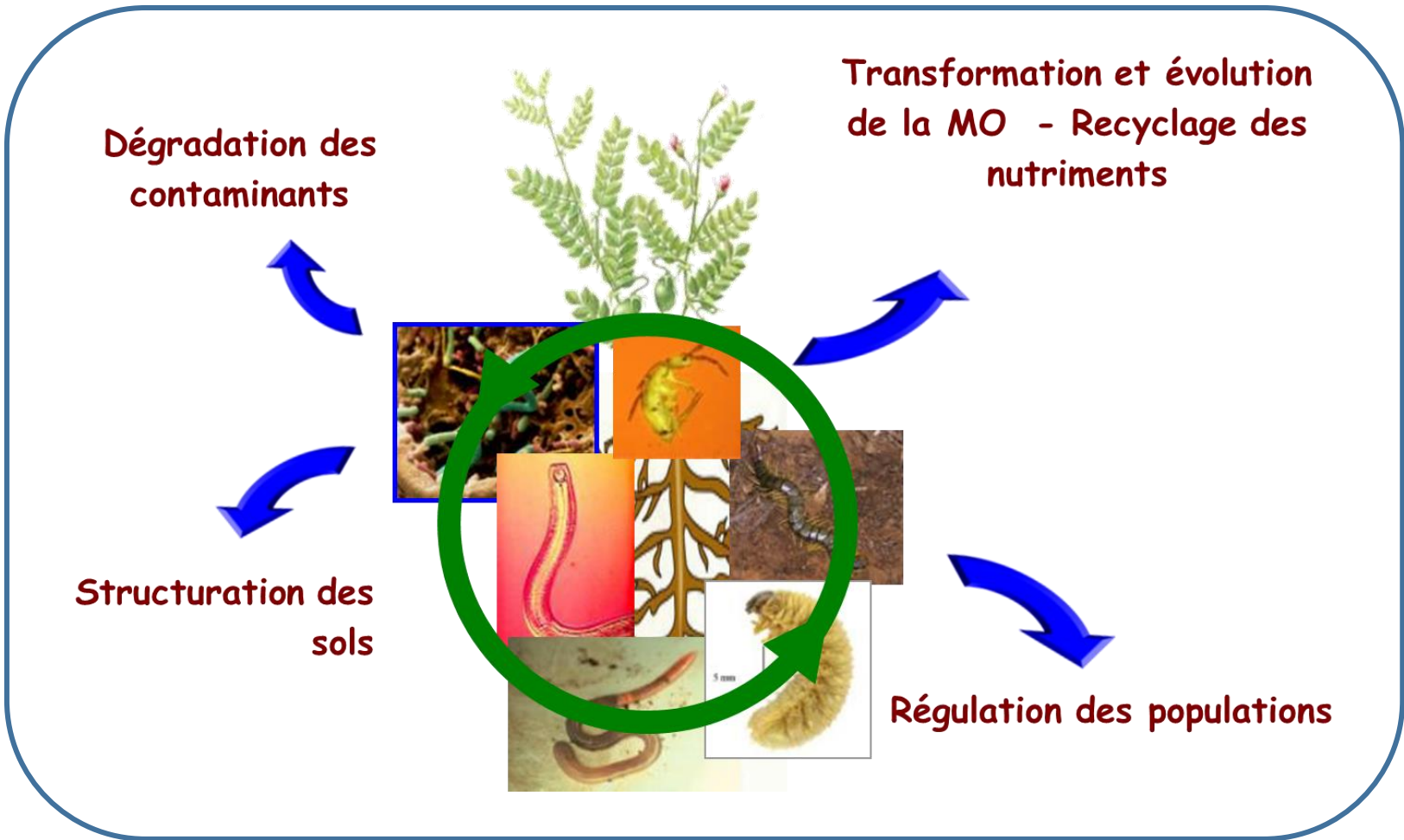
Prairie



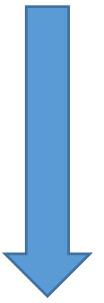
Boucles rétro-action

Context

Les 4 grandes fonctions biologiques



Préserver la biodiversité des sols



Pérennité de la prairie

Context

Sol



Partie A



Prairie



Boucles
rétro-action

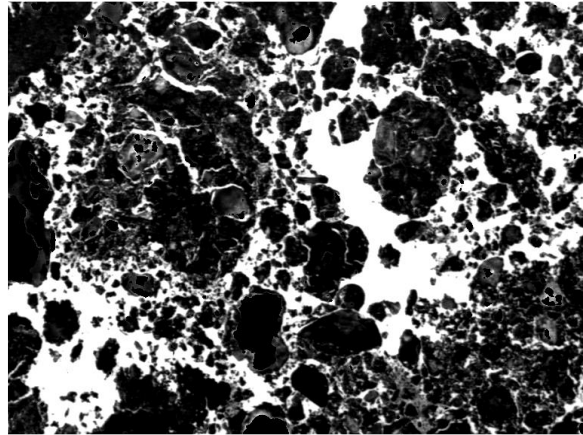
Partie B



A – 1) Effet des propriétés physique des sols sur prairie



Structure des sols



Niveau de compaction
(densité apparente)



Infiltration

Rétention en eau

Transfert oxygène

Activité microbienne

Dynamique des nutriments

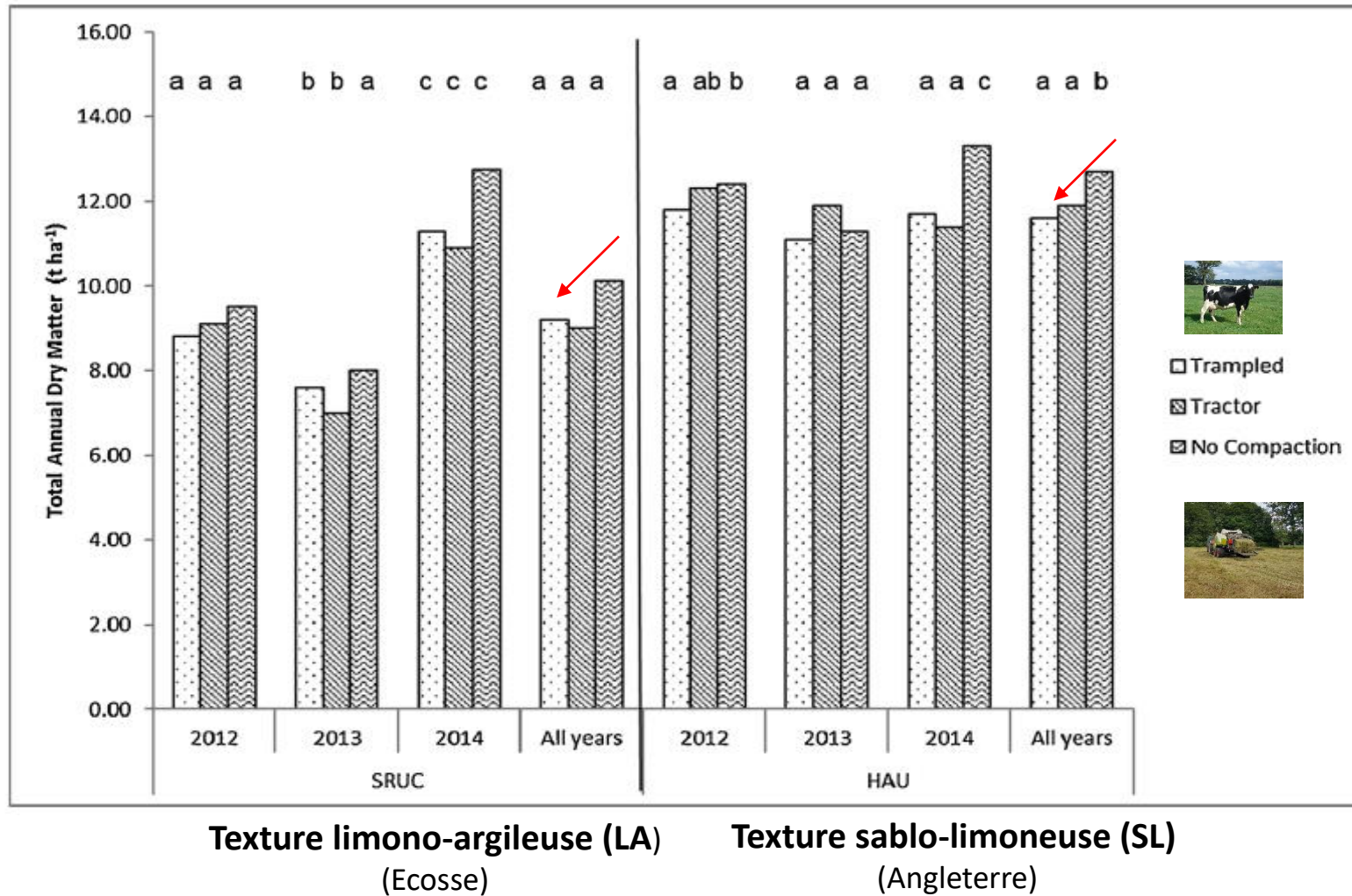
plante

Développement
racinaire

Accès et
absorption des
éléments

A- 1) Effet des propriétés physique des sols sur prairie

❖ Effet de la compaction sur rendements (t/ha)



Effet Compaction

Pâturage : -7.8%

Engins : -7.4%

Effet texture

limono-argileuse (LA), sablo-limoneuse (SL)

Pâturage

Texture LA : -8.4% vs SL: -7.2%

Engins

Texture LA : -10% vs SL: -4.8%

➔ Plus grande fragilité des textures plus fines

Variabilité temporelle

* Variabilité annuelle

* Variabilité saisonnière

Mai

Pâturage : -19%

Engins : -37.7%

Hargreaves et al., 2019

A – 2) Effet des propriétés biologiques des sols sur prairie

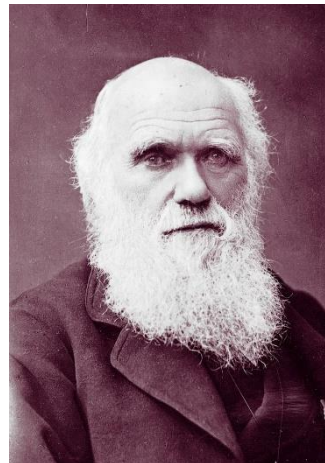
Quels organismes agissent sur la structuration des sols ?



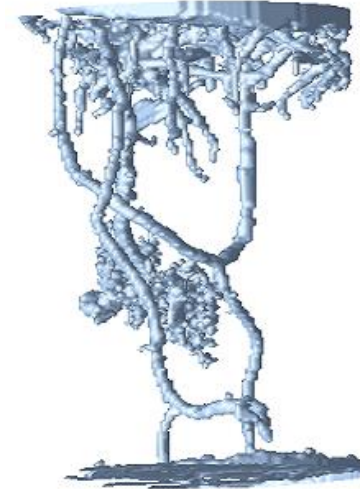
Vers de terre
=
Ingénieurs physiques du sol
(Jones et al., 1994; Pulleman et al., 2012)



Vers de terre = intestins des sols
(Aristote, Antiquité)



Vers de terre = laboureurs des sols
(Darwin, 1884)



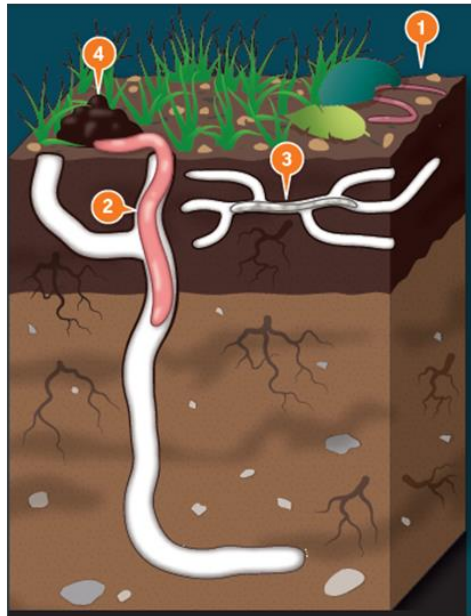
A – 2) Effet des propriétés biologiques des sols sur prairie

ENDOGES (3)

Individus de taille petite à moyenne 1-20 cm

- Creusent galeries temporaires, ramifiées
- Déposent leur déjections dans leur galeries

→ Amélioration de la rétention



EPIGES (1)

Individus de petite taille, 1-5 cm vivant à la surface du sol dans amas organiques.

→ Acteur très important dans l'évolution de la MO (lombricompostage)



ANECIQUES (2)

Individus de grande taille 10-110 cm

- Creusent galeries verticales, permanentes, ouvertes à la surface → Amélioration de l'infiltration
- Mélangent MO et MM → Enrichissement du sol en MO
- Déposent déjections à la surface → Réduction de l'érosion



Épi-anéciques

Anéciques stricts



↑ Capacité rétention

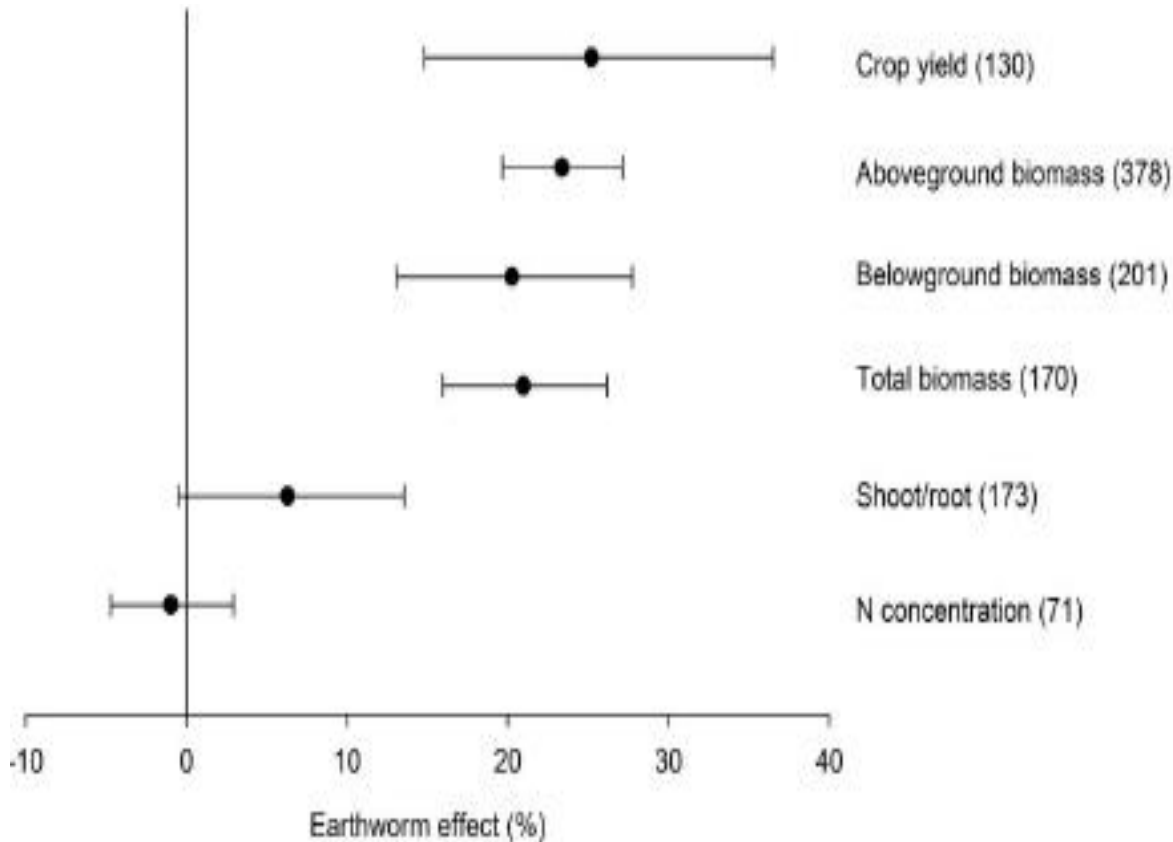
↑ Dynamique des nutriments

↑ Infiltration

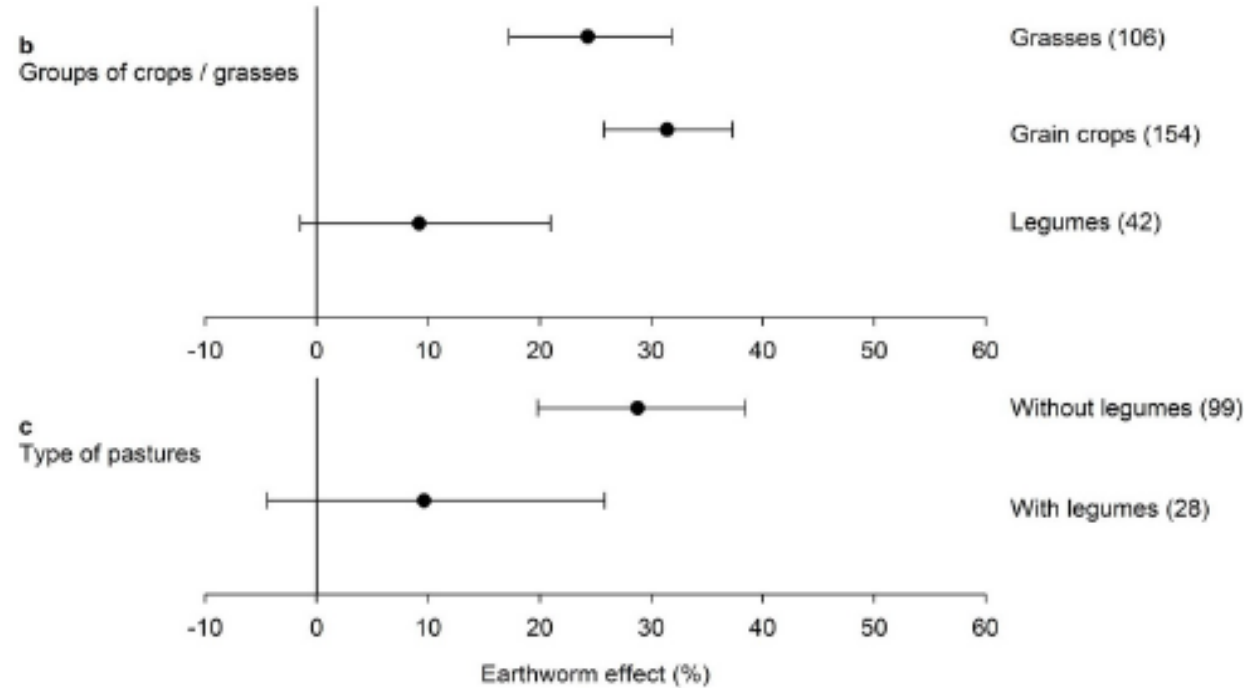
↑ Régulation des pathogènes

A- 2) Effet des propriétés biologiques des sols sur prairie

❖ Effet de la présence de lombriciens sur rendements (t/ha) – Méta analyse (462 données)



+ 25 % toute production confondue
+23% biomasse aérienne



+ 24 % en prairie (vs 31% céréales)
Effet d'autant plus marqué sans légumineuse
+30% vs 10%

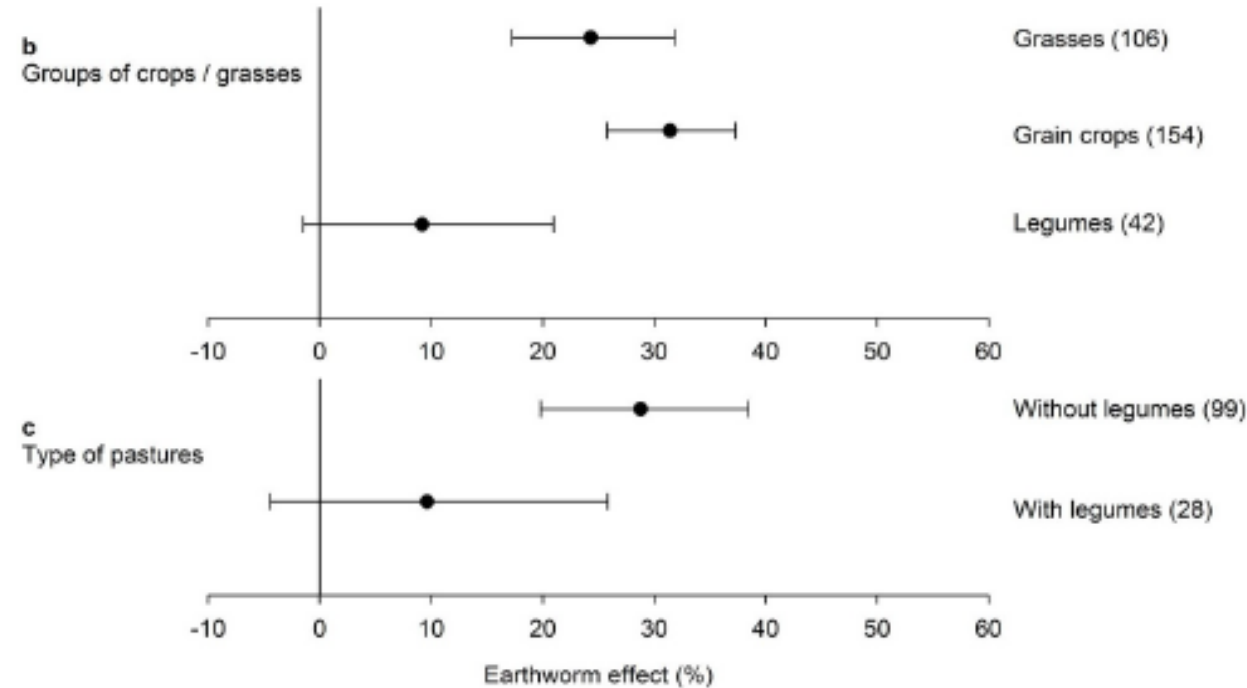
Van Groenigen et al., 2016

A- 2) Effet des propriétés biologiques des sols sur prairie

❖ Effet de la présence de lombriciens sur rendements (t/ha) – Méta analyse (462 données)

Effet conditionné par

- ❖ la densité lombricienne
 - ➔ l'intensité de l'effet positif est corrélé à la densité
- ❖ la structure écologique
 - ➔ les anéciques ont un effet positif supérieur à celui des endogés et des épigés (respectivement >30%, 25%, <20%)
- ❖ la fertilisation azotée
 - ➔ l'effet positif de la présence des lombriciens est plus importante sous une faible fertilisation (< 30 kg N/ha/an) que sous une fertilisation plus importante (respectivement : 20% vs <10%)
- ❖ la texture
 - ➔ l'effet positif est d'autant plus important que le sol présente une texture fine (argileuse > limoneuse > sableuse).



+ 24 % en prairie (vs 31% céréales)

Effet d'autant plus marqué sans légumineuse

+30% vs 10%

Van Groenigen et al., 2016

Context

Sol



Partie A

Prairie

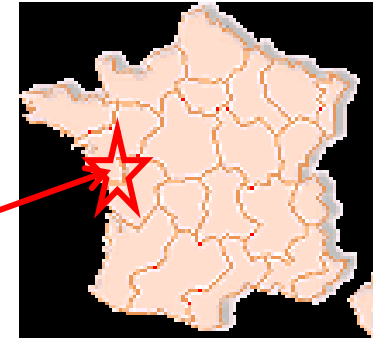
Boucles
rétro-action



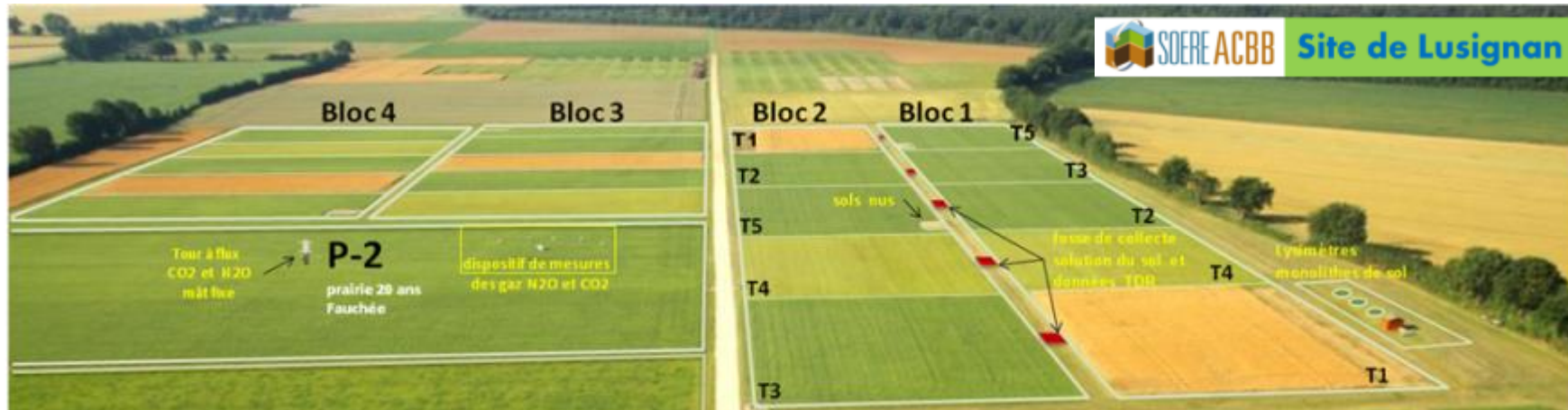
Partie B

B- 1) Effet sur le sol de l'introduction de prairie dans rotation culturale

❖ Essai SOERE ACBB Lusignan – **Prairies fauchées**



Lusignan
(Poitiers)



- T1 : culture rotation maïs grain-orge-blé
- T2 : 3 ans culture/3 ans prairie (230 k N/ha)
- T3 : 3 ans de culture/6 ans de prairie (230 k N/ha)
- T4 : 3 ans de culture/6 ans de prairie (-N; 30 k N/ha)
- T5 : prairie permanente (230 k N/ha)



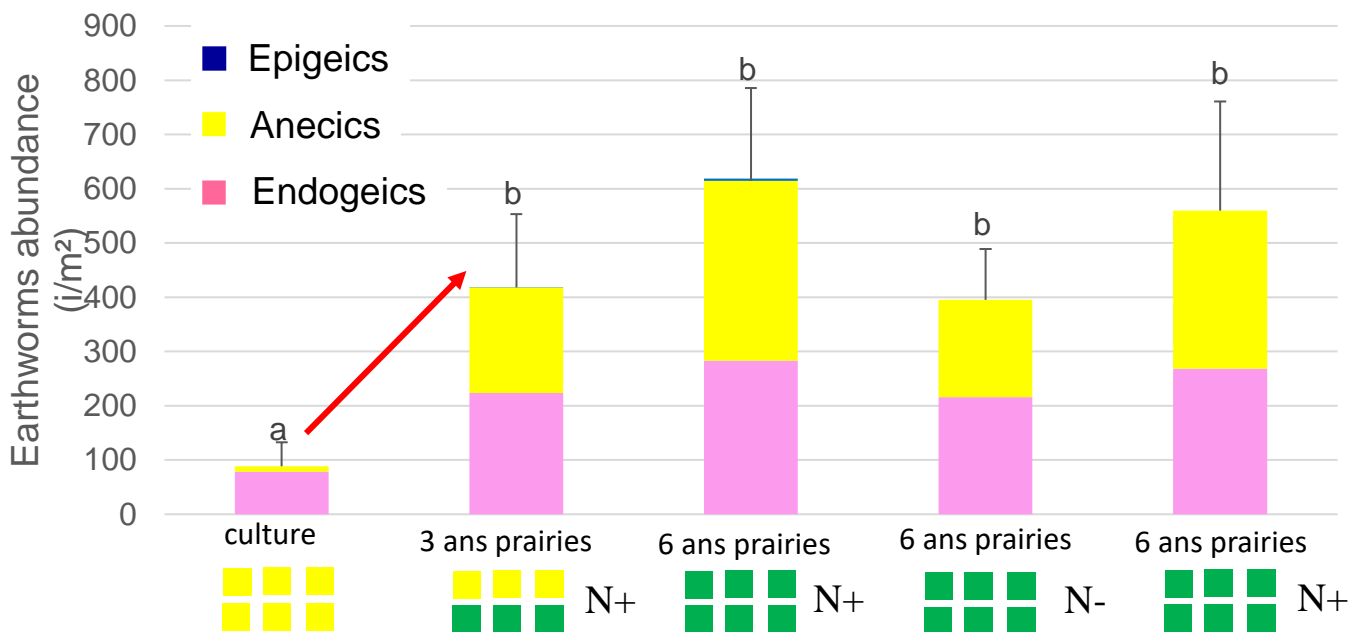
Hoeffner et al., 2022

B- 1) Effet sur le sol de l'introduction de prairie dans rotation culturale

❖ Essai SOERE ACBB Lusignan – Prairies fauchées



Abondance lombricienne, 2011 (+ 6 années)



Dès 3 ans prairie dans rotation :

- ↗ abondance (facteur 4.8)
- ↗ biomasse (facteur 8.3)
- ↗ Richesse spécifique (+ 5 nouvelles espèces)
- ↗ Espèces Anéciques

➔ Réel intérêt de la prairie dès 3 ans pour restauration des communautés lombriciennes

Intérêt à allonger la prairie ($p > 0.01$)

Intérêt à fertilisation ($p > 0.01$)

➔ Rapidité de la réponse lombricienne

(Hoeffner et al., 2021)

B- 1) Effet sur le sol de l'introduction de prairie dans rotation culturale

❖ Essai Yvetot – Prairie pâturée

Projet ADEME « Bioindicateur2 »



PP
(Prairie permanente > 40ans)

GC (grande culture, blé/maïs)



SI

Prairies de restauration (1 an 1/2), implantées après un précédent de 6 années de culture ou 4 années



SII



SIII

Prairie remise en culture (Blé 1 an)

Prairies temporaires de 5 ans (alternées avec rotations maïs/blé)



SIV

Prairie 5 ans



Legras et al., 2011

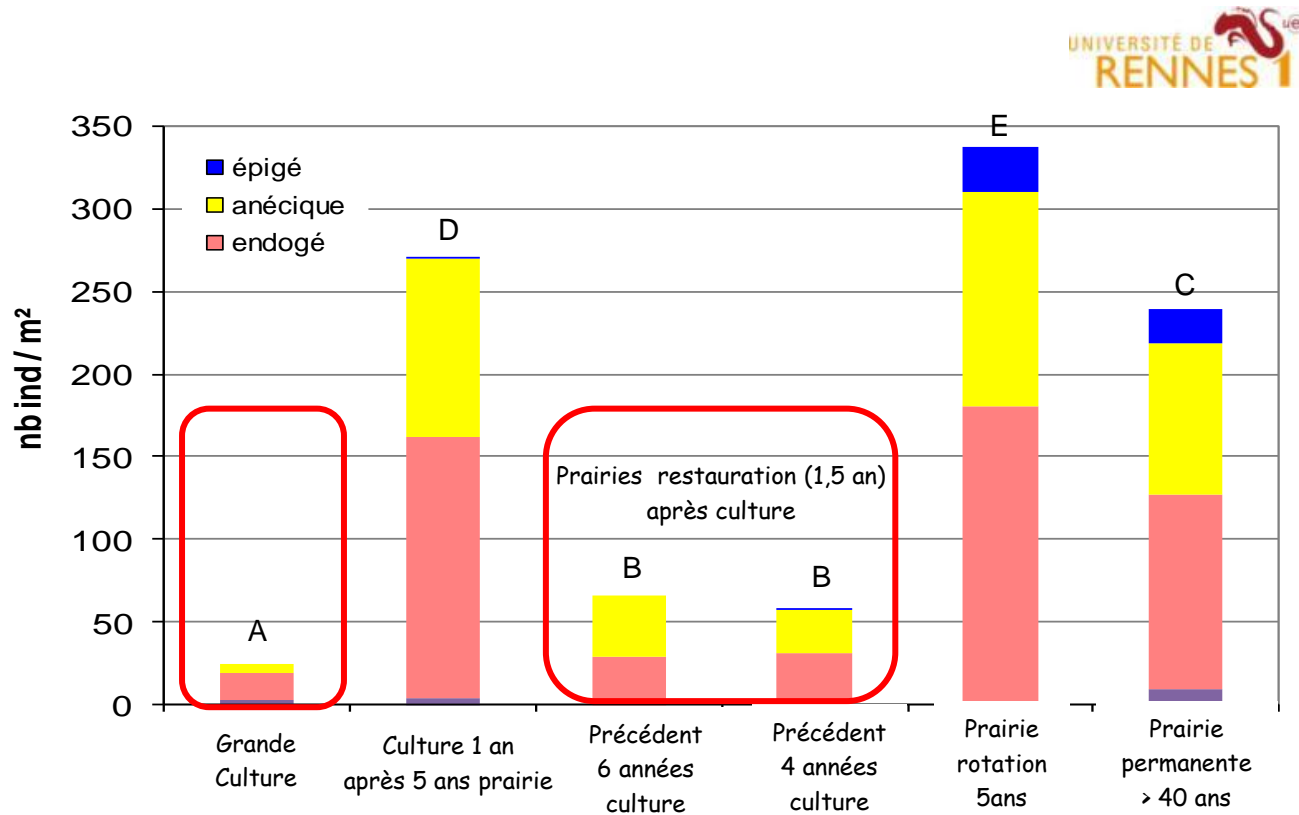
Pères G.



B- 1) Effet sur le sol de l'introduction de prairie dans rotation culturale

❖ Essai Yvetot – Prairie pâturée

➤ Abondance lombricienne (i/m²)



Dès 1,5 ans prairie

↗ abondance (facteur 2.5)

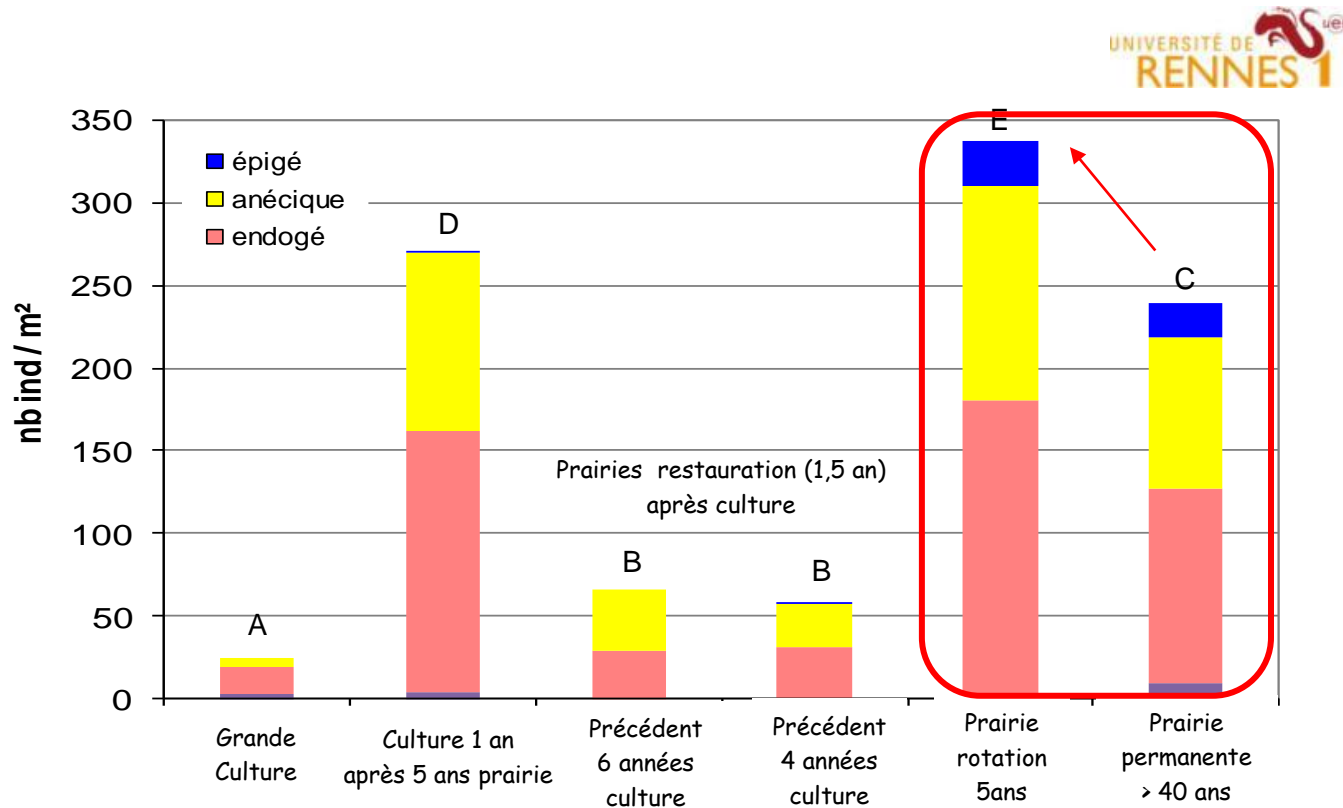
↗ Espèces Anéciques

➔ Confirmation de la vitesse de réponse lombricienne

B- 1) Effet sur le sol de l'introduction de prairie dans rotation culturale

❖ Essai Yvetot – Prairie pâturée

➤ Abondance lombricienne (i/m²)



Dès 1,5 ans prairie

↗ abondance (facteur 2.5)

↗ Espèces Anéciques

➔ Confirmation de la vitesse de réponse lombricienne

5 années de prairie vs Prairie Permanente

↗ abondance

↗ Espèces Anéciques, endogés, épigés

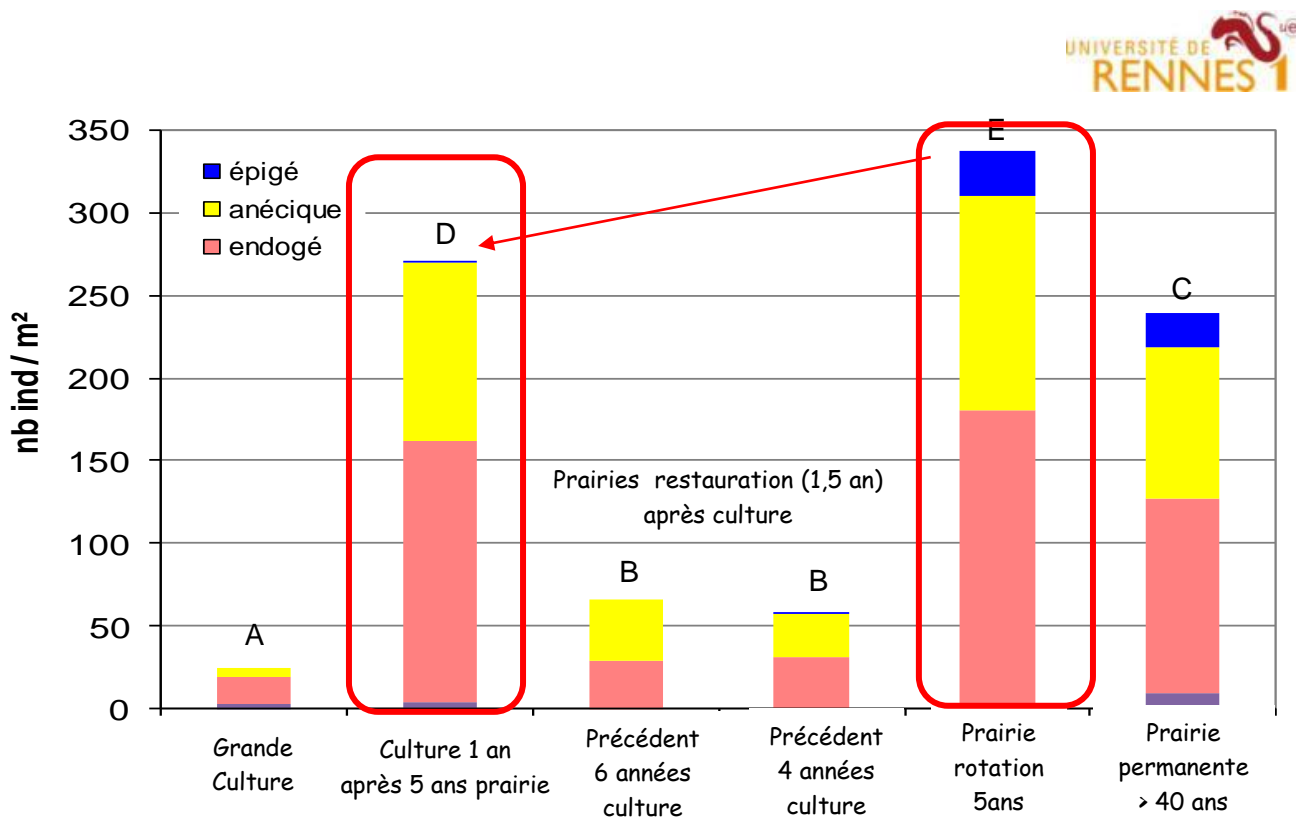
➔ Effet d'un sur-pâturage en PP

➔ Intérêt de « gérer » sa prairie

B- 1) Effet sur le sol de l'introduction de prairie dans rotation culturale

❖ Essai Yvetot – Prairie pâturée

➤ Abondance lombricienne (i/m²)



Dès 1,5 ans prairie

↗ abondance (facteur 2.5)

↗ Espèces Anéciques

➔ Confirmation de la vitesse de réponse lombricienne

5 années de prairie vs Prairie Permanente

↗ abondance

↗ Espèces Anéciques, endogés, épigés

➔ Effet d'un sur-pâturage en PP

Mise en culture après 5 années de prairie

↘ abondance

↘ Epigés, anéciques

➔ Pas de remise à « zéro »

Pérès et al., in Legras et al., 2011

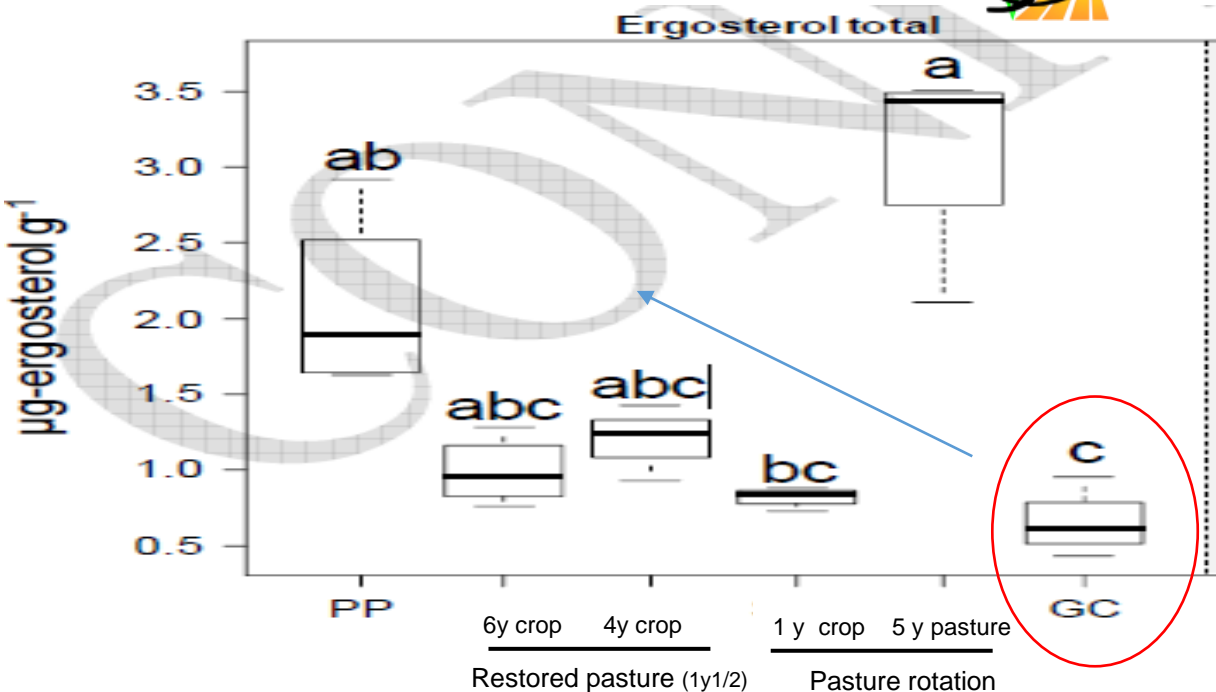
B- 1) Effet sur le sol de l'introduction de prairie dans rotation culturale



Projet ADEME « Bioindicateur2 »

❖ Essai Yvetot – Prairie pâturée

➤ Densité fongique



Gatin et al., in Legras et al., 2011

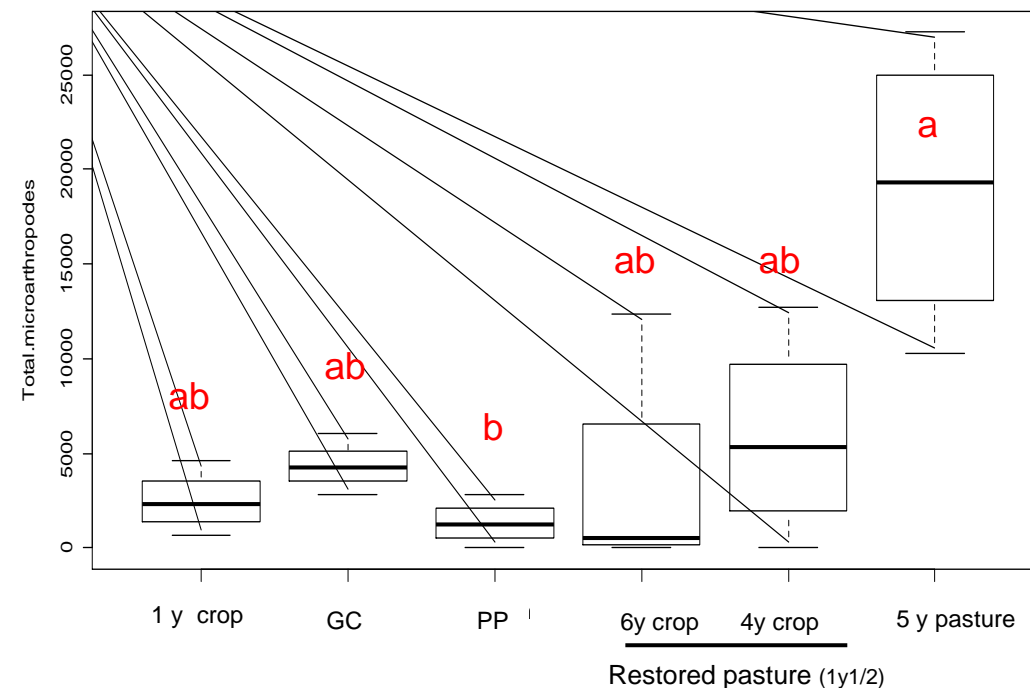
Effet positif des prairies

- Effet positif de 5 années de prairie, ou PP
- ➔ Un délai de réponse en fonction des taxa

➤ Abondance de micro-arthropode

P = 0,033

Nancy-Université
INPL



Corted, in Legras et al., 2011

Effet délétère des Prairies permanentes

➔ Intérêt de la gestion des prairies

B- 1) Effet sur le sol de l'introduction de prairie dans rotation culturale

Approche multi-paramètres
Effet sur les services écosystémiques

SoilMan

Ecosystem services of soil biota in agriculture

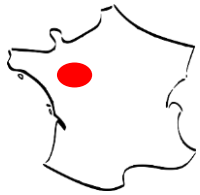
Effet de l'introduction de prairies sur les SE du sol ?
Peut-on observer un effet hérité des prairies dans la rotation ?



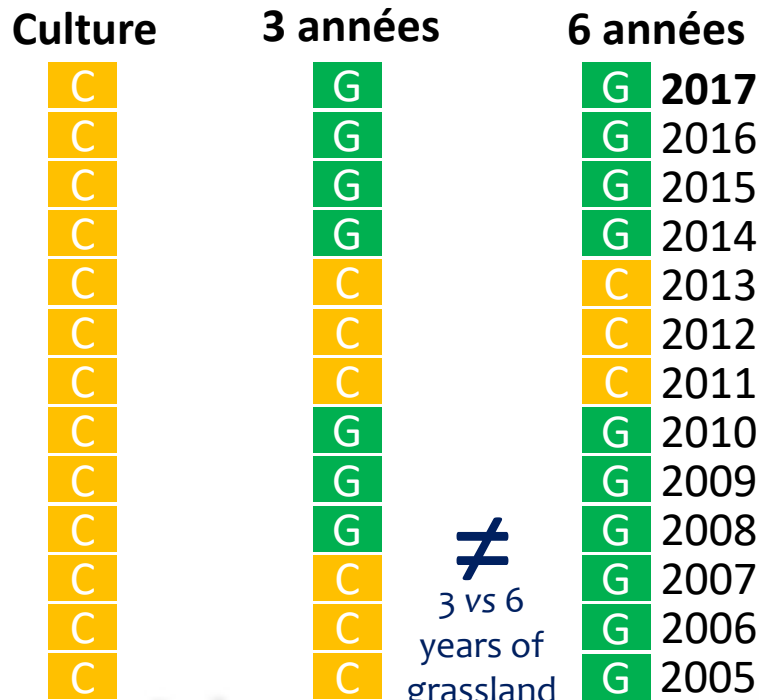
Legacy effects of temporary grassland in annual crop rotation on soil ecosystem services

Kevin Hoeffner^{a,b,*}, Anneke Beylich^c, Abad Chabbi^{d,e}, Daniel Cluzeau^b, Dumitrita Dascalu^f, Ulfert Graefe^g, Gema Guzmán^h, Vincent Hallaireⁱ, Jörg Hansch^j, Blanca B. Landá^k, Deborah Linster^l, Safja Menasseri^m, Maarja Opikⁿ, Martin Potthoff^o, Mignon Sandor^p, Stefan Scheu^q, Rüdiger M. Schmelz^r, Ilka Engel^s, Stefan Schrader^t, Tanel Vahter^u, Martin Banse^v, Annegret Nicolai^{ab}, Elke Plas^{ab}, Tania Runge^l, Tomas Roslin^h, Marie-Laure Decau^g, Siim-Kaarel Sepp^l, Luis F. Arias-Giraldo^g, Sylvain Busnot^g, Marc Roucaute^g, Guénola Pérès^g

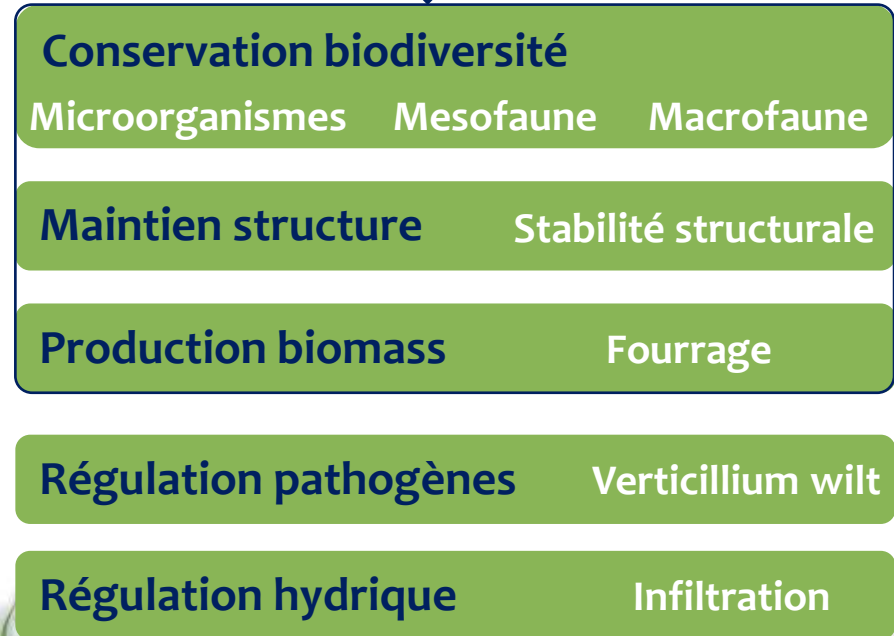
❖ Essai SOERE ACBB Lusignan – **Prairies fauchées**



maïs grain-orge-blé



5 services écosystémiques



B- 1) Effet sur le sol de l'introduction de prairie dans rotation culturale

Micro-organisms	Effet prairie	Effet Héritage
Biomasse microbienne	✓ +19%	✓ +14%
Activité microbienne		✓ ≈ -17%
Diversité fongique		✓ -19%
Diversité bactérienne	✗	✗
Diversité AMF		✓ +29%

Meso-fauna	Grassland effect	Legacy effect
Abond. Enchytreides	✓ +/-?	✓ +40%
Struc. fonctionnelle Ench.	✓ -91%	✓ +84%
Abond. Collembola	✗	✗
Struc. fonctionnelle Collemb.	✓ +71%	✓ +82%

Macro-fauna	Grassland effect	Legacy effect
Abundance lombricienne	✓ +34%	✗
Struc. fonct lombricienne	✓ ≈ +66%	✗

Soil Maintenance	Grassland effect	Legacy effect
Stabilité structurale		✓ +30%

Food provision	Grassland effect	Legacy effect
Rendement		✗

- ❑ Effet prairies et effet hérité des prairies pour plusieurs services écosystémiques
- ❑ Pas d'effet sur régulation hydrique
- ❑ Effet sur conservation de la biodiversité se voit à différents niveaux : abondance, biomasse, structure fonctionnelle
- ➔ Intérêt de caractériser les communautés
- ❑ Durée de la prairie (3 vs 6) :
 - Pas d'effet sur production fourragère
 - Pour certains aspects, il y a un réel intérêt à préserver 6 années : Biomasse microbienne : +14%



B- 2) Effet du pâturage sur le sol – Communautés lombriciennes



Theix



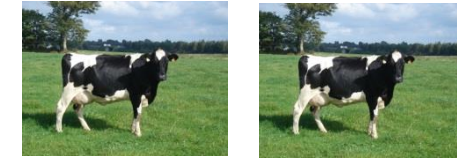
Manager F. Louault

Dates de prélèvement : 2006 (T0), 2008, 2011, 2019

- Design : 2 blocks (I & II) * 2 sub-blocks

- 5 treatments :

pression « forte » (BO+) 1.46 UGB/ha



faible pression (BO-) 0.73 UGB/ha



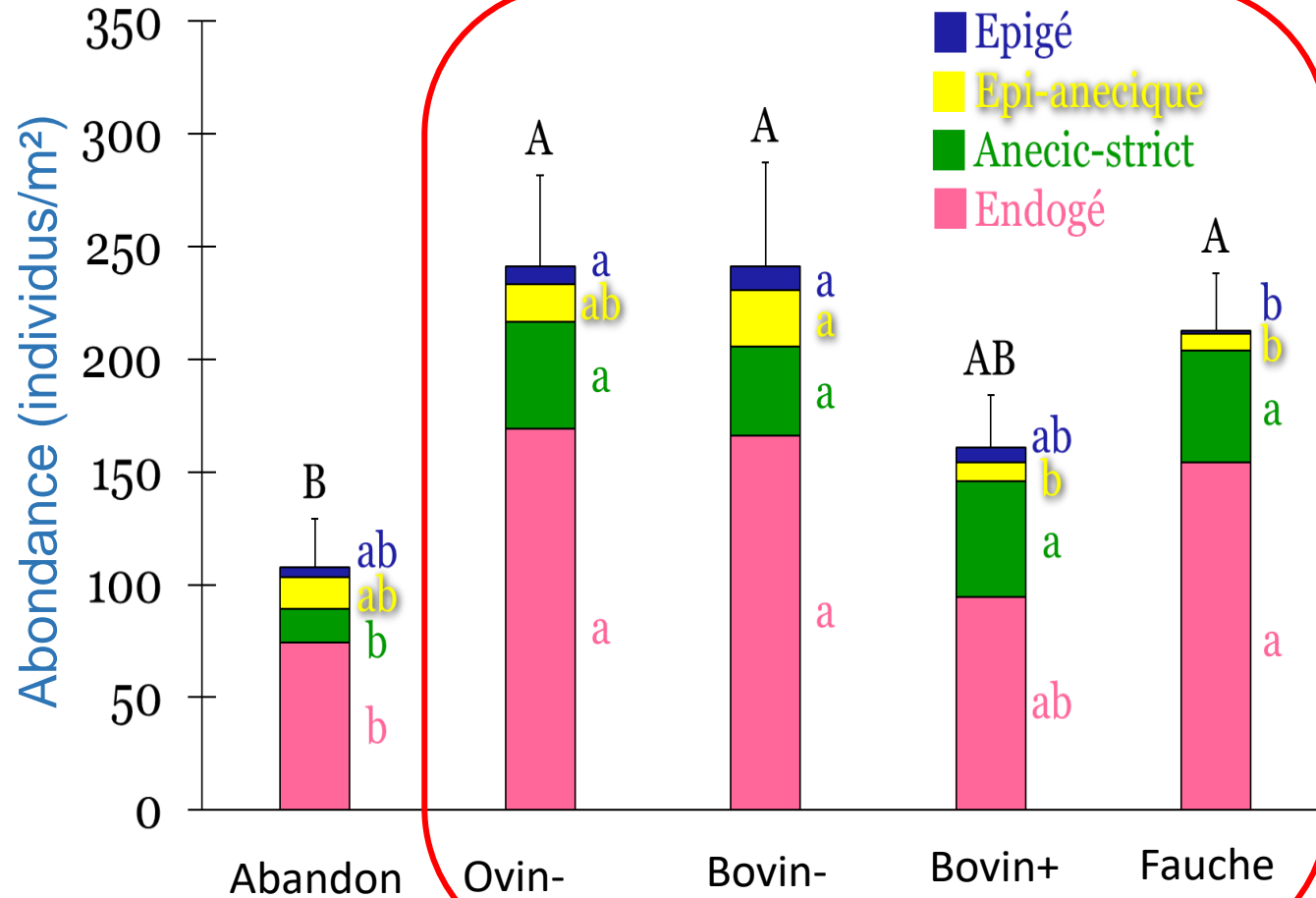
(basalte) faible pression (OV-) 0.73 UGB/ha



Abandon (Ab); Fauche - (F_{zero})

B- 2) Effet du pâturage sur le sol – Communautés lombriciennes

F-value = 4.81, P-value = 0.007



Présence d'animaux ou fauche :
↗ **abondance (idem. biomasse)**

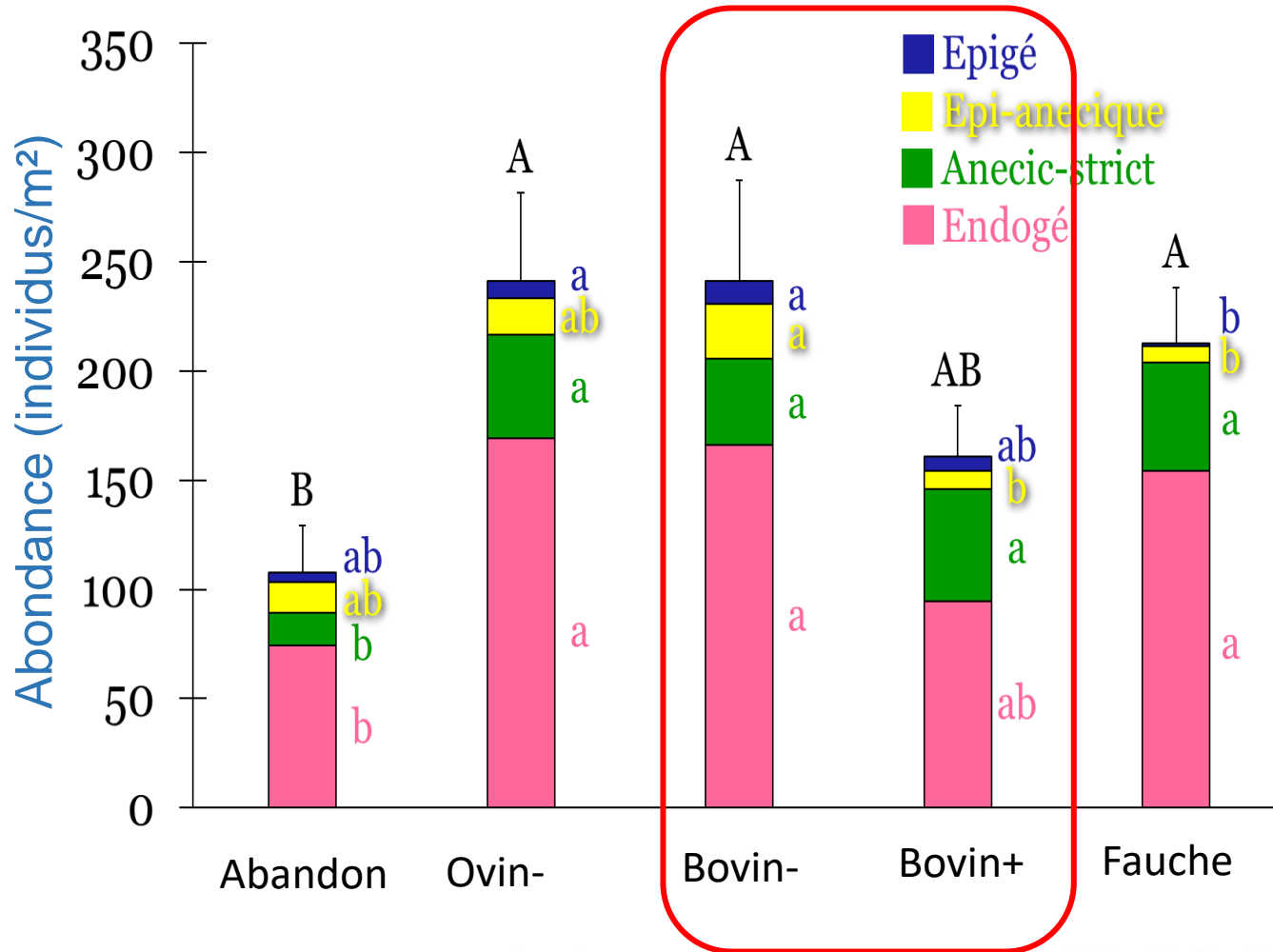
→ Apport de fèces par animaux

→ Meilleure digestibilité des végétaux

→ Densité mât racinaire

B- 2) Effet du pâturage sur le sol – Communautés lombriciennes

F-value = 4.81, P-value = 0.007



Présence d'animaux ou fauche :
 ↗ **abondance (idem. biomasse)**

→ Apport de fèces par animaux

→ Meilleure digestibilité des végétaux

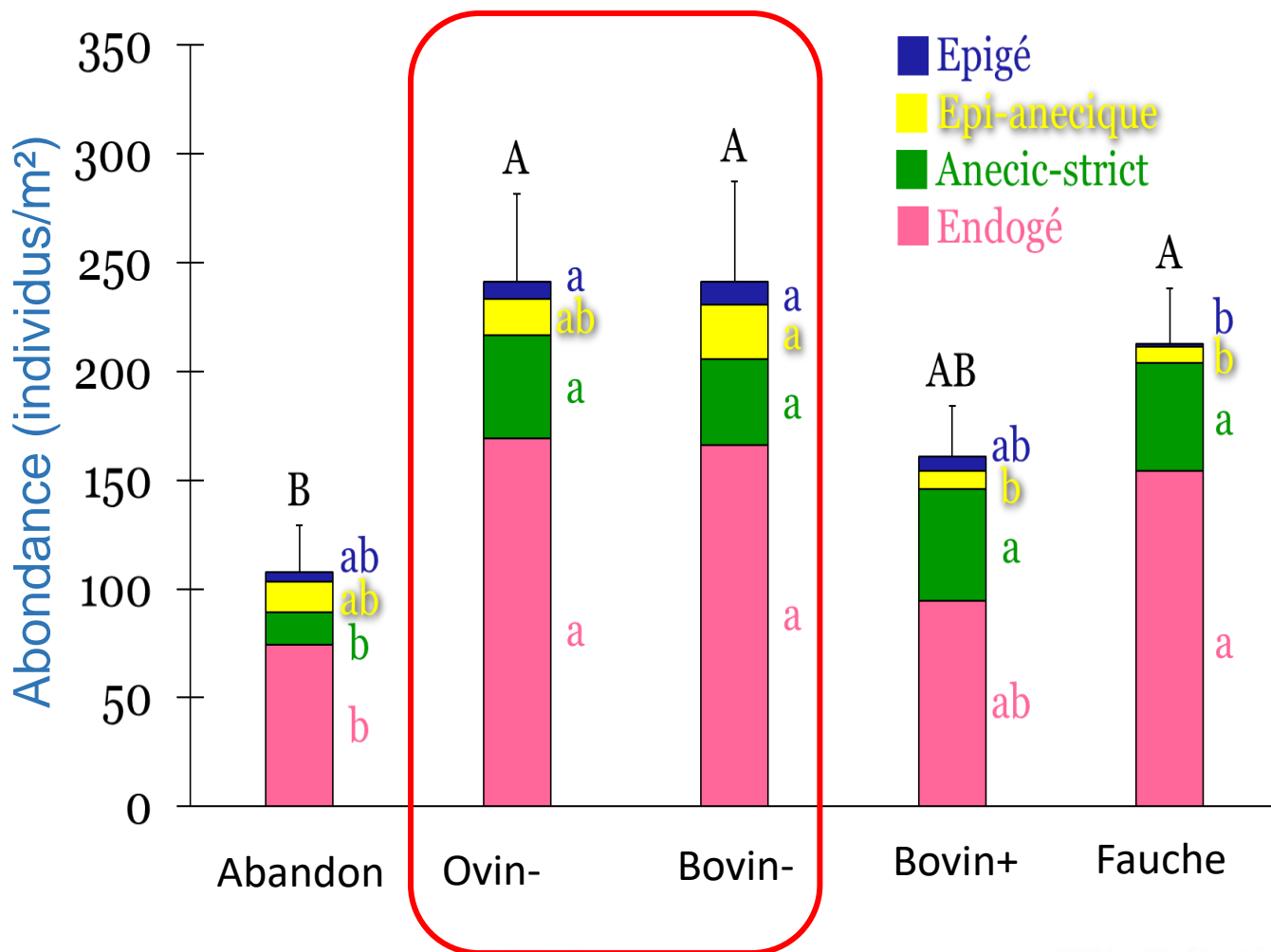
→ Densité mât racinaire

Hausse chargement: ↘ **abondance**
 (p>0.01)

→ Effet du piétinement

B- 2) Effet du pâturage sur le sol – Communautés lombriciennes

F-value = 4.81, P-value = 0.007



Présence d'animaux ou fauche :
↗ **abondance (idem. biomasse)**

→ Apport de fèces par animaux

→ Meilleure digestibilité des végétaux

→ Densité mât racinaire

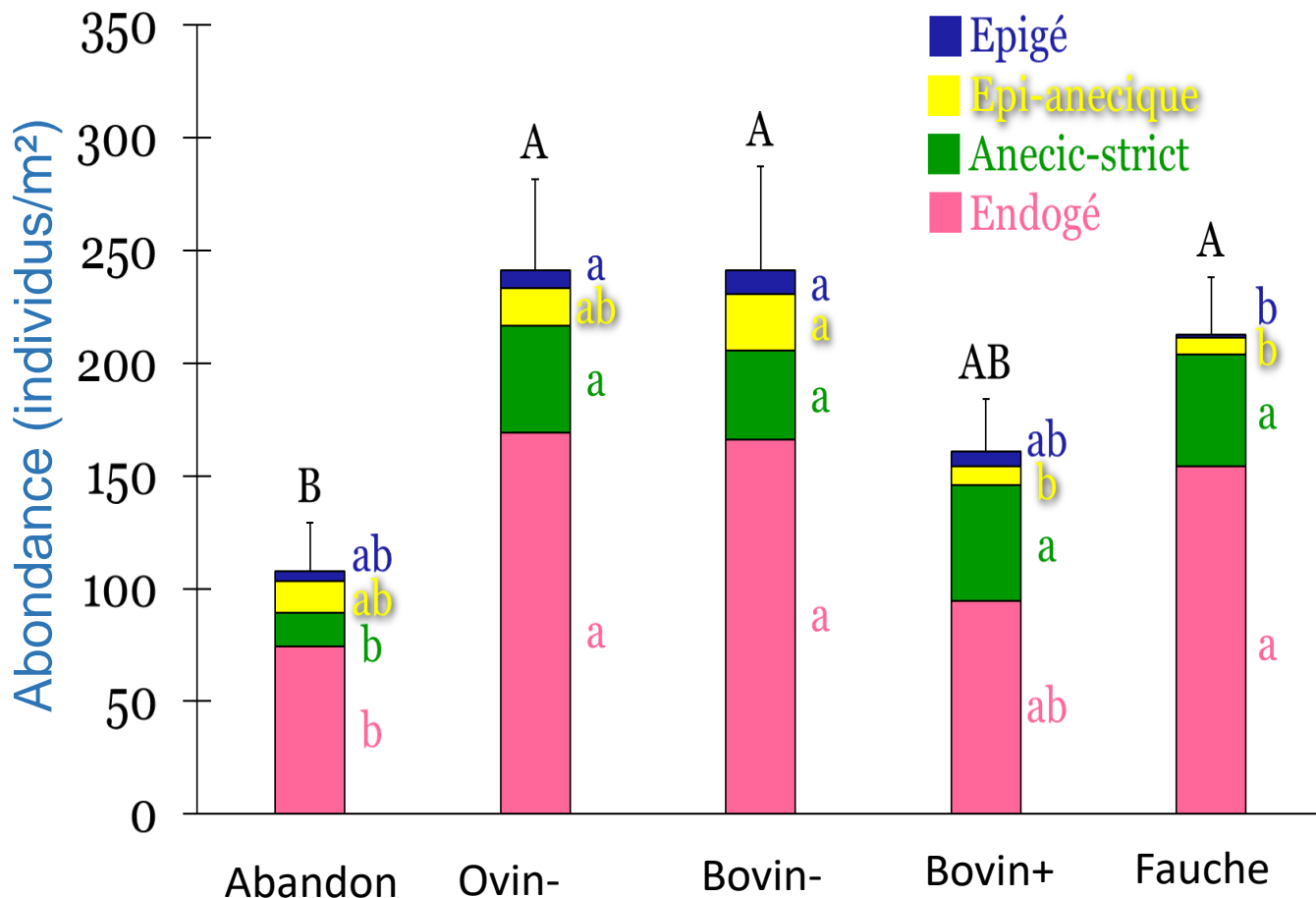
Hausse chargement: ↘ **abondance**
($p > 0.01$)

→ Effet du piétinement

Pas d'effet du type d'animaux

B- 2) Effet du pâturage sur le sol – Communautés lombriciennes

F-value = 4.81, P-value = 0.007



Présence d'animaux ou fauche :
↗ **abondance (idem. biomasse)**

→ Apport de fèces par animaux

→ Meilleure digestibilité des végétaux

→ Densité mât racinaire

Hausse chargement: ↘ **abondance**

→ Effet du piétinement

Pas d'effet du type d'animaux

Effet animaux ou fauche

↗ **Endogés**

↗ **Anéciques stricts**

B- 2) Effet du pâturage sur la biodiversité des sols

Austral
ECOLOGY A Journal of ecology in the Southern Hemisphere



[Explore this journal >](#)

The effects of sheep grazing on invertebrate numbers and biomass in unfertilized natural pastures of the New England Tablelands (NSW)

KATHLEEN L. KING, KEITH J. HUTCHINSON

First published: September 1983 [Full publication history](#)

DOI: 10.1111/j.1442-9993.1983.tb01322.x [View/save citation](#)

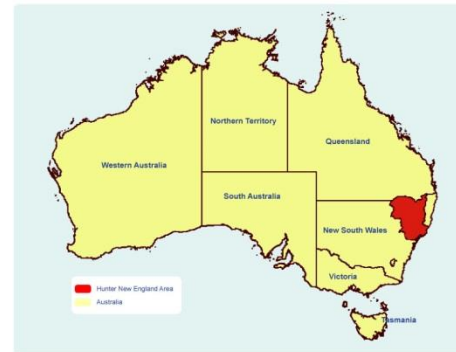
Cited by (CrossRef): 29 articles [Check for updates](#) | [Citation tools](#) ▼



King and Hutchinson, 1983.

The effects of sheep grazing on invertebrate numbers and biomass in unfertilized natural pastures of the New England Tablelands (NSW)

Figure 1. The Hunter New England Health Area of New South Wales, Australia



[View issue TOC](#)

Volume 8, Issue 3
September 1983
Pages 245–255

B- 2) Effet du pâturage sur la biodiversité des sols

Suivi pendant 2 années



10 sheep/ha



20 sheep /ha



30 sheep/ha

Invertébrés (ab, bm)



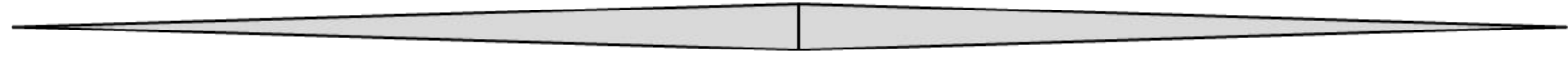
Microarthropods (collemboles, acariens)
(aundance, biomass)



Nematods, Enchytraeids



Larves carabes
Vers de terre



Fourmi



Activité des petits
décomposeurs



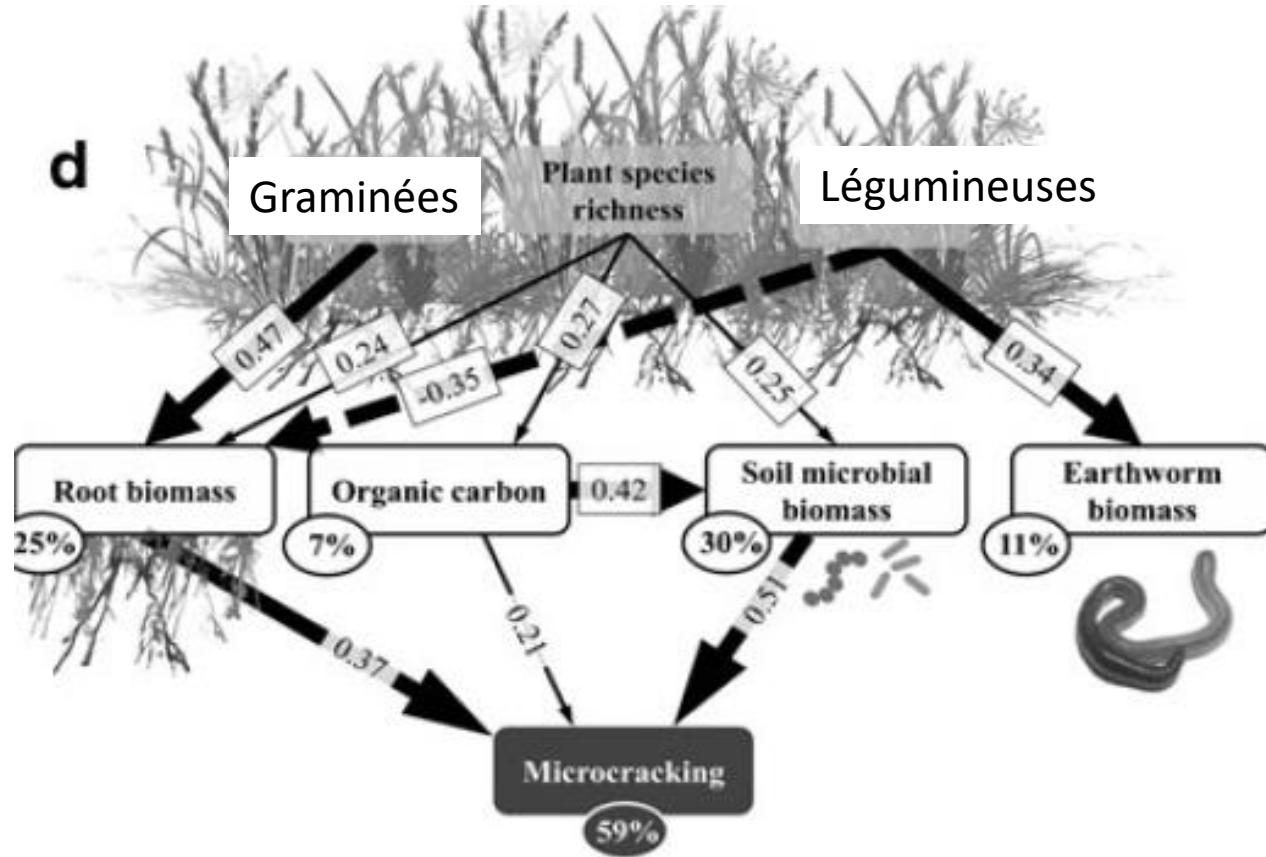
Vertical distribution de la
mésafauna

No effect of grazing activity (more individual et 0-5 cm depth)

➔ Effet variable du chargement sur biodiversité en fonction des organismes (niches écologiques)

B- 3) Effet de la diversité végétale sur le sol – stabilité structurale

Stabilité structurale du sol = proxi du risque à l'érosion



Diversité végétale
↗ stabilité structurale
↗ biomasse racinaire
↗ biomasse microbienne

Graminées
↗ biomasse racinaire

Légumineuses
↘ biomasse racinaire

➔ Réflexion sur la diversité prairiale qui doit s'inscrire sur vision globale du fonctionnement de la prairie

Pérès et al., 2013

Conclusion

❖ La pérennité des prairies (production fourragère, services environnementaux) va être conditionnée par plusieurs facteurs :

- la gestion des prairies (mécaniques, pâturage)
- la gestion du pâturage (chargement, période)
- la durée de prairie dans la rotation
- la fertilisation
- la préservation de la biodiversité et des services associés

❖ Pérennité conditionnée par les propriétés intrinsèques (texture) et climatiques

➔ Variabilité temporelle et spatiale

❖ Des leviers existent pour assurer la durabilité de ces systèmes prairiaux temporaires ou permanents.

