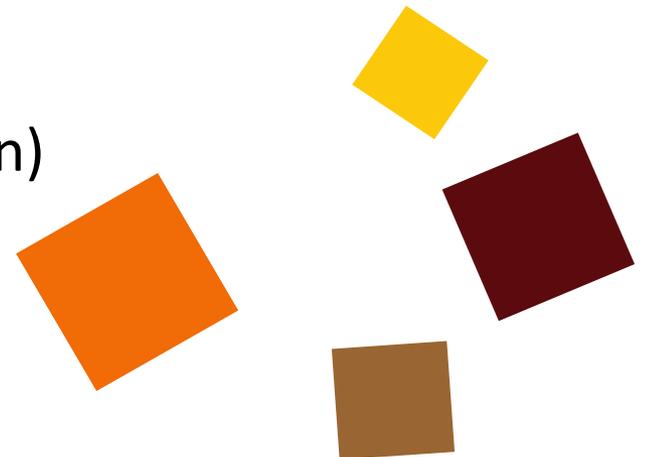


Les enjeux de l'agroécologie

Claire Marsden (UMR Eco & Sols)

Stéphane de Tourdonnet (UMR Innovation)



Objectifs du séminaire



- 3 entrées pour comprendre les enjeux de l'agroécologie :
 - D'où vient l'agroécologie ? En quoi est-ce une (r)évolution dans la manière de penser et d'agir en agriculture ?
 - Sur quel type de connaissances est fondée l'agroécologie ?
 - Comment l'agroécologie est-elle concrètement mise en œuvre sur le terrain ? En quoi cela répond (ou pas) aux enjeux actuels ?

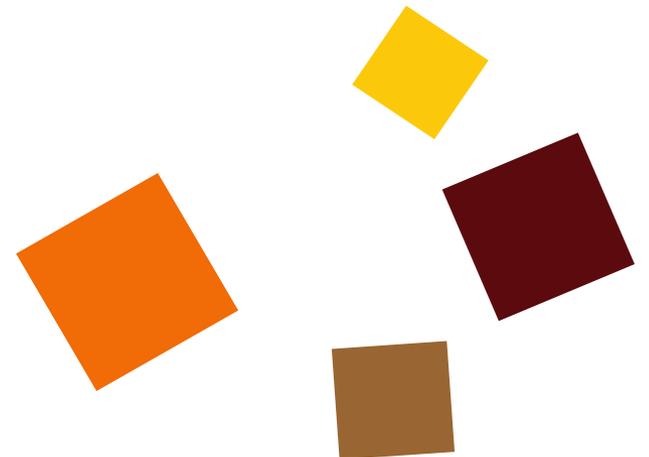
- 3 étapes dans l'exposé
 - Approche historique : de l'agronomie à l'agroécologie
 - Valoriser les processus écologiques : exemple du sol

DISCUSSION

- Reconcevoir les systèmes techniques : une diversité d'approches (zoom sur l'agroforesterie)

DISCUSSION

Approche historique : de l'agronomie à l'agroécologie

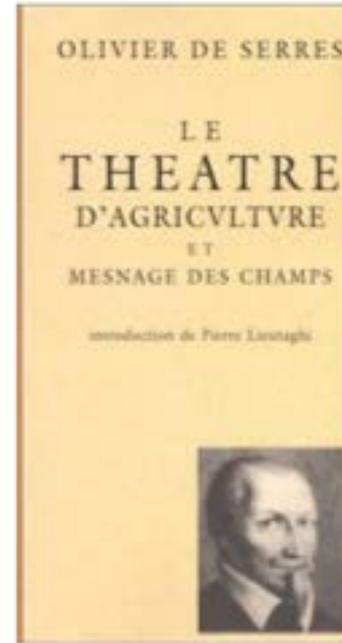


17^{ème} – 18^{ème} siècles : la naissance de l'agronomie

- Les écrits anciens s'attachaient à décrire de manière didactique comment gérer la fertilité des champs et les forces de travail, sur la base d'observations et de savoirs professionnels

« L'auteur donne à l'agriculteur ou à l'administrateur d'un bien de campagne, le titre d'Agronome comme on appelle Astronome celui qui observe les astres. »
(Fréron, 1761)

« Mot nouvellement introduit dans notre langue, et dont il n'est pas encore fait mention dans aucun dictionnaire. Il est tiré du grec, et le mot original veut dire versé, savant en agriculture. Le sens qu'on y attache aujourd'hui désigne celui qui enseigne les règles de l'agriculture, ou même seulement celui qui les a bien étudiées. » (l'Abbée Rozier, 1782)



→ L'observation du milieu et des activités, source de connaissances pour l'agronomie

18ème siècle : les débuts de l'agronomie scientifique

- C'est à partir de la seconde moitié du XVIII^e siècle que l'agronomie commence à devenir scientifique → abandon progressif de l'empirisme pour justifier les conseils

Il faut arriver à l'Allemand Albrecht Daniel Thaër (1752-1828) pour trouver le premier agronome au sens moderne du terme, car il tente d'établir un système de l'agriculture, s'efforçant en outre de définir la notion de « fertilité », c'est-à-dire l'aptitude à produire. (...) cet agronome avait une théorie de l'alimentation des plantes qui faisait de l'humus leur seul aliment. Cette conception erronée dérivait d'une vieille théorie posant que la « vie ne pouvait provenir que de la vie » ; les plantes, se nourrissant de matières organiques, absorbaient ainsi la substance des résidus végétaux enfouis dans le sol et plus ou moins transformés, mais ayant conservé certaines de leurs vertus originelles.



Jethro Tull
(1674-1741)



Henri Louis Duhamel
du Monceau (1700 - 1782)

- Théorie de l'alimentation des plantes (Tull, Thaër)
- Méthodes d'expérimentation (Duhamel du Monceau)

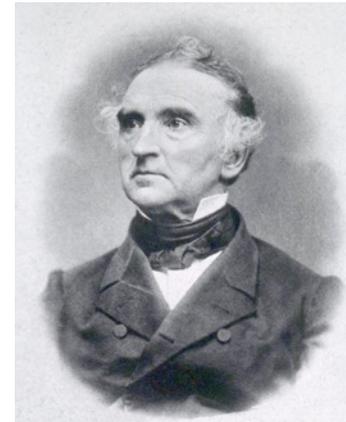
19^{ème} – 20^{ème} siècles : l'agronomie scientifique

- L'approche scientifique de l'agronomie se développe au 19^{ème} siècle grâce aux progrès de la chimie et sous l'impulsion de dynamiques disciplinaires



Nicolas Théodore de Saussure (1767-1845)

Le domaine de l'agronomie au sens large (ou des sciences agricoles) se définit ainsi à partir du 19^e siècle, comme un ensemble de disciplines scientifiques et techniques centrées sur l'étude et l'amélioration de l'agriculture. La discipline centrale, l'agriculture (puis l'agronomie au sens plus ou moins strict), est accompagnée de matières associées dérivées d'autres branches : la botanique et la physiologie végétale agricoles, la phytopathologie, la zoologie agricole, la chimie agricole, le machinisme agricole, etc.



Liebig (1803-1873)

- Une mise à distance du milieu (nutrition minérale des plantes)
- Une approche réductionniste, opérationnalisée dans la phytotechnie
- Les fondements scientifiques de l'agriculture industrielle

Application du modèle industriel à l'agriculture



- Réduire la variabilité des situations agricoles
 - Décontextualiser = concevoir des dispositifs techniques indépendants du contexte



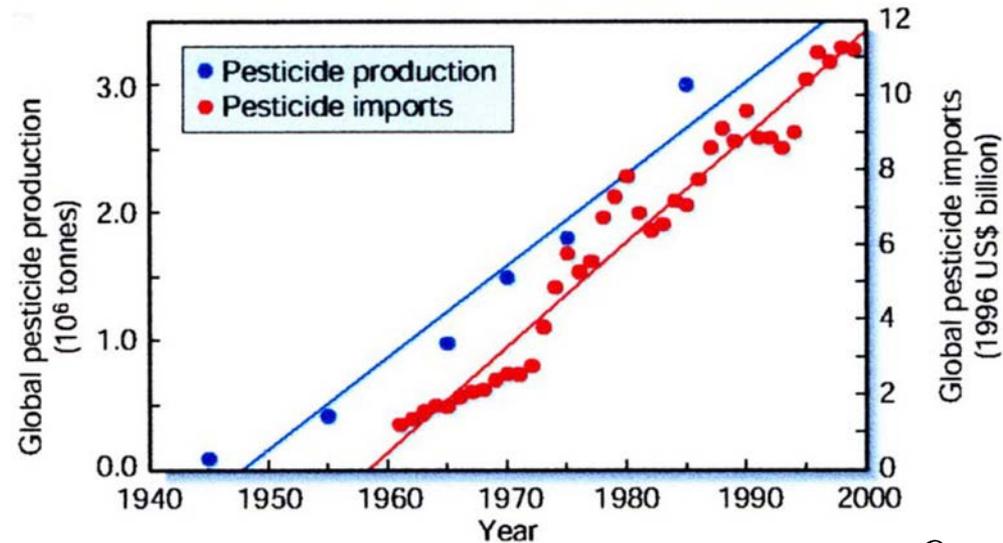
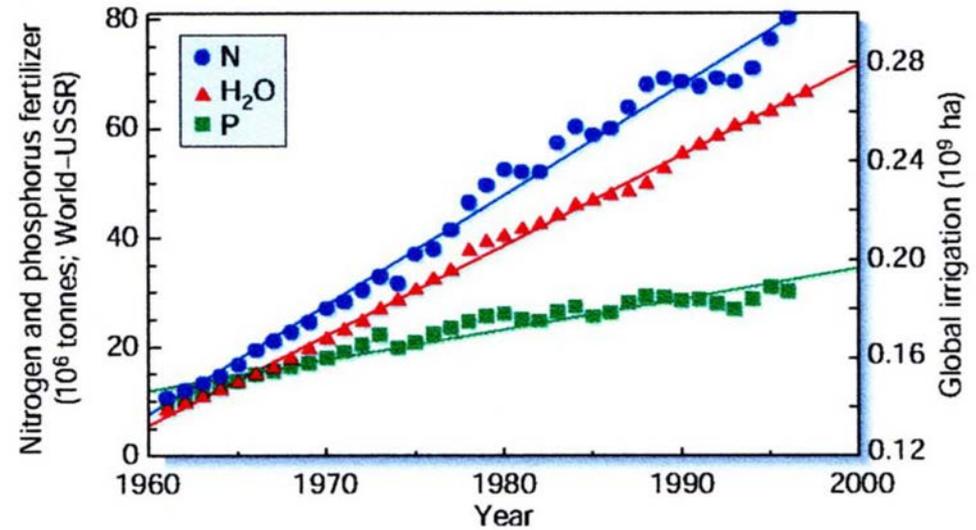
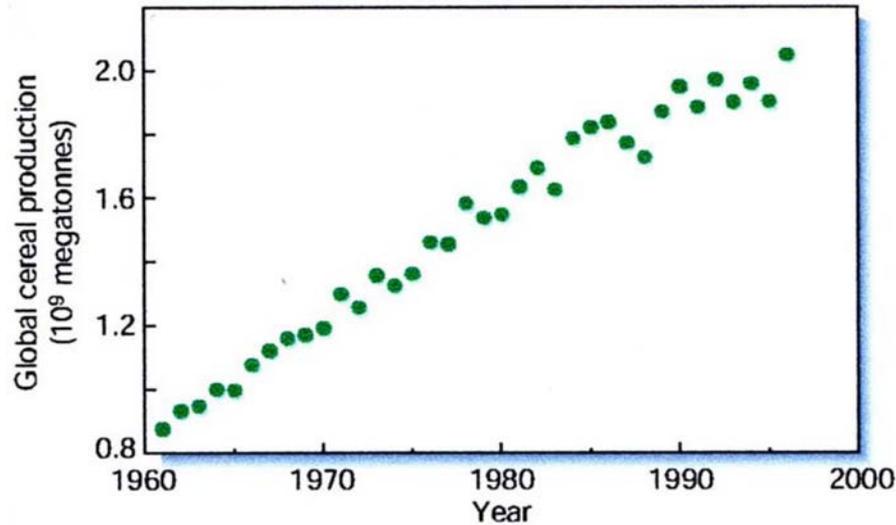
Application du modèle industriel à l'agriculture



- Réduire la variabilité des situations agricoles
 - Décontextualiser = concevoir des dispositifs techniques indépendants du contexte
 - Confiner = conformer le contexte au dispositif technique que l'on introduit



Les intrants de synthèse comme moteur de la modernisation agricole



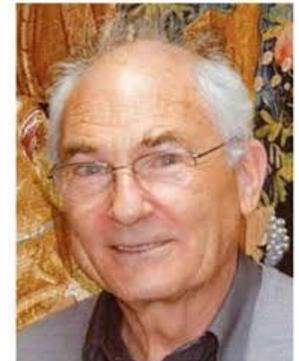
Tilman *et al.*, Nature, 2000

Fin 20^{ème} : l'agronomie systémique

- Rupture épistémologique : la parcelle vue comme un objet scientifique, et pas uniquement comme une source de problèmes à résoudre
- Cette agronomie est centrée sur une compréhension du fonctionnement du **champ cultivé** ainsi que des interactions entre techniques et composantes du système, dans l'objectif d'évaluer les performances des agrosystèmes existant et de concevoir des améliorations.
- Cette vision systémique est contradictoire avec celle de 'paquet technologique' apportant une solution à chaque problème (phytotechnie), encore très répandue au niveau international.



Stéphane Hénin
(1910-2003)



Michel Sebillotte
(1934-2010)

Fin 20^{ème} - 21^{ème} : l'agroécologie

- Les pratiques que l'on appelle aujourd'hui agroécologiques sont pour certaines ancestrales. Mais le concept d'agroécologie lui-même se structure dans les années 80, à la fois dans le travail de scientifiques nord-américains et dans l'engagement de mouvements sociaux de plusieurs pays d'Amérique latine.



Miguel Altieri
U. Berkeley



Stephen R Gliessman
U. Santa Cruz

Que s'est-il passé ?

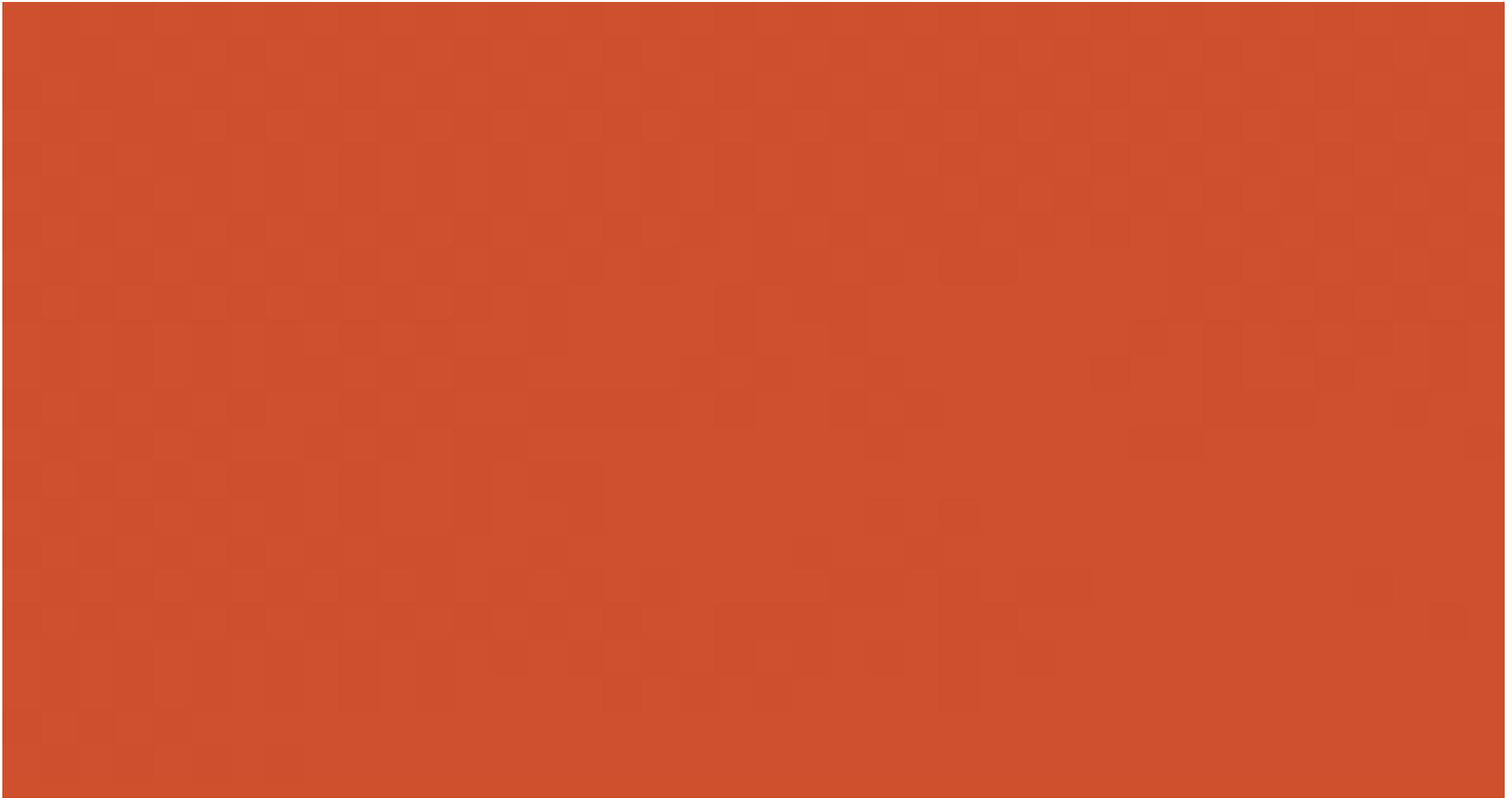
Plusieurs agronomes et écologues engagés sur des terrains de recherche latino-américains ont cherché à construire un modèle alternatif de développement à partir d'**une évaluation critique des impacts de la révolution verte**. Le plus connu d'entre eux est Miguel Altieri, un agronome d'origine chilienne enseignant à l'Université de Berkeley (Californie). Le cadre scientifique qu'ils élaborent, alternative au modèle biotechnologique, va offrir à divers acteurs sociaux déjà engagés dans des pratiques de type agrécologique **un cadre de référence pour penser une alternative à l'agriculture dominante**.

Ainsi, dès sa naissance, l'agroécologie va réunir sous un même vocable **divers types d'acteurs et courants de pensée**, allant d'approches purement techniques à des approches qui engagent un modèle de société. Nous approfondirons ces diverses approches lors de la deuxième séquence. Mais ces acteurs ont un point commun : celui de chercher des réponses aux **impacts négatifs de la modernisation agricole**. Réponses aux impacts environnementaux quand l'agroécologie défend d'autres façons de produire, réponses aux impacts socio-économiques quand l'agroécologie se présente comme une alternative sociale, économique et politique, réponses aux impacts culturels quand l'agroécologie interroge notre vision du rapport entre l'homme et la nature.

Extrait du :



« Demain, l'agroécologie ? »



Olivier de Schutter, rapporteur spécial des Nations Unies pour le Droit à l'alimentation

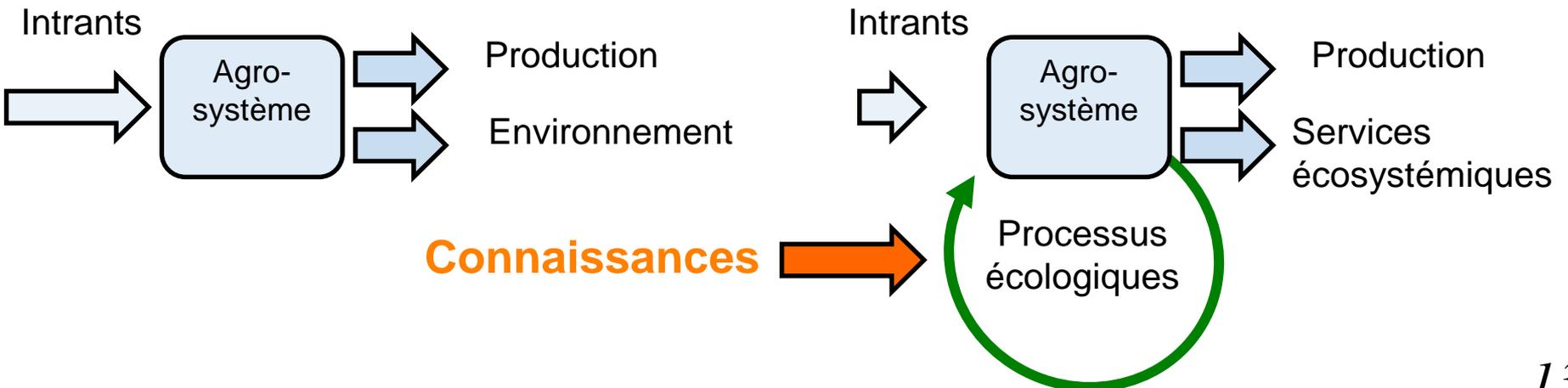
<https://www.youtube.com/watch?v=tDvNrbwIAk8>

Réinventer les systèmes agricoles et alimentaires

*Comment produire plus... mieux... et autre chose...
dans un contexte de diminution des ressources...
et d'accroissement des incertitudes ?*

L'approche agroécologique :

**Fonder la conception de systèmes techniques sur les
fonctionnalités écologiques des agrosystèmes**



Un changement de paradigme

*Comment produire plus... mieux... et autre chose...
dans un contexte de diminution des ressources...
et d'accroissement des incertitudes ?*

L'approche agroécologique :

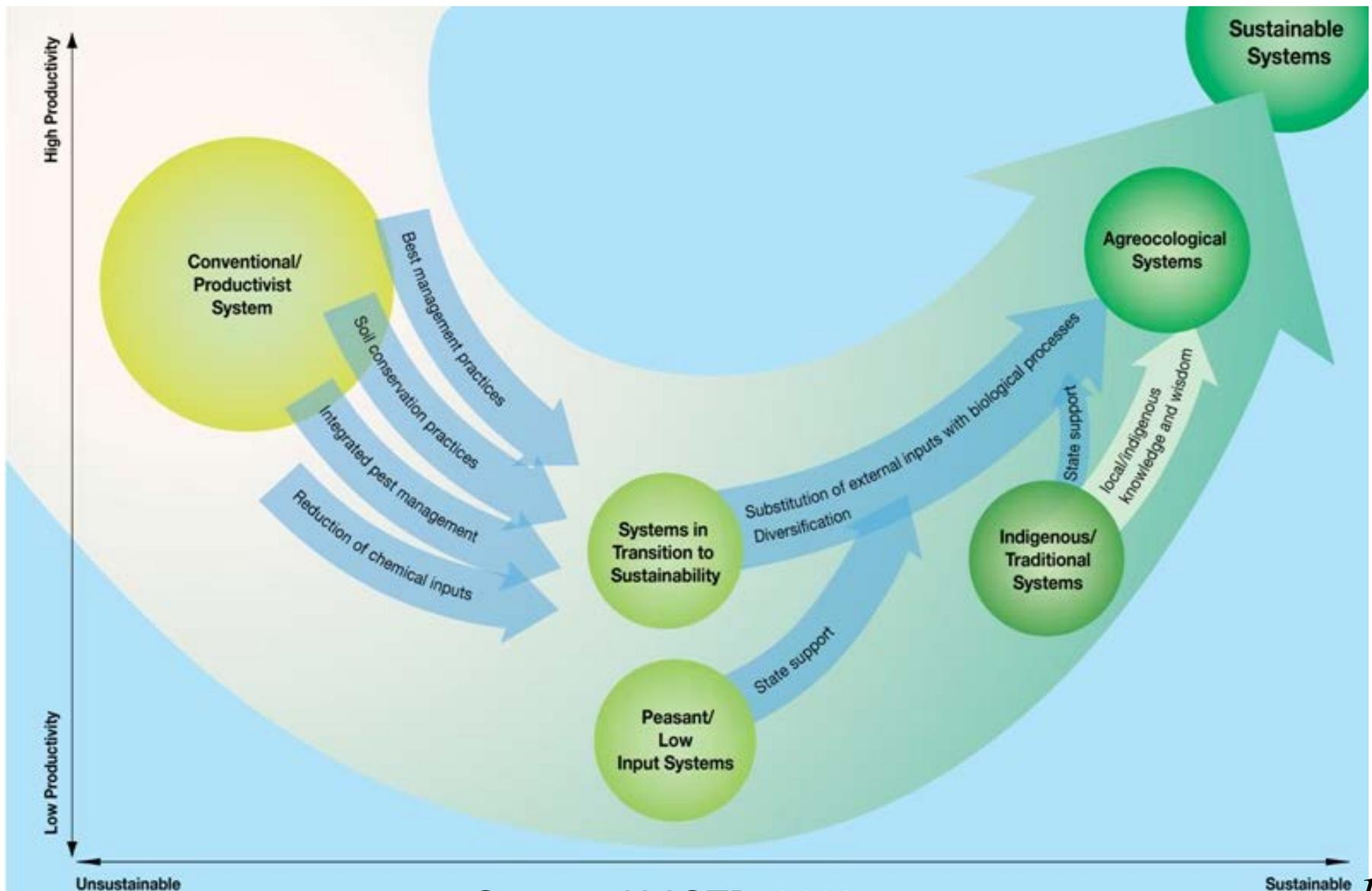
**Fonder la conception de systèmes techniques sur les
fonctionnalités écologiques des agrosystèmes**

Lever les facteurs
limitant la production
grâce aux intrants



Activer des processus écologiques
pour en faire des facteurs de production
(+ fournir des services écosystémiques)

Agroécologie : concilier l'inconciliable ?



Source : IAASTD, 2008

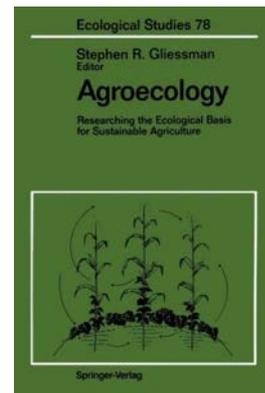
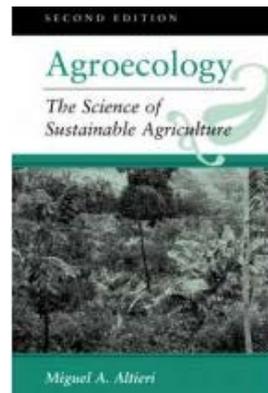
Les approches scientifiques de l'agroécologie



Application de l'écologie aux agro-écosystèmes (Altieri, 1983; Gliessman 1998)

AGRONOMIE

ÉCOLOGIE

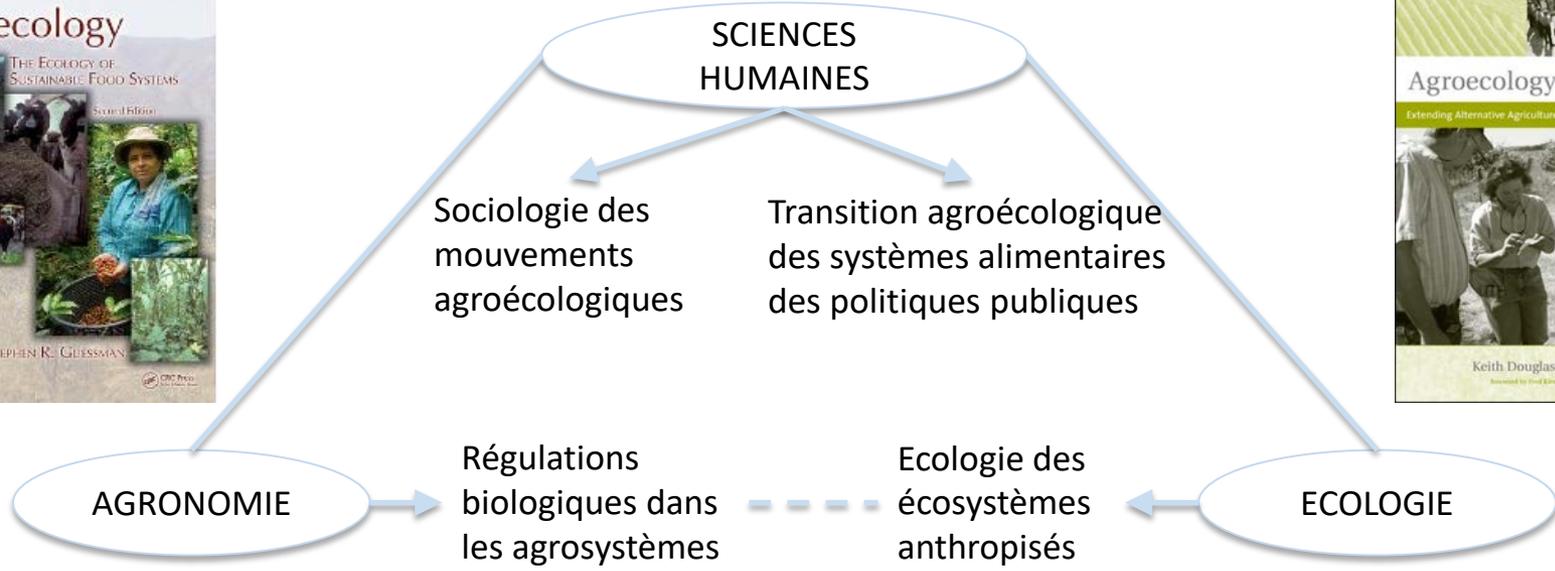
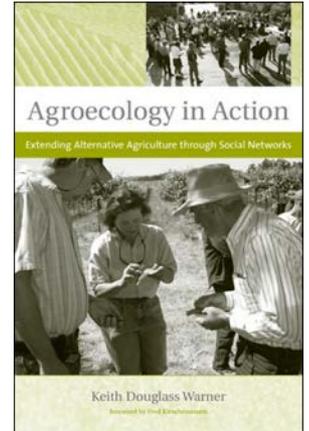
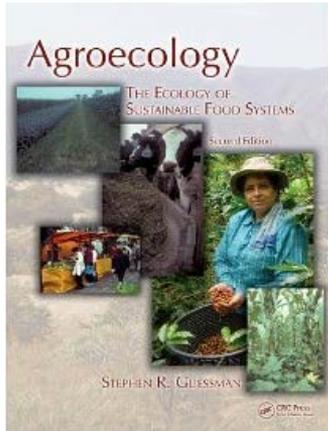


Les approches scientifiques de l'agroécologie

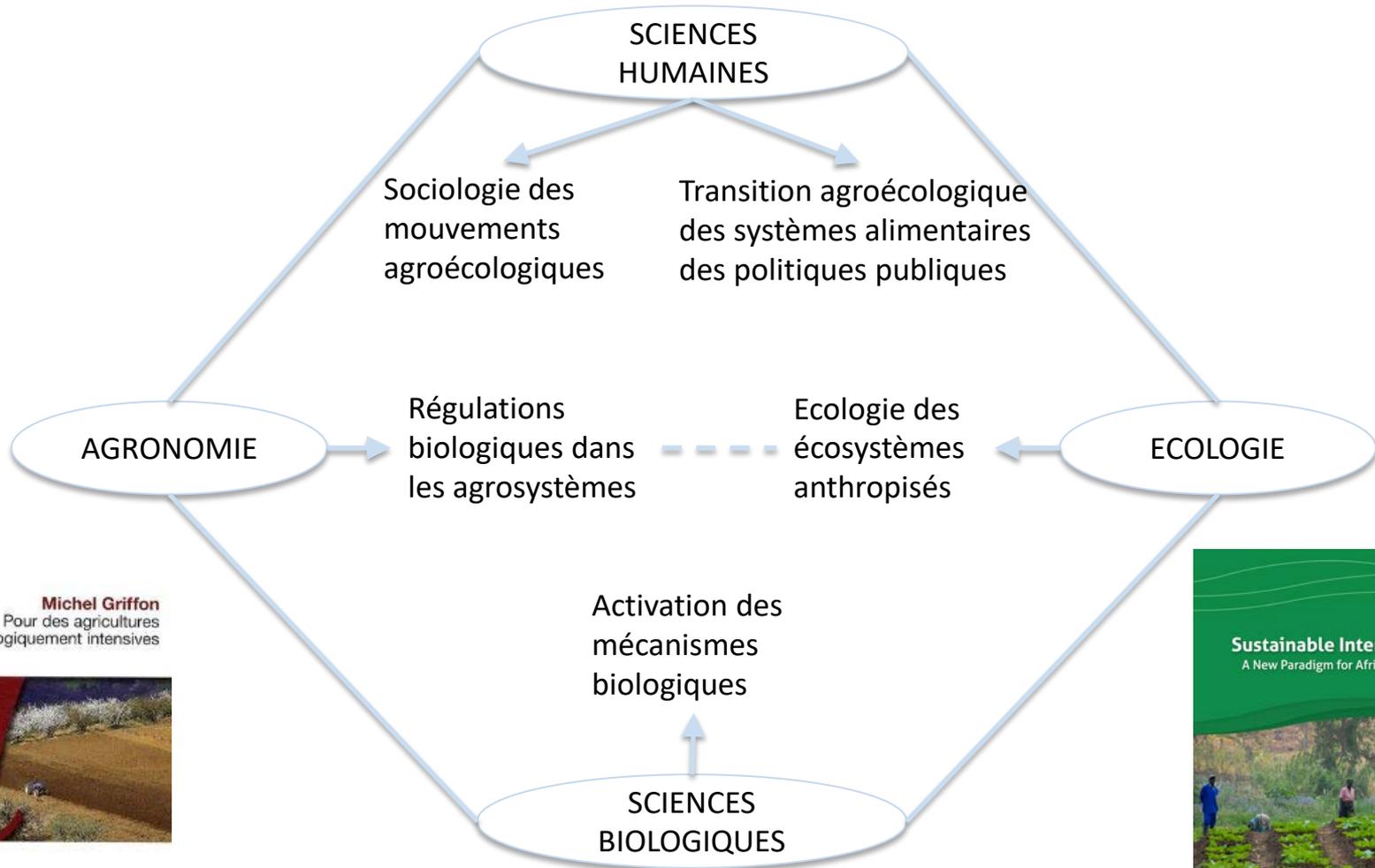


Les approches scientifiques de l'agroécologie

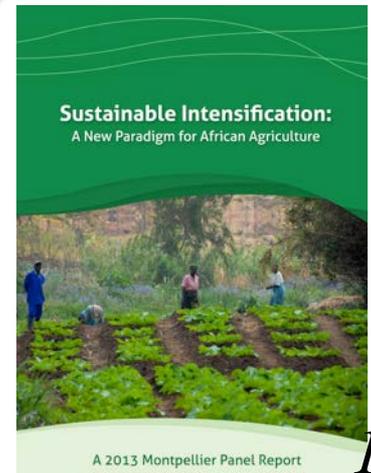
Application de l'écologie aux systèmes alimentaires
(Francis et al., 2003; Gliessman, 2006; Warner, 2007)



Les approches scientifiques de l'agroécologie

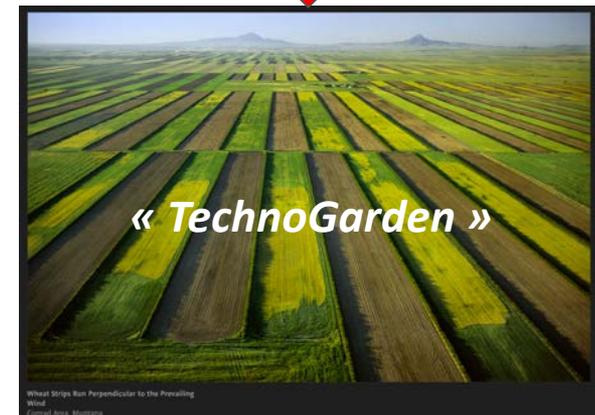
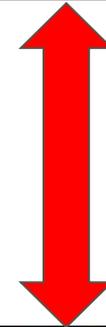
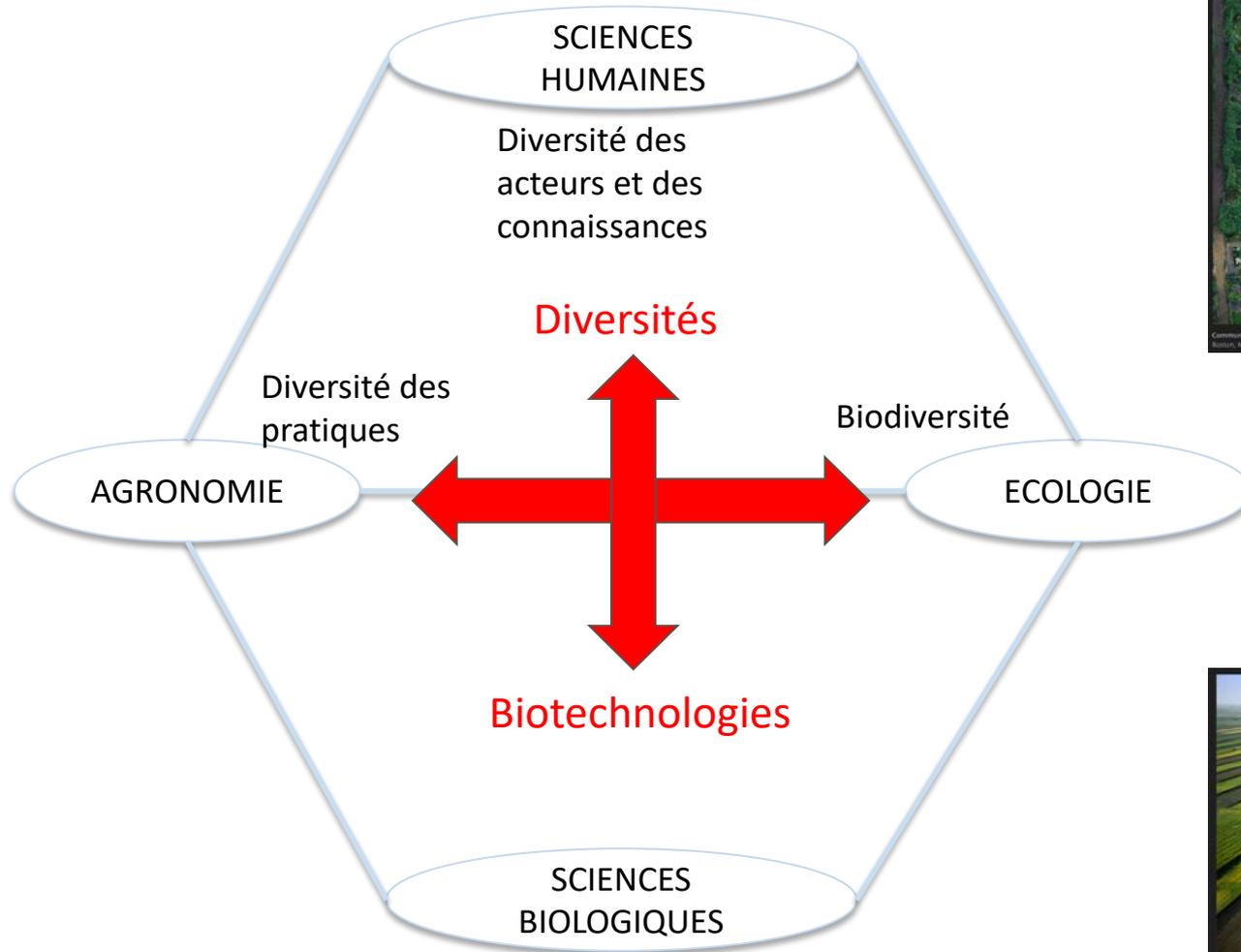


Michel Griffon
Pour des agricultures
écologiquement intensives

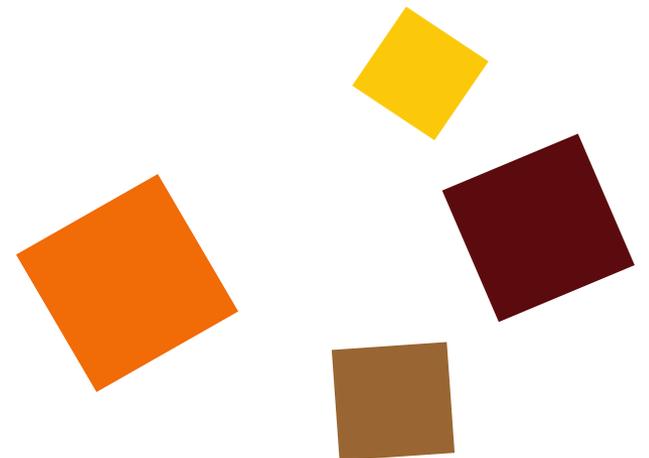


Les approches scientifiques de l'agroécologie: des visions qui se complètent ou s'opposent

Source : MEA, 2005

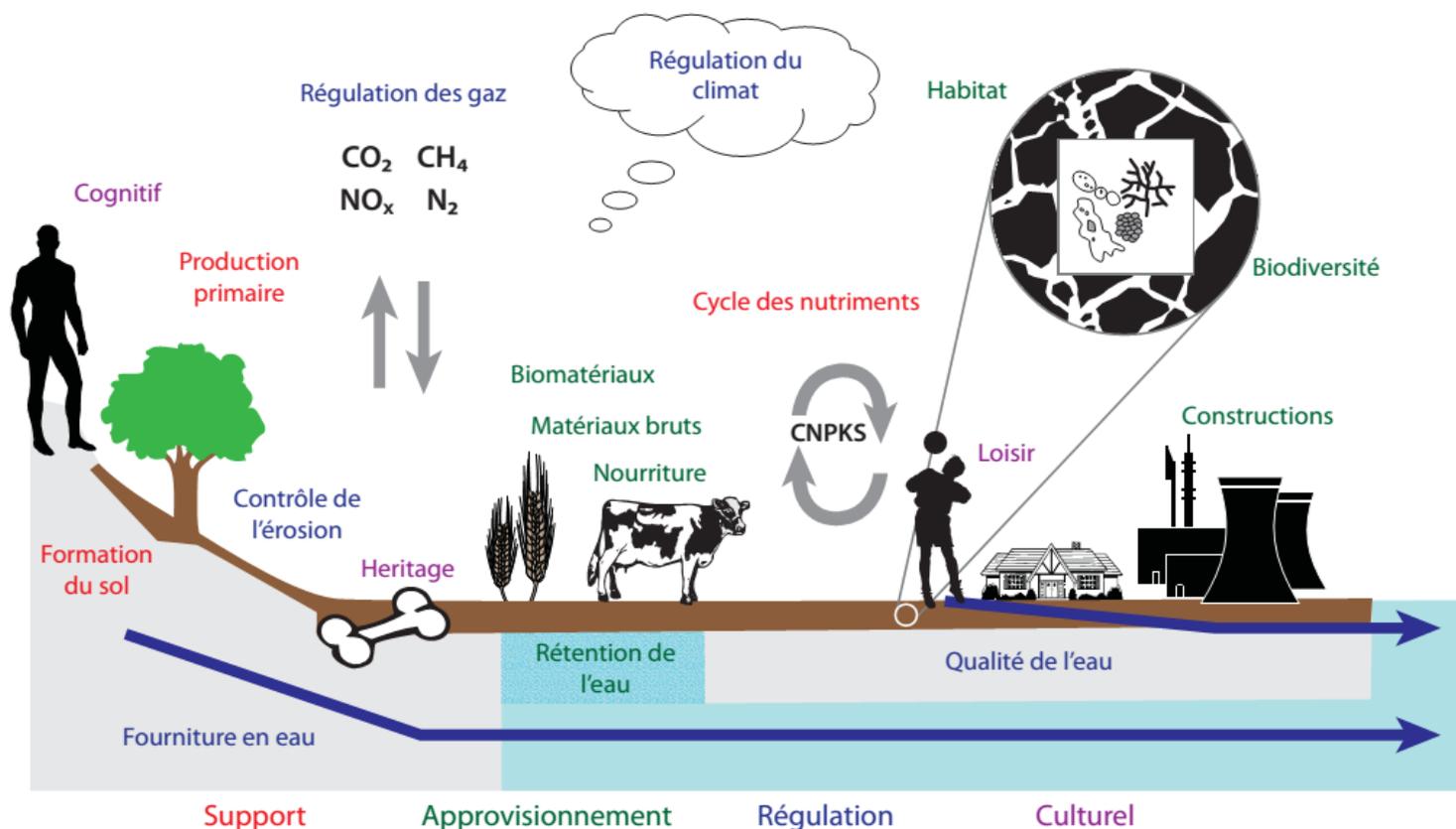


Processus écologiques à valoriser en agroécologie: exemple du sol



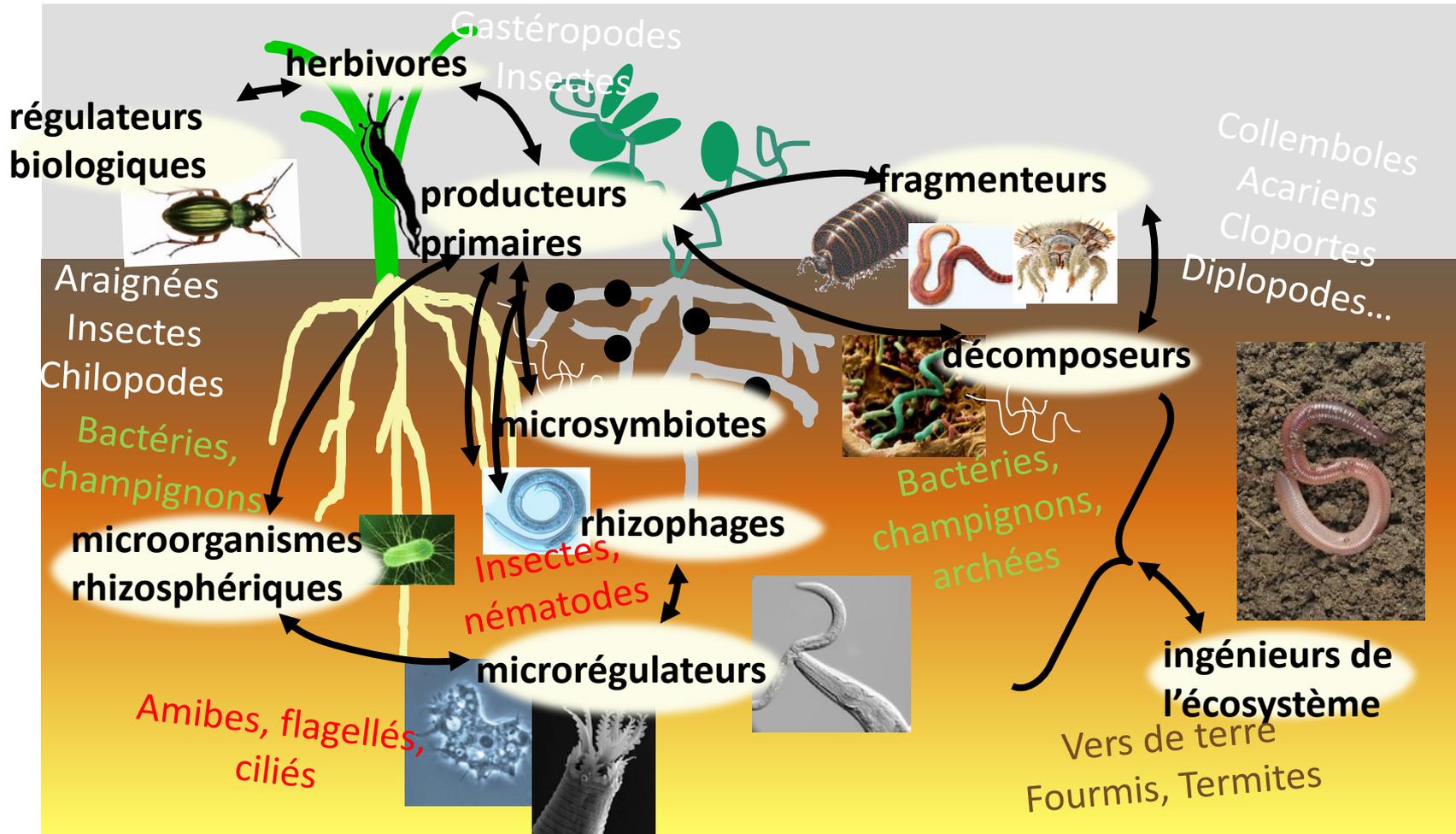
Les sols contribuent aux services écosystémiques

- « Bénéfices offerts à l'humanité par les écosystèmes » : les sols y contribuent via les processus écologiques qui s'y déroulent



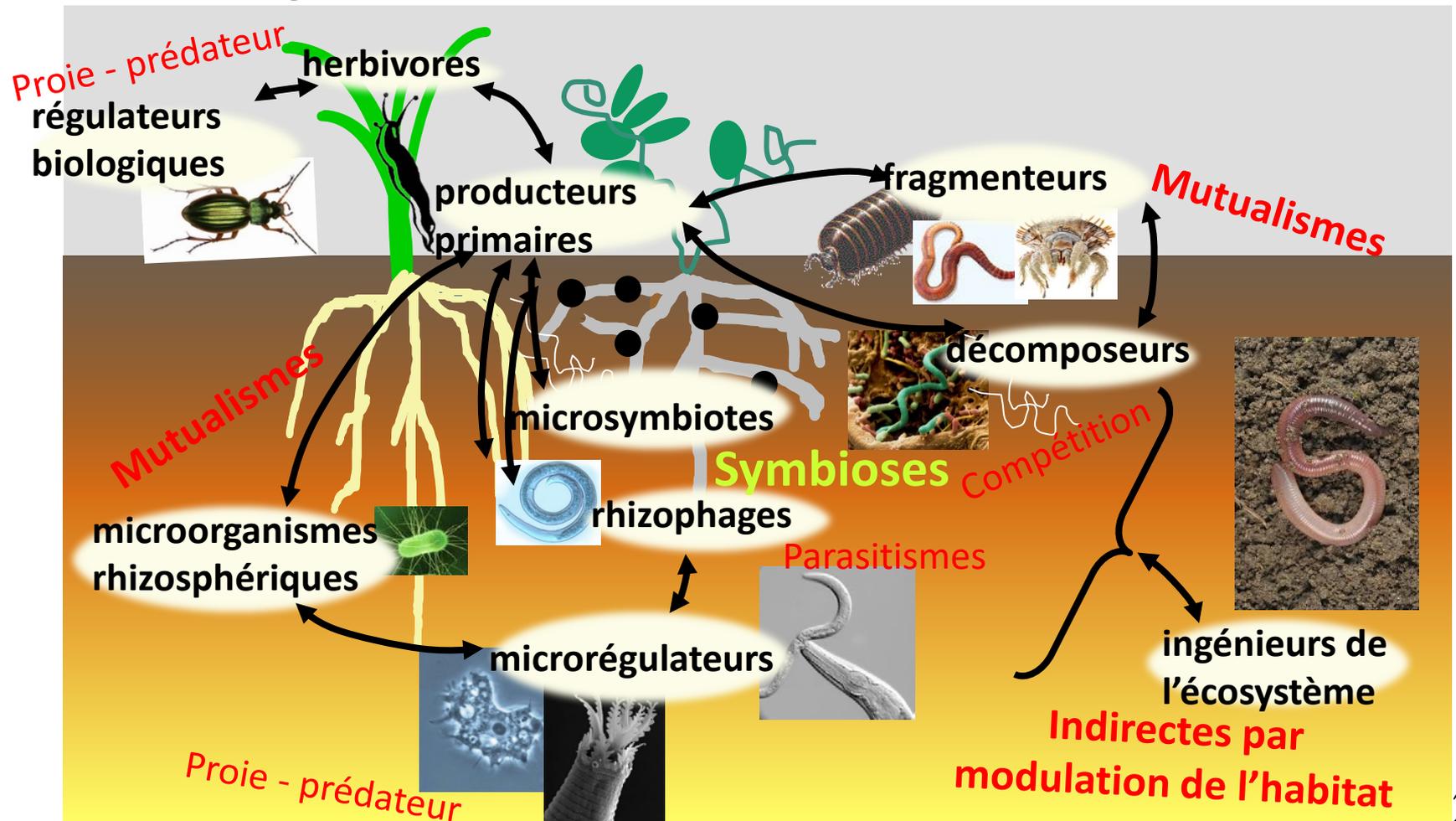
Processus écologiques du sol

- Processus qui résultent d'une grande diversité
 - d'organismes



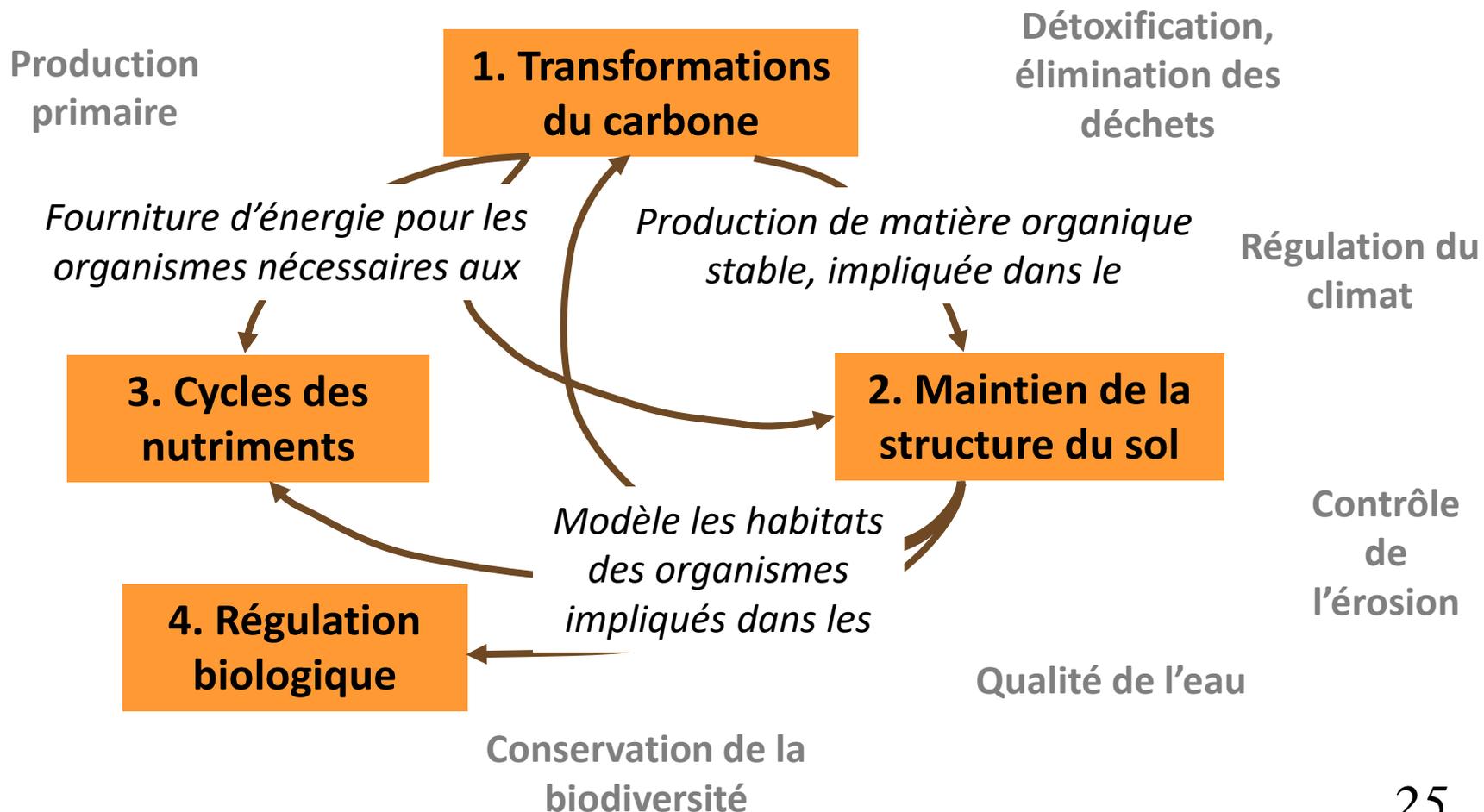
Processus écologiques du sol

- Processus qui résultent d'une grande diversité
 - d'organismes, et d'interactions, à différentes échelles



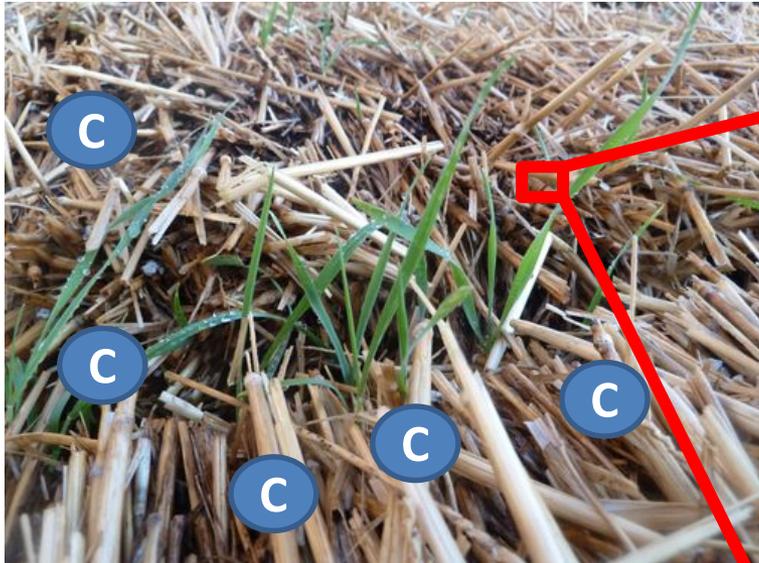
Processus regroupés en 4 grandes fonctions

- « Quatre fonctions agrégées et inter-reliées par lesquelles les sols délivrent des services écosystémiques (Kibblewhite et al., 2008)»

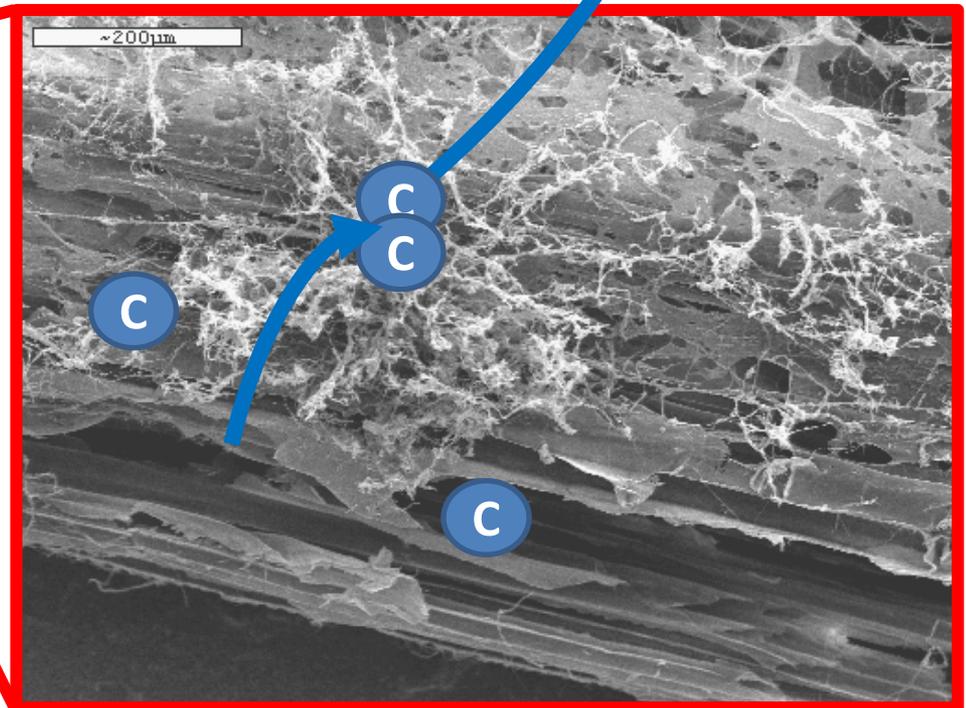


Exemple : les transformations du carbone

- Suivons le devenir du carbone de résidus au champ

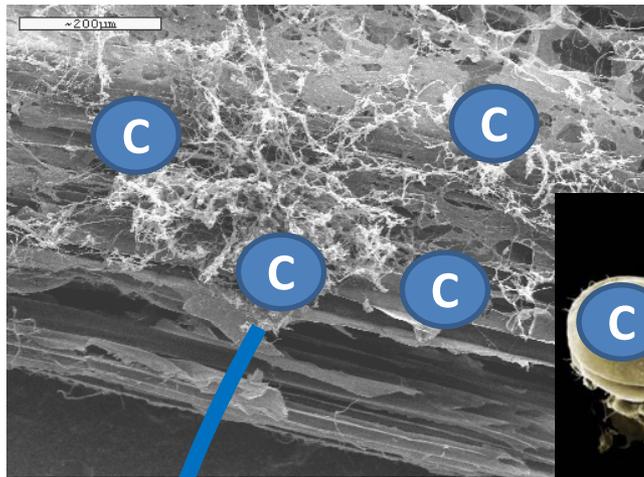


Colonisation et première minéralisation par champignons, actinobactéries...

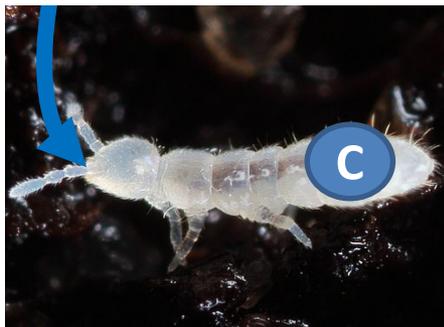


Exemple : les transformations du carbone

- Suivons le devenir du carbone de résidus au champ



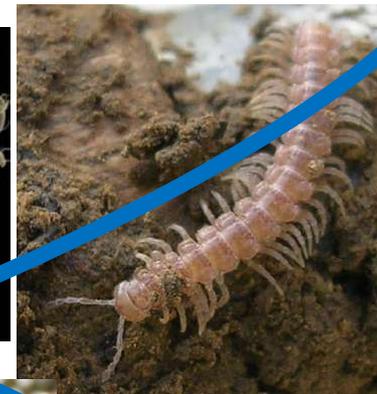
Champignons ingérés par des collemboles



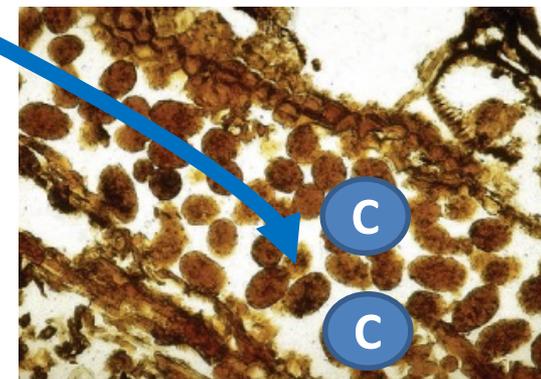
Paille fragmentée et ingérée par des microarthropodes des litières



Saprophages et microbivores ingérés par des prédateurs



Boulettes fécales d'acariens

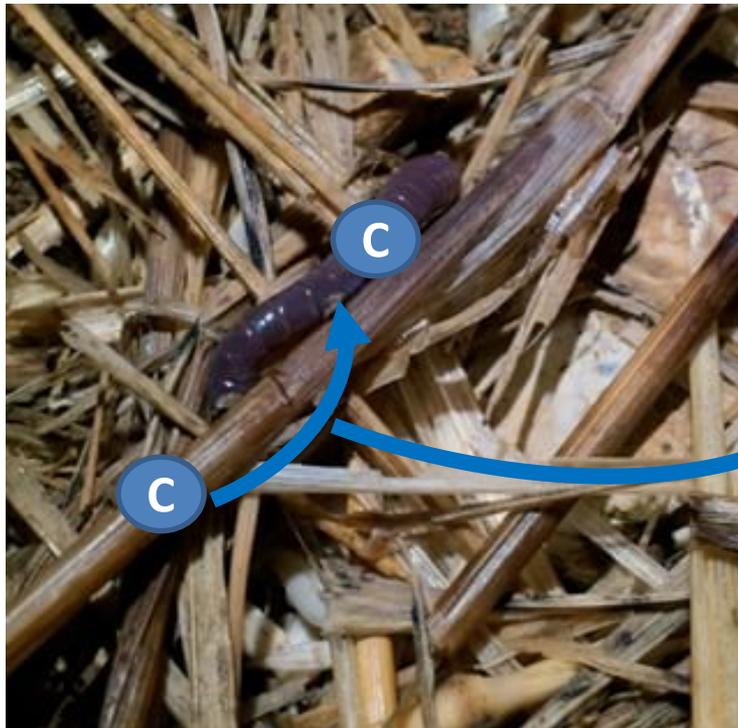
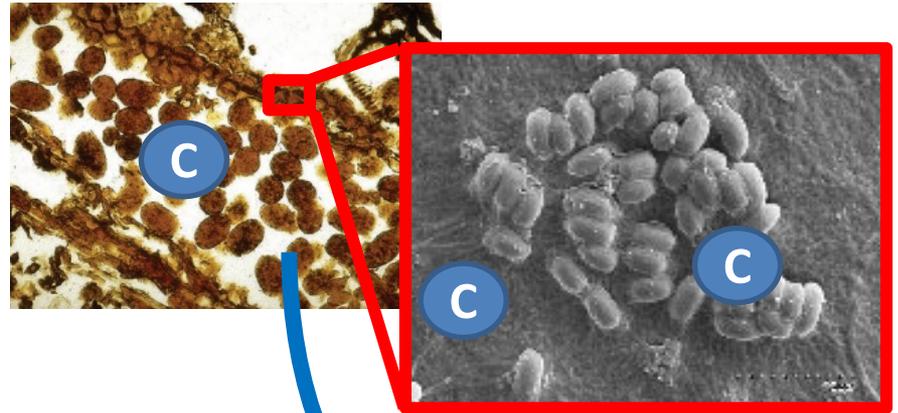


CO₂

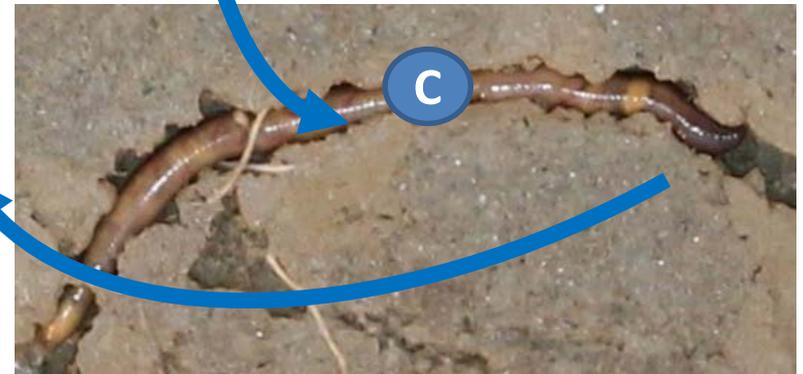
Exemple : les transformations du carbone

■ Suivons le devenir du carbone de résidus au champ

Fragments de paille colonisés par les microorganismes, ingérés par des vers de terre anéciques



CO₂

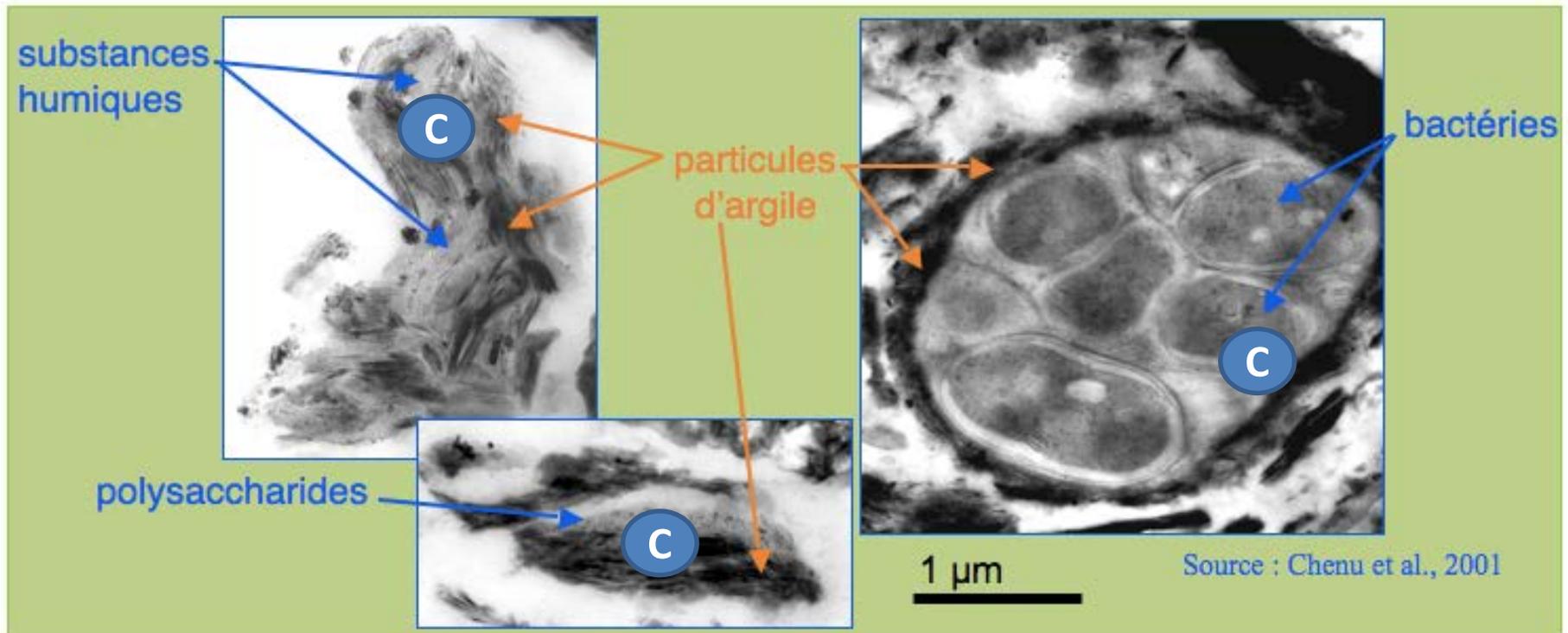


Matière organique particulière dans le sol, ingérée par des vers de terre endogés

Exemple : les transformations du carbone

■ Suivons le devenir du carbone de résidus au champ

Les résidus de ces processus d'interaction microorganismes- faune sont des matières organiques de taille micrométrique, dans la fraction argileuse du sol:
du carbone stocké dans le sol



Exemple : maintien de la structure du sol

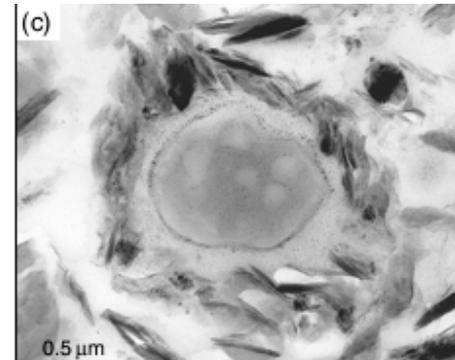
- Au passage, ces interactions organismes-matière organique-sol contribuent au maintien de la structure du sol

Obtention de la structure grumeleuse d'une « bonne terre de jardin » ?

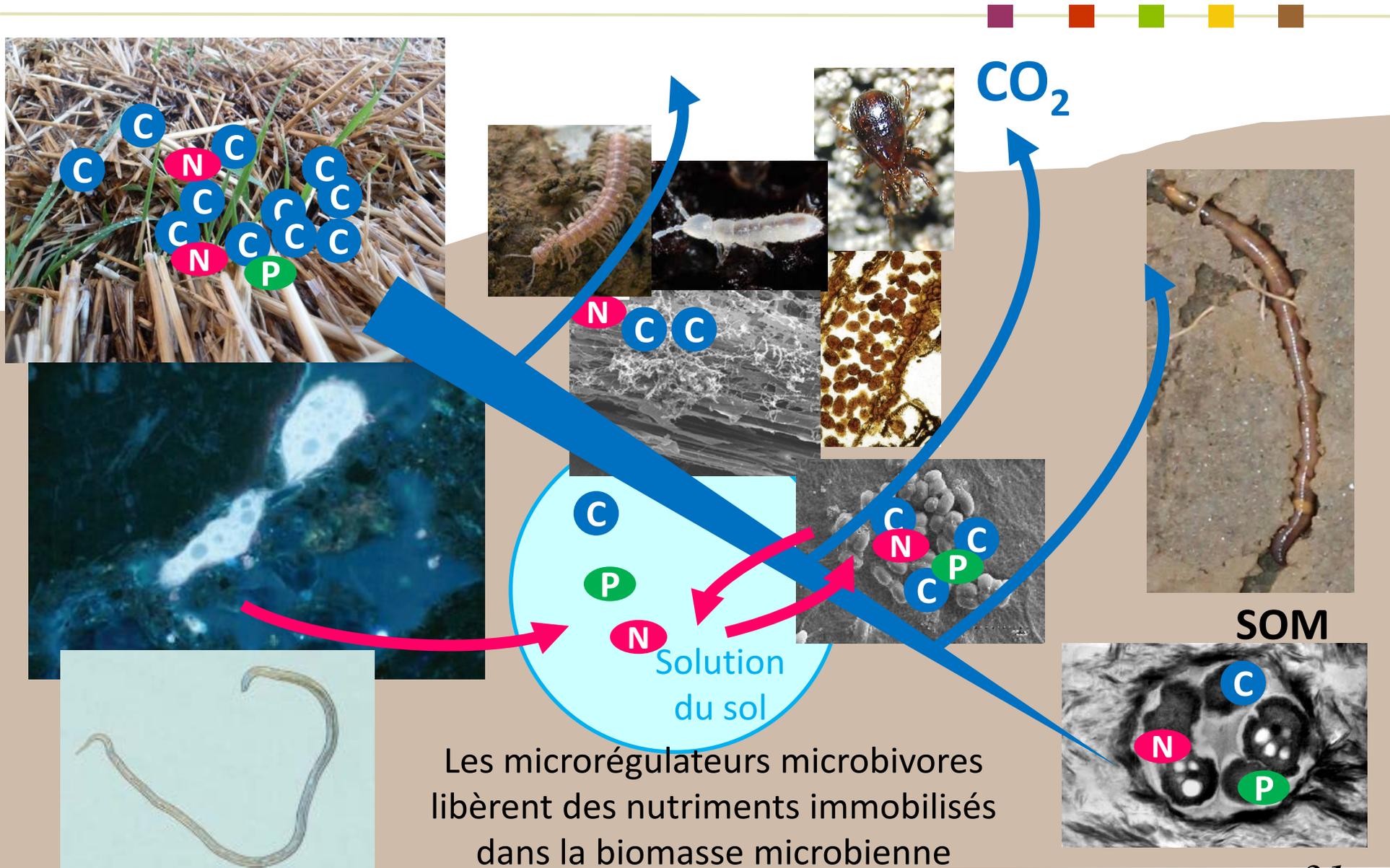
Bioturbation par les ingénieurs du sol



Production de « colles » organiques par les racines, champignons, bactéries en interaction avec la faune



Exemple: cycles des nutriments

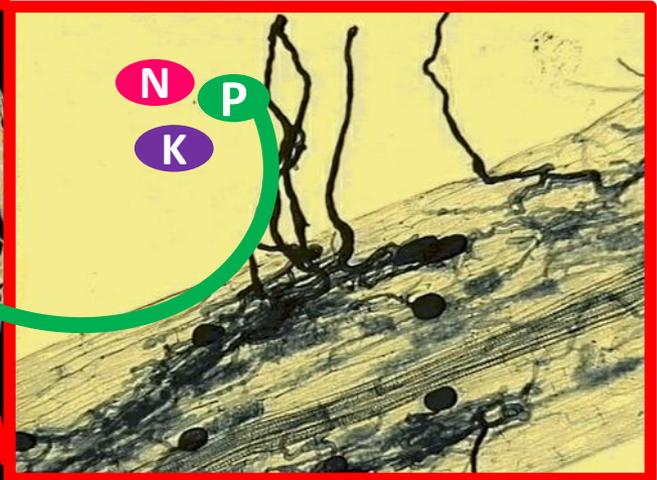
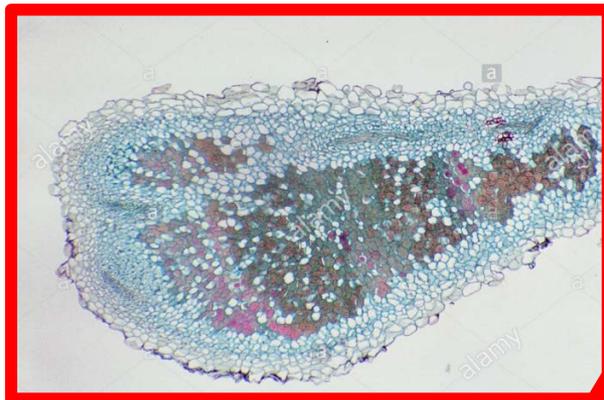


Exemple: cycles des nutriments

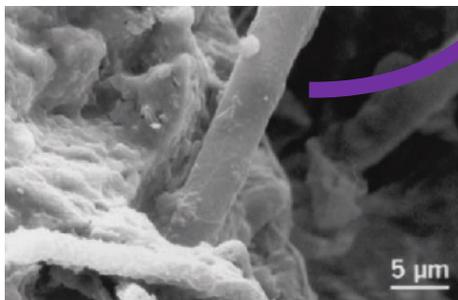
Dans la rhizosphère...

Symbiose rhizobienne
chez les légumineuses:
fixation d’N
atmosphérique

Symbiose mycorhizienne
chez la majorité des plantes:
amélioration de l’absorption
des éléments nutritifs

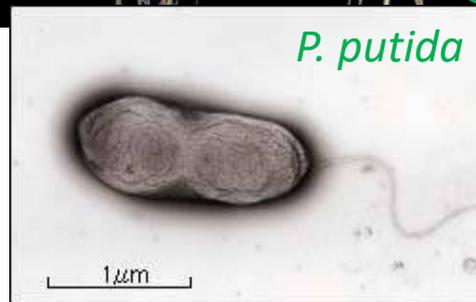


Bioaltération



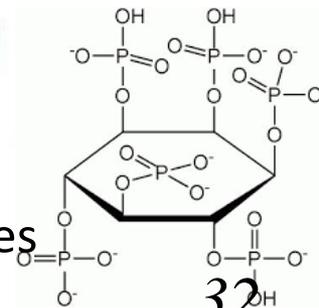
K

P



Phytase
Minéralisation de
composés complexes

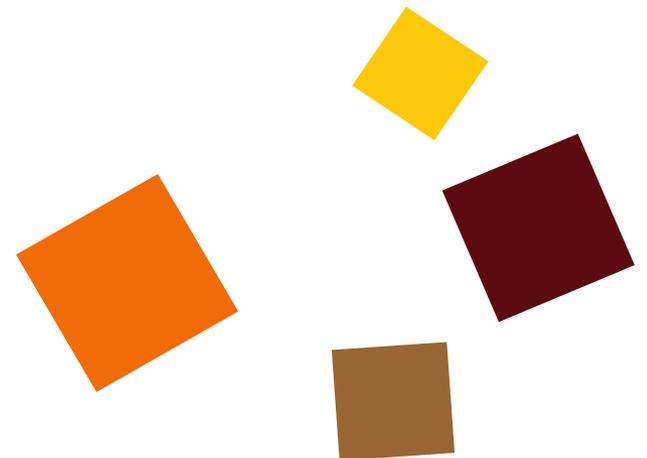
Phytate



En résumé...

- Processus essentiels pour le fonctionnement de l'agroécosystème et sa résilience, résultant d'une très grande diversité d'organismes et d'interactions
- Un lien diversité – fonction souvent difficile à élucider
→ beaucoup de fonctions difficiles à piloter de manière déterministe
- Certaines fonctions accomplies par des organismes bien particuliers → opportunités pour la biotechnologie

Reconcevoir les systèmes techniques : une diversité d'approches



Réinventer les systèmes agricoles et alimentaires

- Réintroduire la biodiversité dans les agrosystèmes
- Connaître, observer, piloter les processus écologiques
- Inventer, concevoir des systèmes de production et des systèmes alimentaires durables





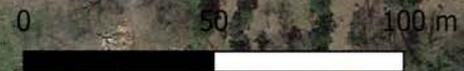








- Cultures Complémentaires
- PPAM
 - Grande culture
 - Houblon
 - Poulailler
- Potager
- Culture de Plein Champ
 - Serre
 - Haies
 - Ombrière
 - Planche Permanente
- Forêt Comestible
- Aulne
 - Cassissier
 - Framboisier
 - Groseillier
 - Kiwi
 - Noisetier
 - Robinier
 - Chataignier
 - Cognassier
 - Cornouiller
 - Neflier
 - Noyer
- Figuier
 - Pecher
 - Pistachier
 - Prunier
 - Tilleul
 - Arbousier
 - Baie de mai
 - Kaki
 - Sorbier des oiseaux
 - Sureau
 - Romarin
 - Thym
 - Lavande
 - Ricin
 - Geranium
 - Luzerne arborescente
 - Menthe
 - Figuier de barbarie
- Google Satellite Hybrid



L'agroforesterie – ou les agroforesteries

- Associations d'arbres et de cultures (pérennes ou annuelles) et/ou de pâturages



Effets de l'agroforesterie sur le fonctionnement du sol

- Effet bénéfique de l'ajout d'arbres sur le stockage de carbone dans les sols (Stefano & Jacobson, 2018)

Méta-analyse de 53 publications – échelle mondiale

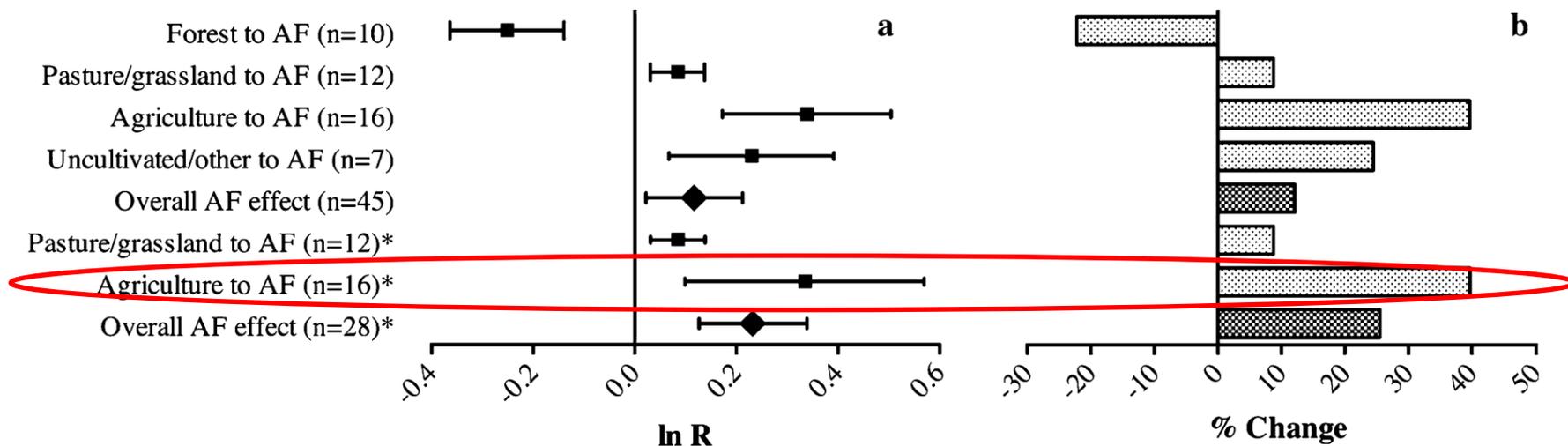
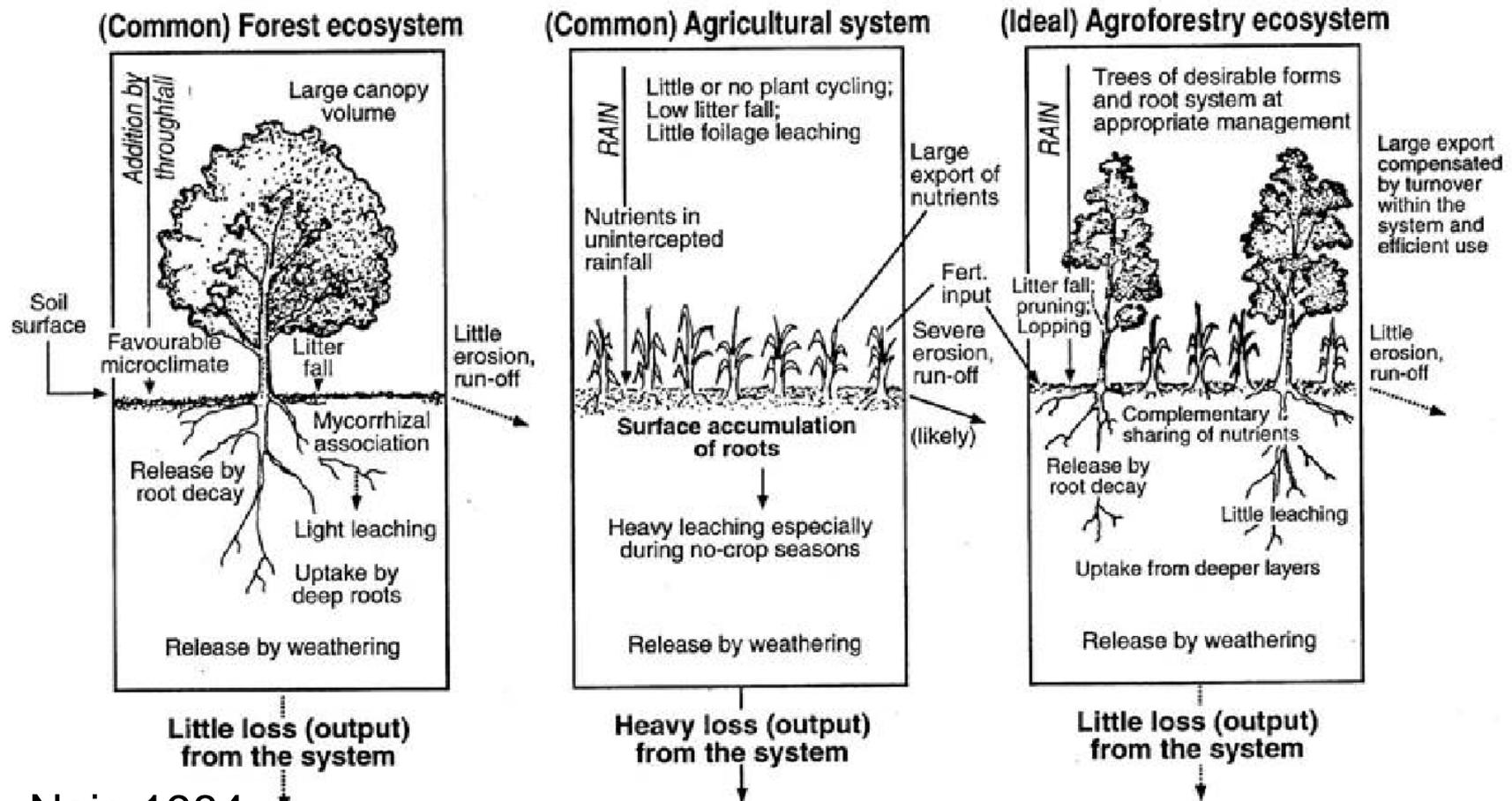


Fig. 3 Effects of agroforestry (AF) on SOC stocks (0–30 cm sampling depth). On the left **a** values are effect size and 95% bootstrap confidence intervals (CIs). On the right **b** values are percentage change of SOC stocks. Effect size is considered significant when confidence intervals did not overlap with zero.

Numbers in parentheses indicate number of observations, and * denotes results generated when land-use changes from forest and uncultivated/other to agroforestry were excluded from the analysis

Effets de l'agroforesterie sur le fonctionnement du sol

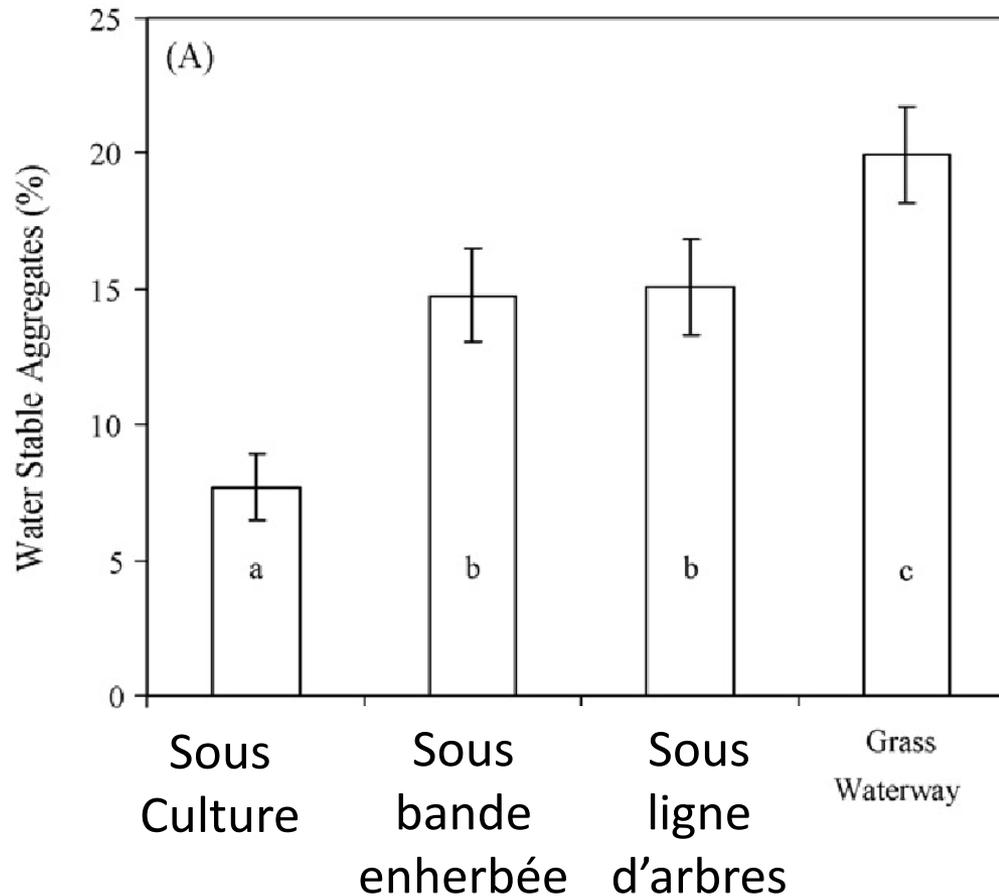
- Effets variables et souvent mitigés sur les flux de nutriments



Effets de l'agroforesterie sur le fonctionnement du sol

- Effets positifs de la présence de lignes d'arbres sur la structure du sol – protection contre l'érosion

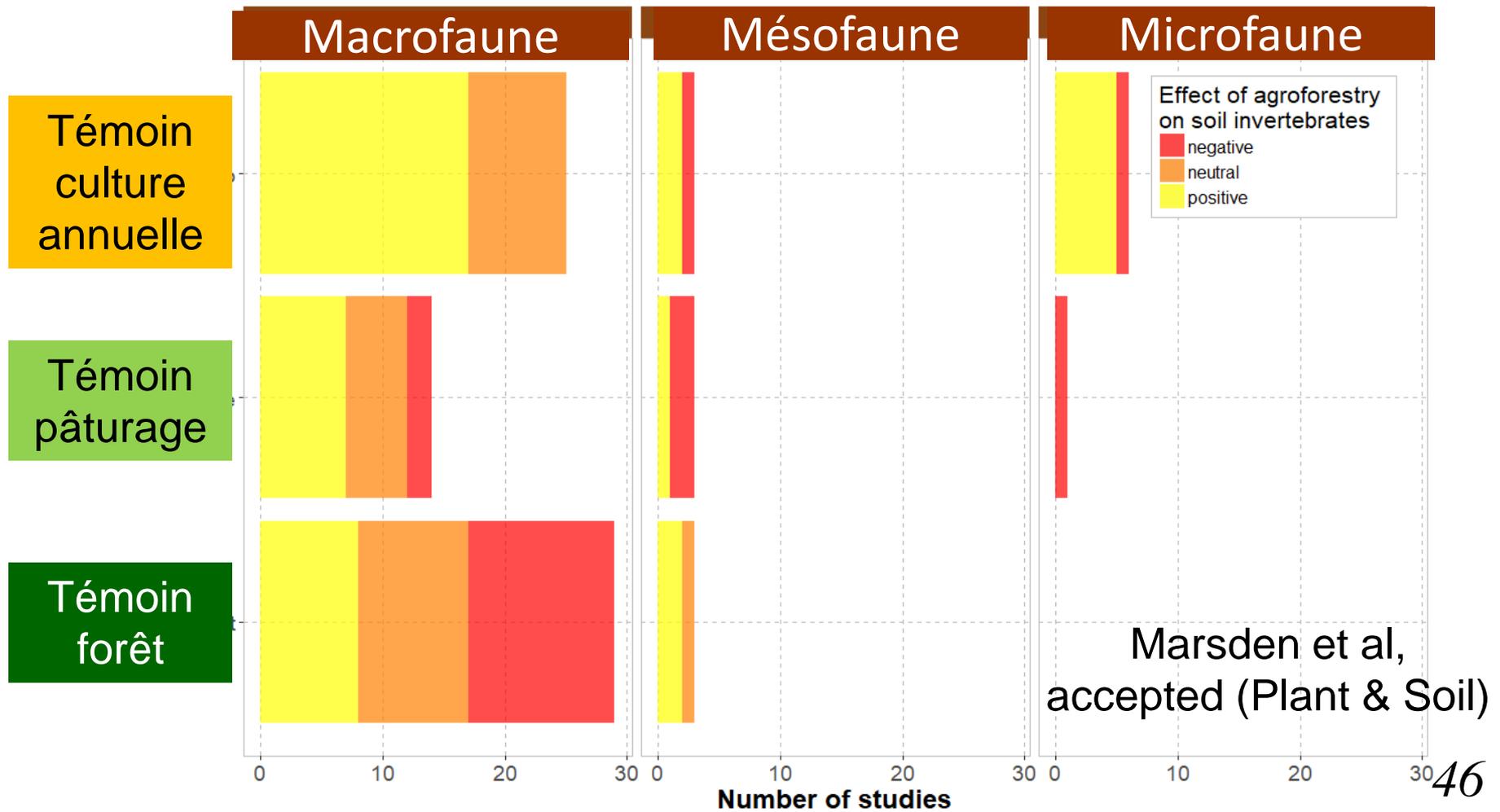
% d'agrégats stables à l'eau



Udawatta et al 2008

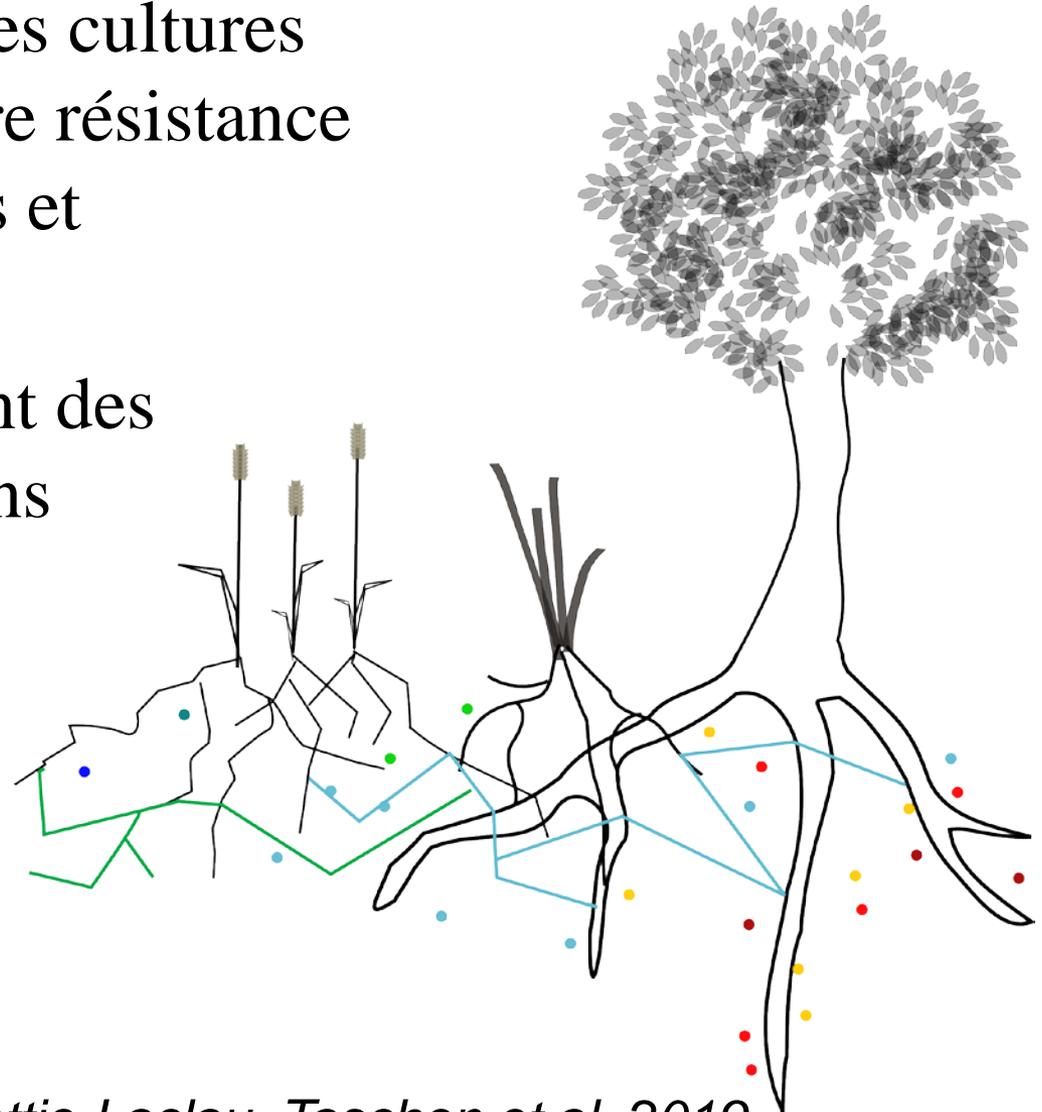
Effets de l'agroforesterie sur le fonctionnement du sol

- En général, l'ajout d'arbres à une parcelle cultivée ou des pâturages augmente la biomasse et diversité de faune du sol



Exemple : agroforesterie et mycorhization

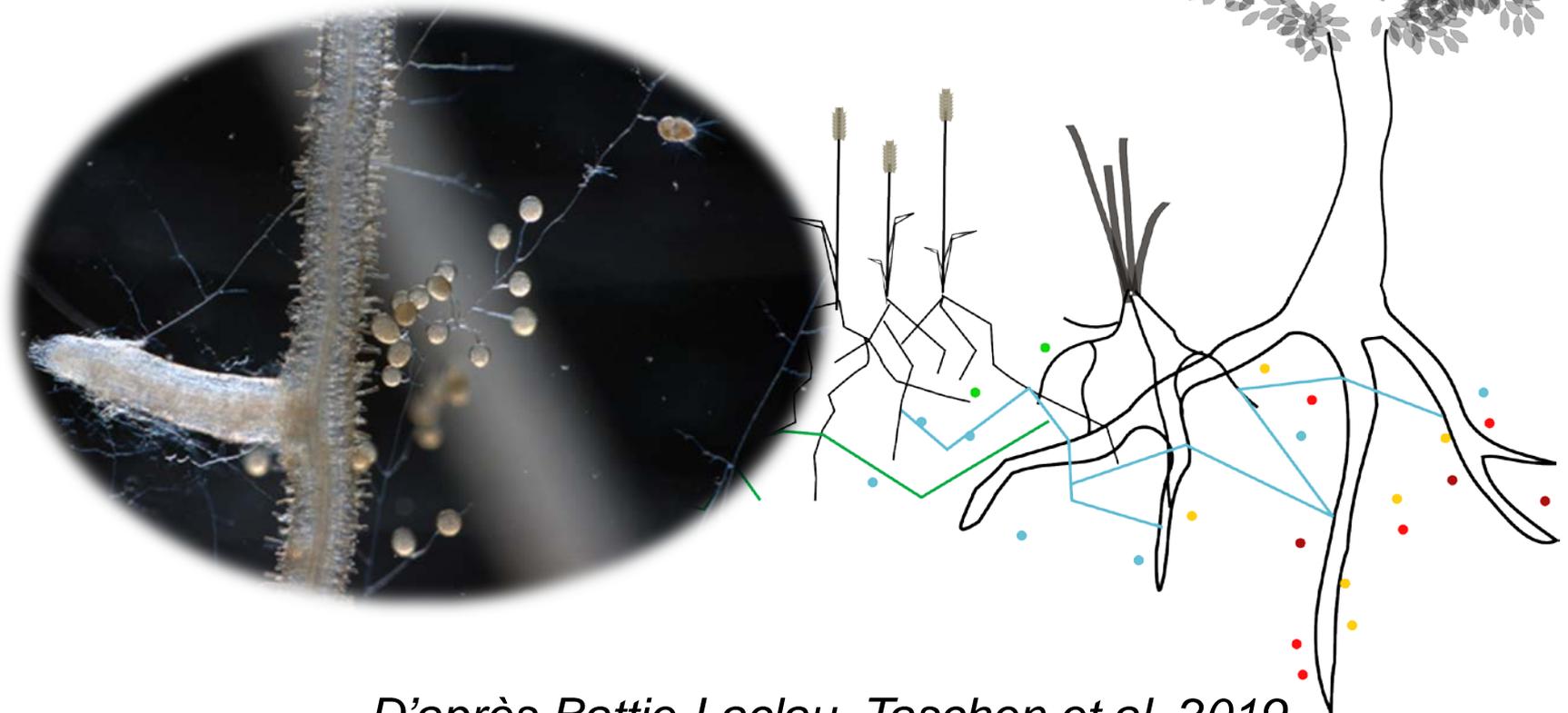
- La mycorhization des cultures permet une meilleure résistance aux stress hydriques et nutritionnels
- Les plantes partagent des réseaux mycorhiziens



D'après Battie-Laclau, Taschen et al. 2019

Exemple : agroforesterie et mycorhization

- Quel effet de l'intégration de lignes d'arbres dans les cultures annuelles sur la mycorhization des cultures?



D'après Battie-Laclau, Taschen et al. 2019

Exemple : agroforesterie et mycorhization

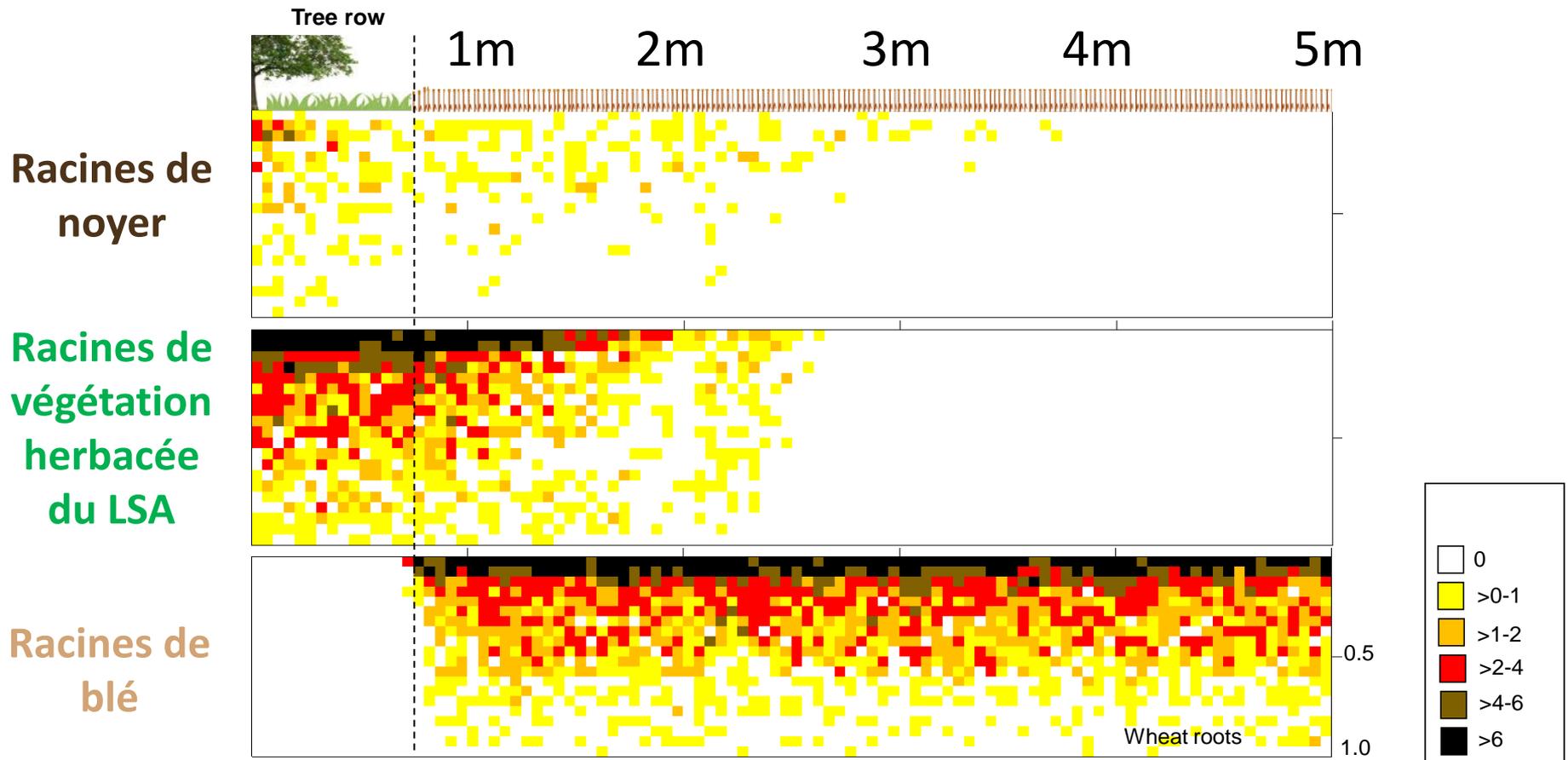
- Une étude menée sur une jeune parcelle agroforestière de Jack de Lozzo, agriculteur-éleveur AB du Gers



D'après Battie-Laclau, Taschen et al. 2019

Exemple : agroforesterie et mycorhization

- En juillet, les racines de blé, d'arbres et de végétation herbacée cohabitent jusqu'à ~3m du linéaire sous-arboré



D'après Battie-Laclau, Taschen et al. 2019

Exemple : agroforesterie et mycorhization

- En juillet, les racines de blé, d'arbres et de végétation herbacée cohabitent jusqu'à ~3m du linéaire sous-arboré



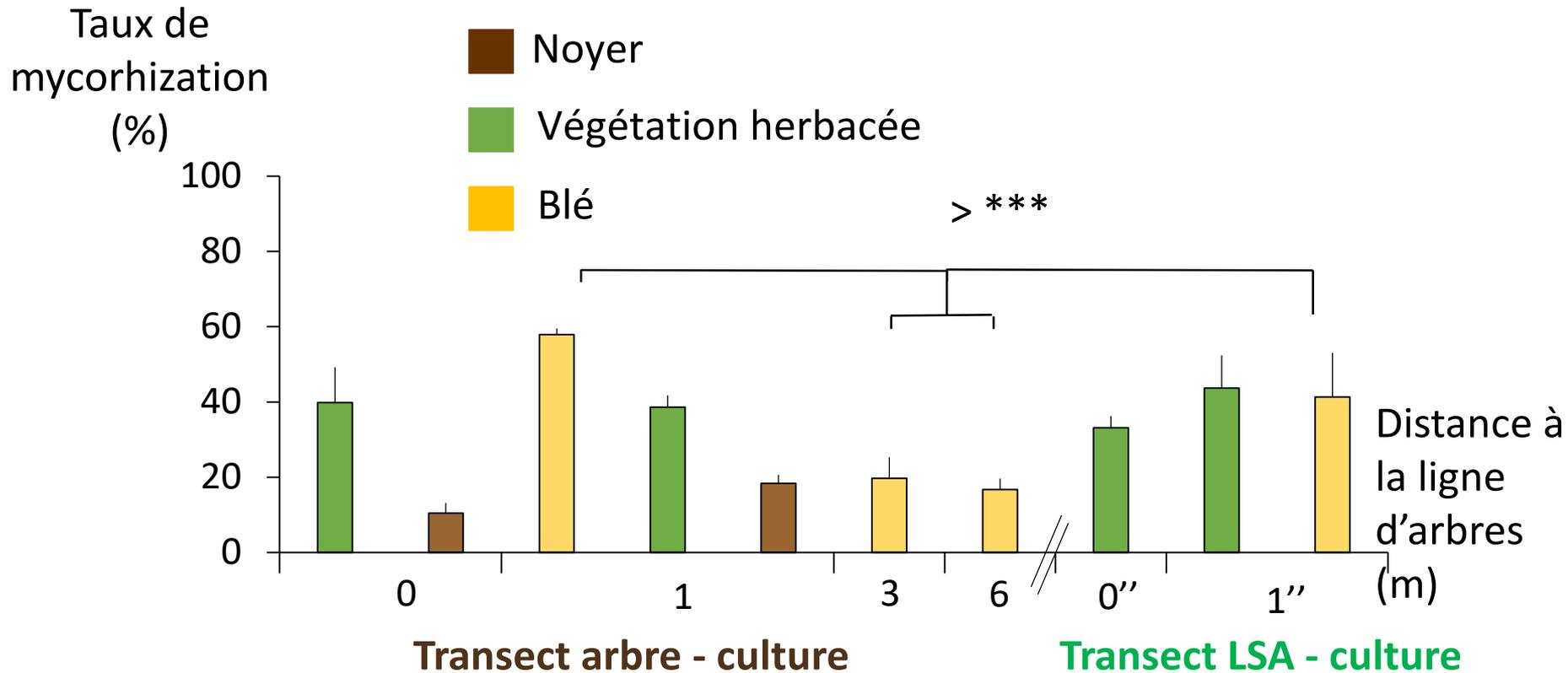
Les racines d'arbre n'évitent pas l'horizon cultivé.

Les racines de la végétation herbacée aussi s'étendent vers l'allée cultivée.

Phénologie décalée entre noyer et blé, mais pas entre végétation herbacée et blé.

Exemple : agroforesterie et mycorhization

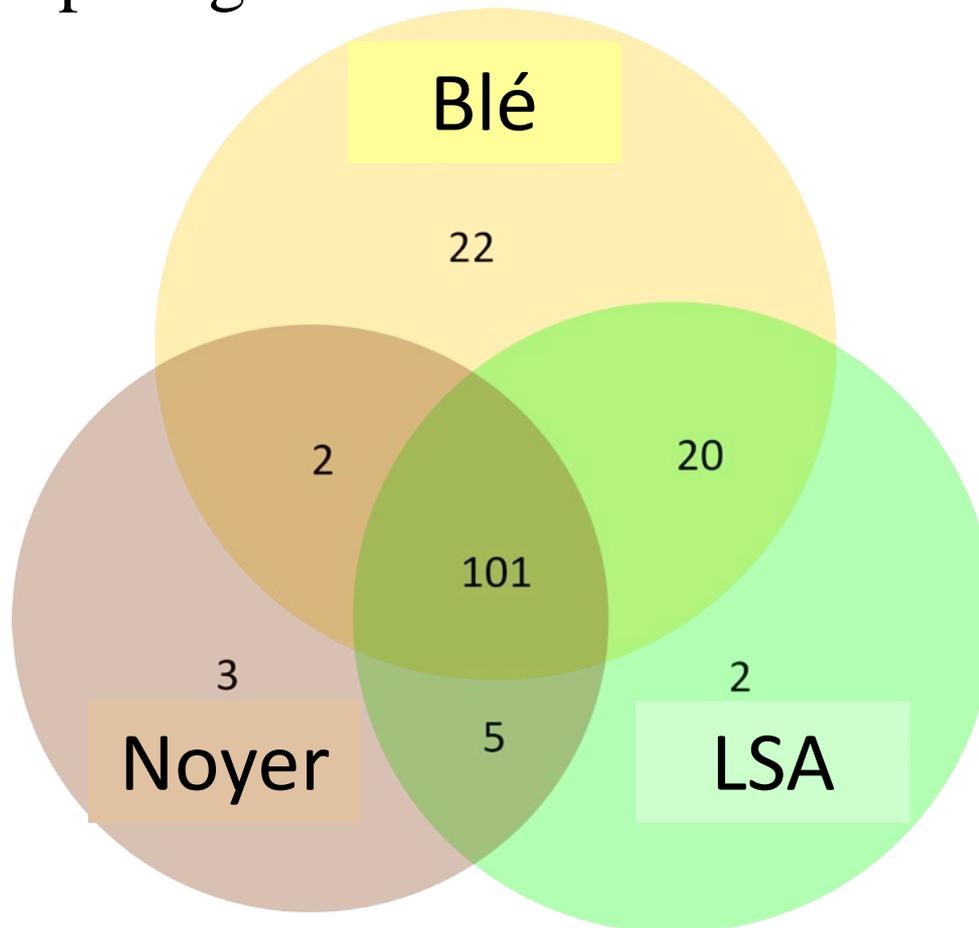
- Au printemps, les racines de blé sont clairement mieux mycorhizées à proximité de la ligne d'arbres



D'après Battie-Laclau, Taschen et al. 2019

Exemple : agroforesterie et mycorhization

- 82% de recouvrement taxonomique – beaucoup d'espèces partagées entre blé et herbacées du LSA



D'après Battie-Laclau, Taschen et al. 2019

Exemple : agroforesterie et mycorhization

- Au final : proche des lignes d'arbres,
 - Meilleure mycorhization du blé – notamment grâce à la végétation herbacée des LSA?
 - MAIS baisse de rendement du blé de 19%



D'après Battie-Laclau, Taschen et al. 2019

Exemple : agroforesterie et macrofaune du sol

- Les lignes d'arbres constituent un habitat très différent et a priori plus favorable pour la faune du sol que les allées cultivées

Effets de la présence de lignes d'arbres sur la faune du sol des allées cultivées?



Couvert permanent
Sol non travaillé

Sol travaillé et parfois à nu
Exportation d'une partie de la biomasse

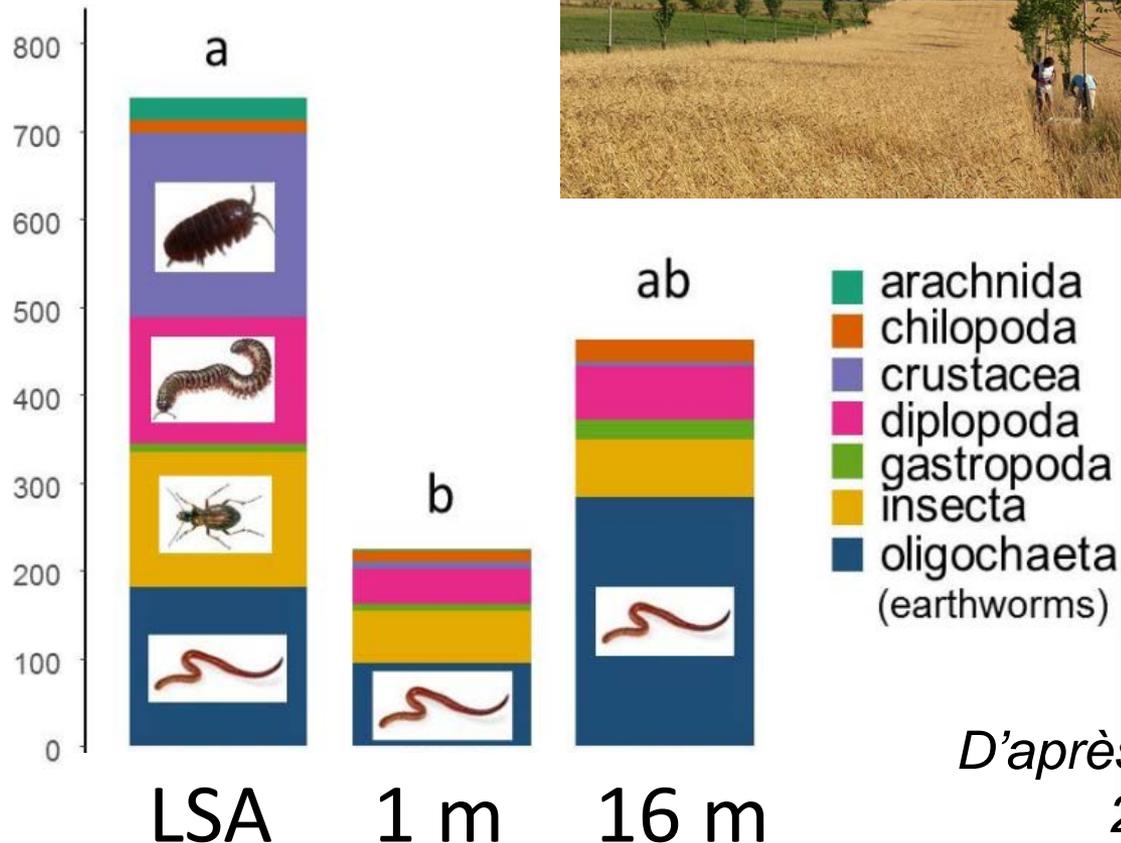


D'après d'Hervilly, 2019

Exemple : agroforesterie et macrofaune du sol

- Dans la parcelle de Jack de Lozzo, Gers

Abondance de macro-invertébrés (individus / m²)



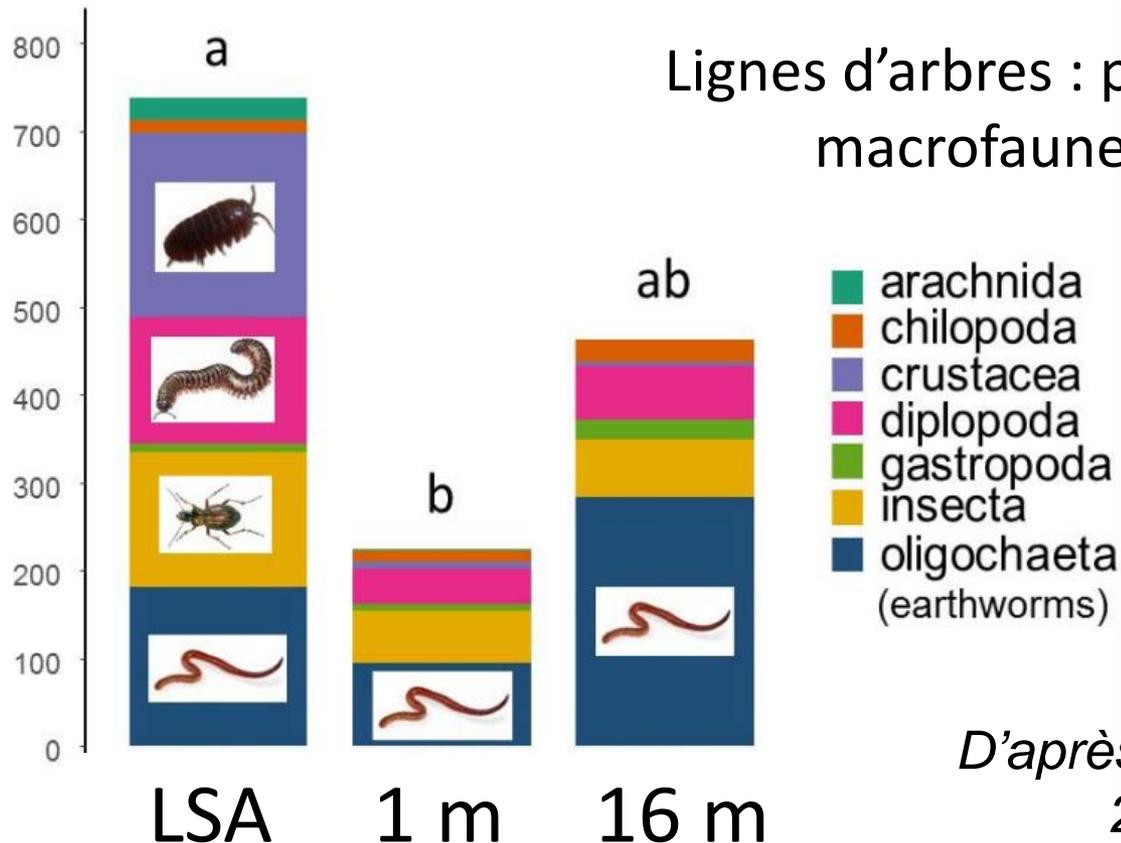
D'après d'Hervilly, 2019

Exemple : agroforesterie et macrofaune du sol

■ Dans la parcelle de Jack de Lozzo, Gers

Sur les lignes d'arbres : une communauté spécifique

Abondance de macro-invertébrés (individus / m²)



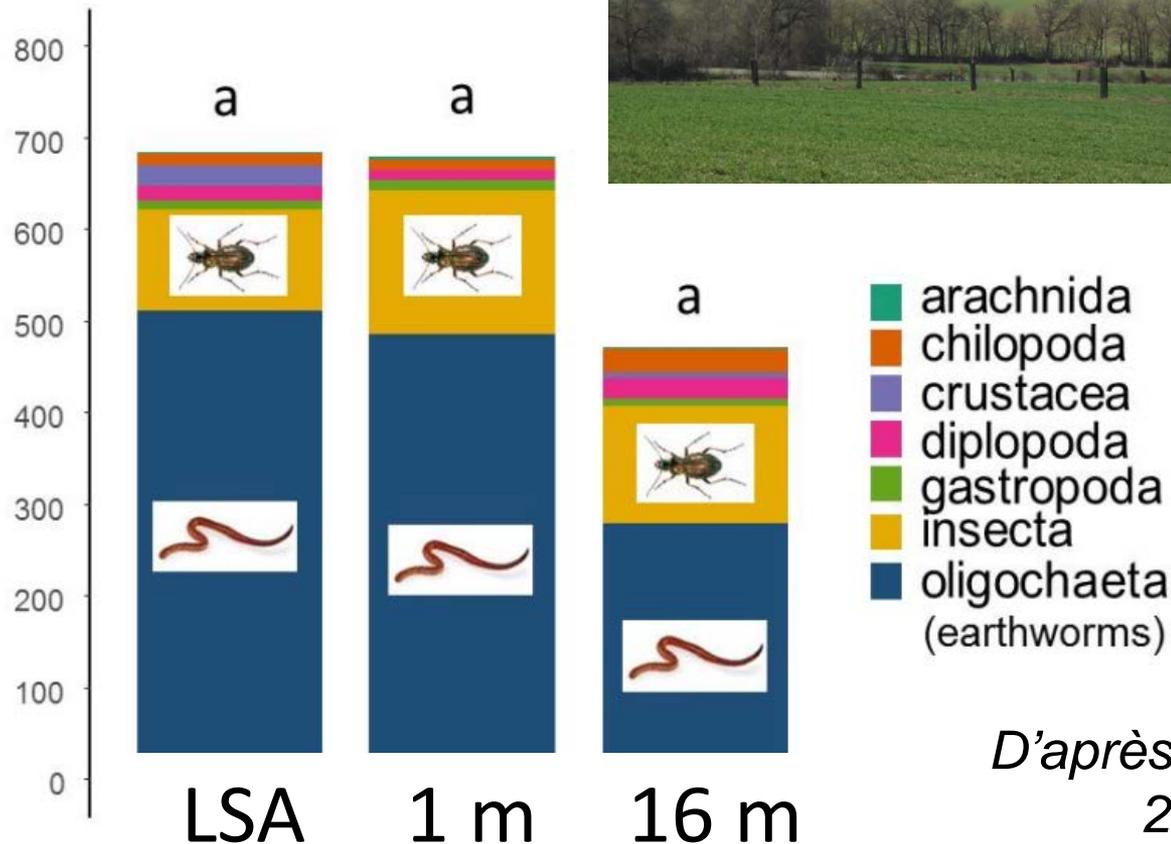
Lignes d'arbres : puits de macrofaune?

D'après d'Hervilly, 2019

Exemple : agroforesterie et macrofaune du sol

■ Dans la parcelle de Vincent Blagny, Gers

Abondance de macro-invertébrés (individus / m²)



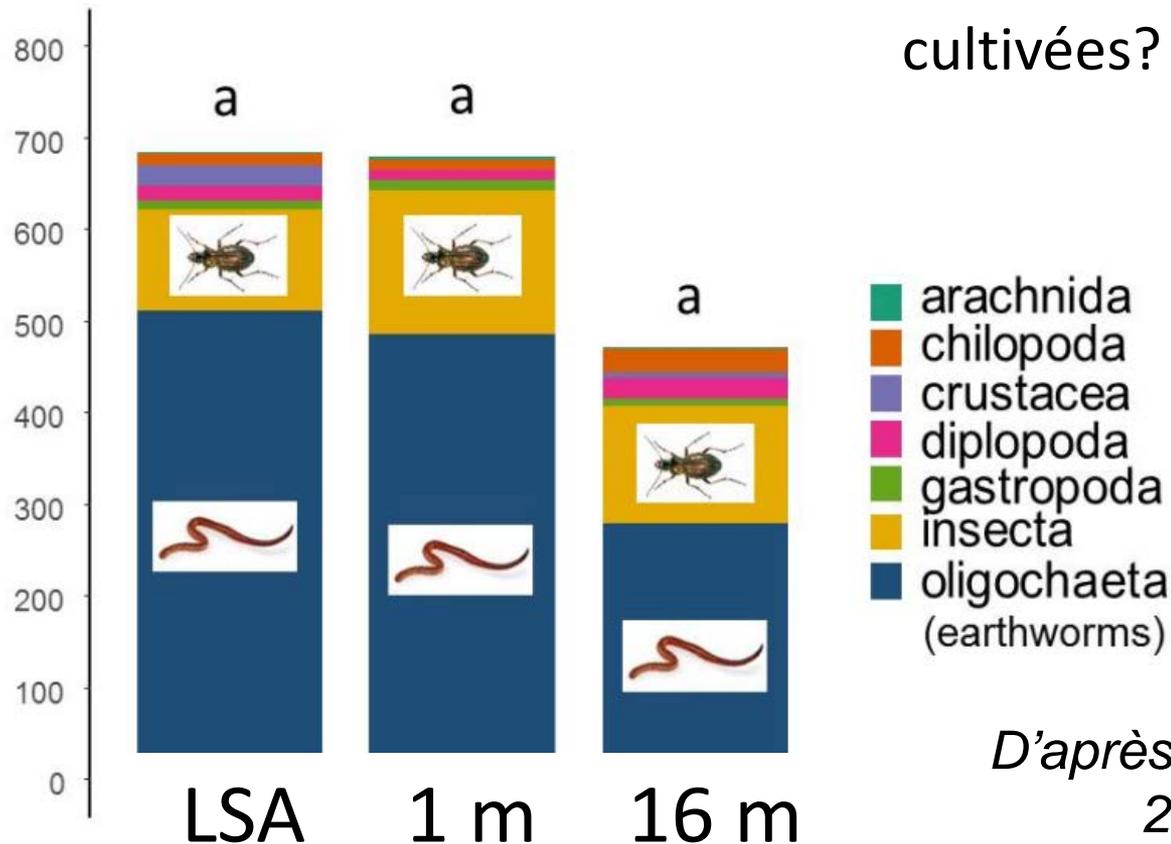
D'après d'Hervilly, 2019

Exemple : agroforesterie et macrofaune du sol

■ Dans la parcelle de Vincent Blagny, Gers

Lignes d'arbres : sources de macrofaune vers les allées cultivées?

Abondance de macro-invertébrés (individus / m²)



D'après d'Hervilly, 2019

Exemple : agroforesterie et macrofaune du sol



- L'effet des lignes d'arbres sur la macrofaune et le fonctionnement du sol des allées cultivées dépendrait
 - de la saison
 - de la gestion des lignes d'arbres et des allées.
- Suite des études:
 - Expérimentations *in situ* pour évaluer les déplacements de faune
 - Etudes intégratives de gradients de fonctionnement lignes d'arbres – allées cultivées
 - Effet gestion : études en réseau de parcelles d'agriculteurs

Conclusions : écologie du sol

- Acquisition de connaissances clé pour l'agroécologie
- Diversité des situations, diversité des interactions : le défi de la recherche de généricité
- Démarche scientifique souvent réductionniste, mais beaucoup d'efforts pour des travaux plus intégratifs

Agroécologie : un changement de posture

- L'activation des processus écologiques passe par la mobilisation d'organismes, souvent *peu connus* dans le contexte du champ cultivé
- Ressource clé : *la diversité*
 - Biologique
 - Des pratiques / systèmes techniques
 - Des acteurs / connaissances
- Enjeu clé : construction, hybridation et transmission de *connaissances*
- Approche holistique – intégrative – participative
- Une remise en cause des cadres de l'action

Gestion adaptative → Donner la capacité d'apprendre et de concevoir par soi-même

- Une diversité d'acceptations et d'approches de l'agroécologie

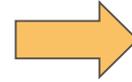
Se situer par rapport à différents référentiels et articuler les approches



Agroécologie :

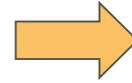
une réponse aux enjeux de l'agriculture ?

- Assurer une production, une transformation et une distribution qui répondent aux besoins alimentaires et non alimentaires d'une population croissante



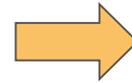
Fonder la fertilité sur des processus cycliques

- Réduire les externalités négatives de l'agriculture et fournir des services écosystémiques

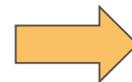


Rendre ces processus accessibles aux plus démunis

- Concevoir des systèmes techniques plus efficaces dans l'utilisation de ressources non renouvelables et capables de résister / limiter le changement climatique



Reconnecter production et alimentation



Faire de la (bio)diversité un pilier du fonctionnement des agrosystème