

Importance des symbioses dans le fonctionnement des écosystèmes terrestres : *Mutualisme avec les plantes chlorophyl.liennes*

Solène Mauger, Achim Quaisser,
Philippe Vandenkoornhuyse

Objectifs pedagogiques

TD communautés

- comprendre les niveaux hiérarchiques de l'écologie
- comprendre la place d'un prédateur comme élément régulateur de la diversité de la chaîne trophique
- comprendre les concepts (1) d'espèce clé (2) d'espèce généraliste et (3) d'espèce spécialiste
- être capable de calculer et d'interpréter
 - *l'indice de Shannon
 - *l'indice de diversité relative
- être capable de construire un diagramme pollinique et de l'interpréter

TD interaction mutualiste :

- comprendre ce qu'est la symbiose et notions sous-jacentes (faire le lien avec le TD communautés)
- comprendre l'instabilité théorique du mutualisme et l'introduction à la théorie des jeux
- comprendre le concept de complémentarité
- comprendre le lien entre diversité et productivité
- comprendre la place des mycorhizes dans le fonctionnement écosystémique
- être capable d'analyser et interpréter des figures en :
 - *posant une hypothèse de travail
 - *décrivant la figure
 - *interprétant les observations sur la base des connaissances acquises



Champignons symbiotiques dans les écosystèmes : Les mycorhizes

1- définitions

2- rôles des mycorhizes et importance écologique

3- stabilité du mutualisme : réflexions (TD)

4- relation diversité productivité : réflexions (TD)

1-définitions

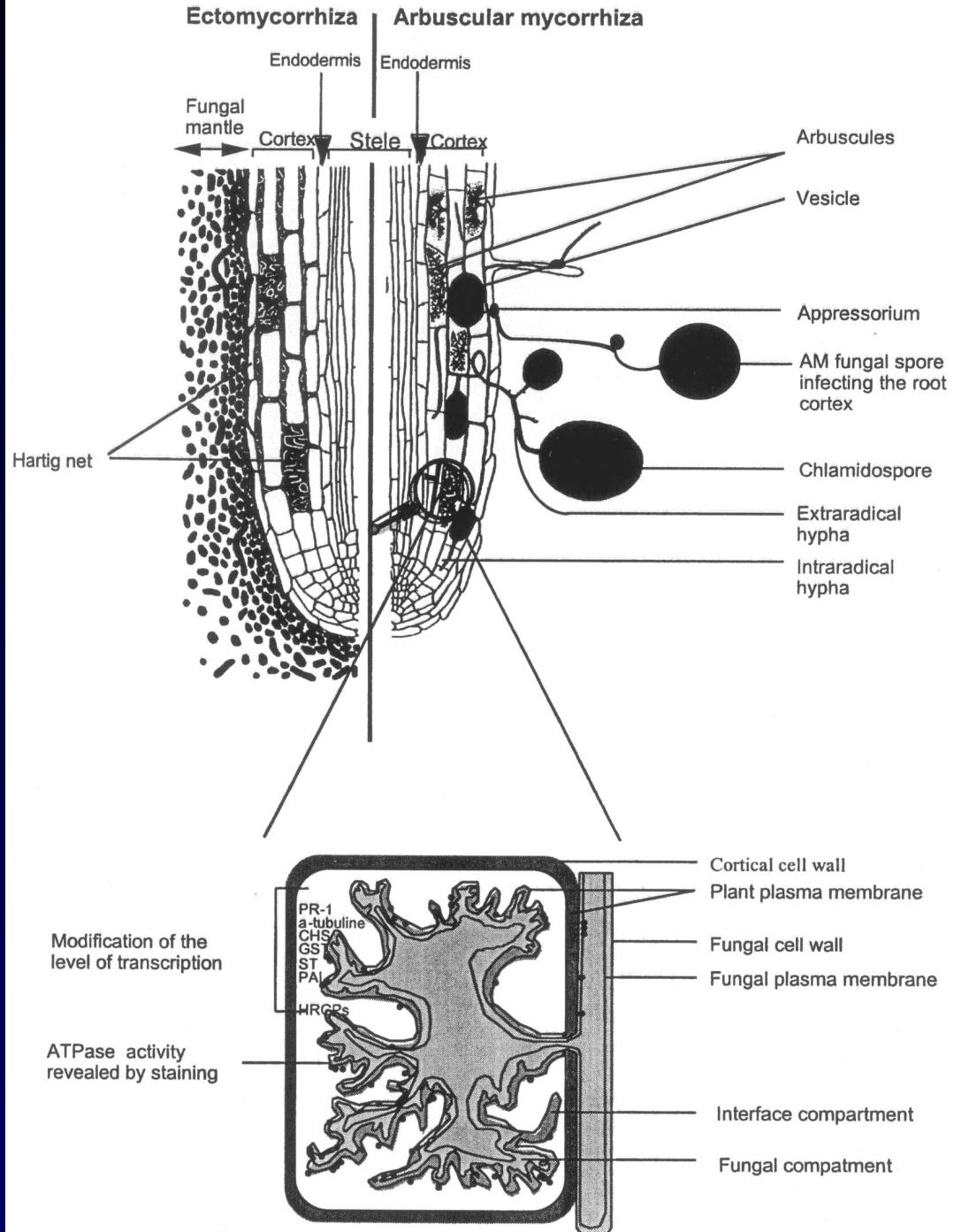
- Symbiose= vivre avec
 - Interaction durable entre des organismes
 - Symbioses de différentes natures (définition étendue dépassant les limites du mutualisme)
 - Mutualisme +/+
 - Commensalisme +/0
 - Saprophitisme +/0
 - Neutre 0/0
 - Parasitisme +/-

1-définitions

- Mycorhize
 - Les mycorhizes sont des associations symbiotiques contractées par les racines des végétaux avec certains champignons du sol. Elles ont été découvertes par Frank en 1884.
 - Mycorhizes à arbuscules (*Glomeromycetes*) → objet du TD
 - ~80 % des plantes, de tout types, tout écosystèmes
 - Ectomycorhize (Ascomycetes & Basidiomycetes)
 - ~8 % des plantes (arbres)
- Plus anecdotiques :
 - Ectendomycorhize (Ascomycetes & Basidiomycetes)
 - Monotropoïde
 - Arbutoïdes
 - Orchidoïdes (Basidiomycetes)

Les différents types de mycorhizes

-Mycorhizes à arbuscules



Les mycorhizes

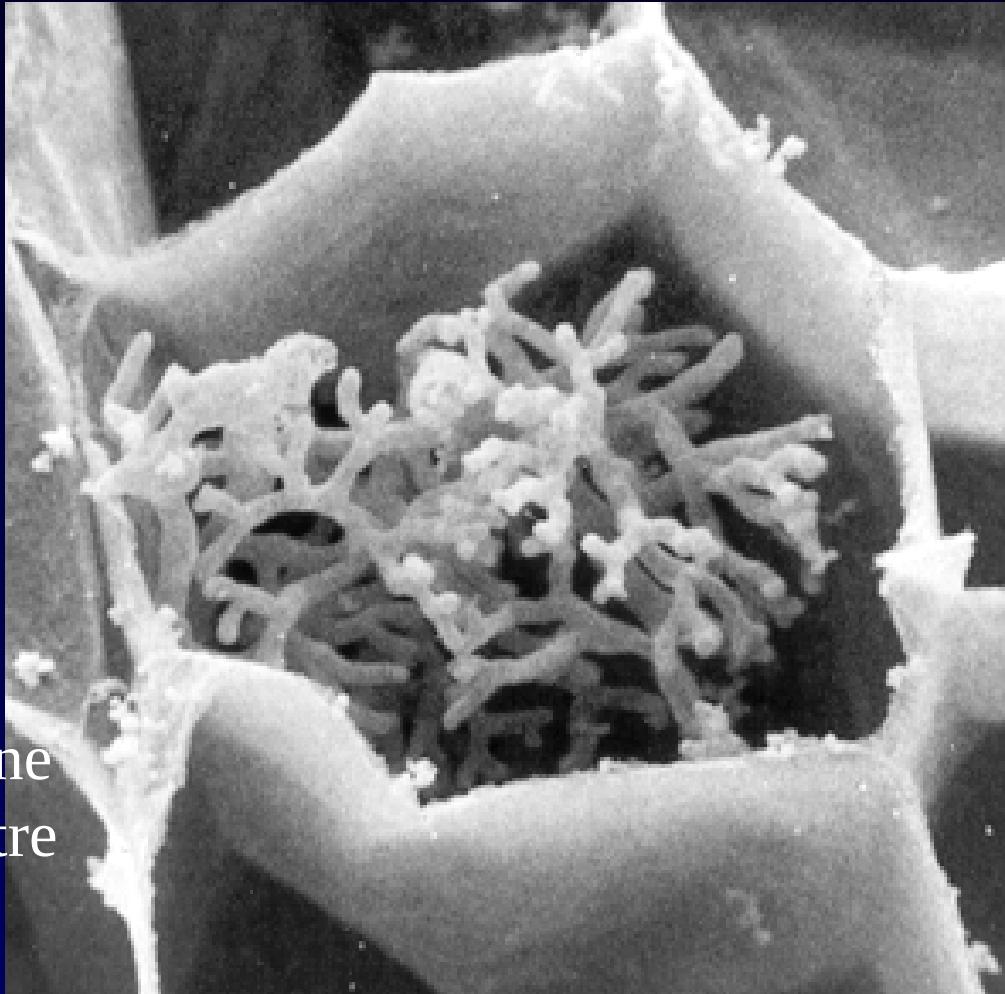
1-définitions

- Mycorhizes à arbuscules

- Arbuscule dans une cellule corticale

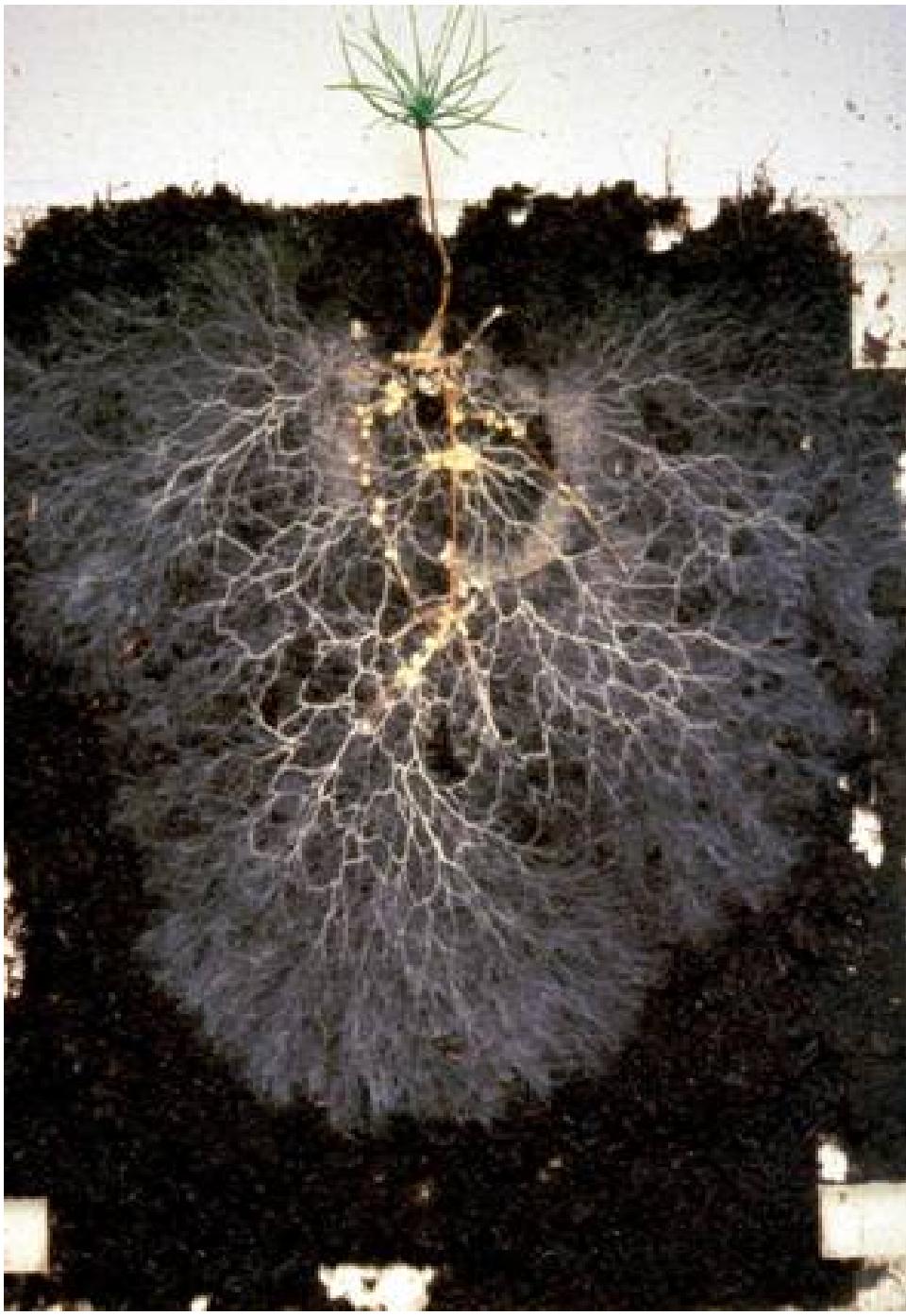
① 80 % des plantes terrestres

② très ancienne symbiose à l'origine de la colonisation du milieu terrestre il y a 450 millions d'années









Réseau d'hyphes très dense

→ exploration du sol par le champignons à partir de la racine



Champignons symbiotiques dans les écosystèmes :
Relation mutualiste mycorhizienne

2- Rôles des mycorhizes et importance écologique

Les mycorhizes

2-rôles écologiques –carbone –

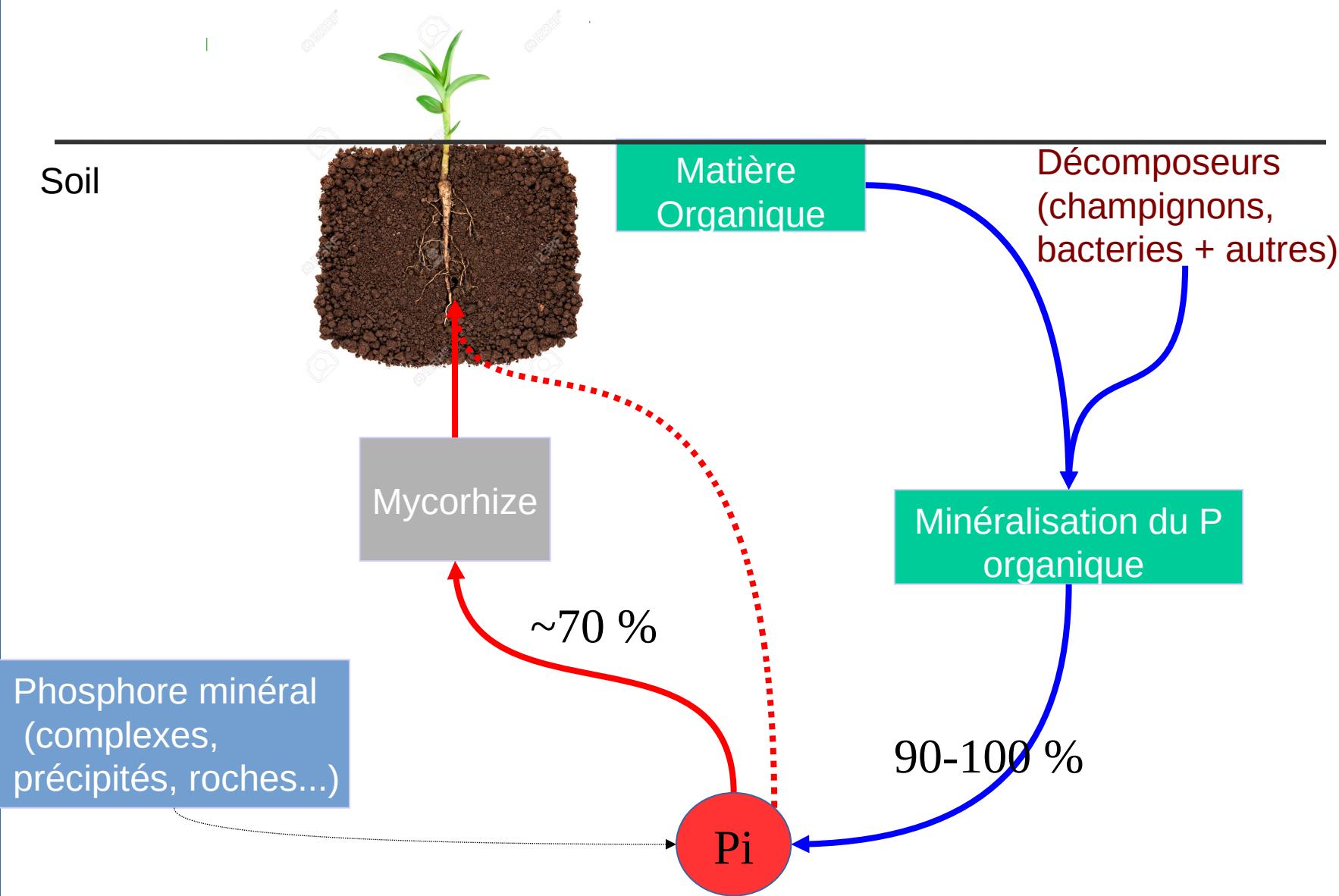
- De la plante aux mycorhizes
 - Mycorhize dépendante du carbone provenant de la plante
 - Coût de la symbiose (*mesuré avec isotope ^{13}C CO₂*)
 - 7 à 20% du C fixé (mycorhize à arbuscules)

Les mycorhizes

2-rôles écologiques –phosphore –

- P : élément limitant pour la croissance des plantes
 - P dans le sol
- Mycorhizes : hyphes pour l'exploration du sol et amélioration de la nutrition phosphatée
 - Volume de sol considérable exploré
 - Transporteurs actifs

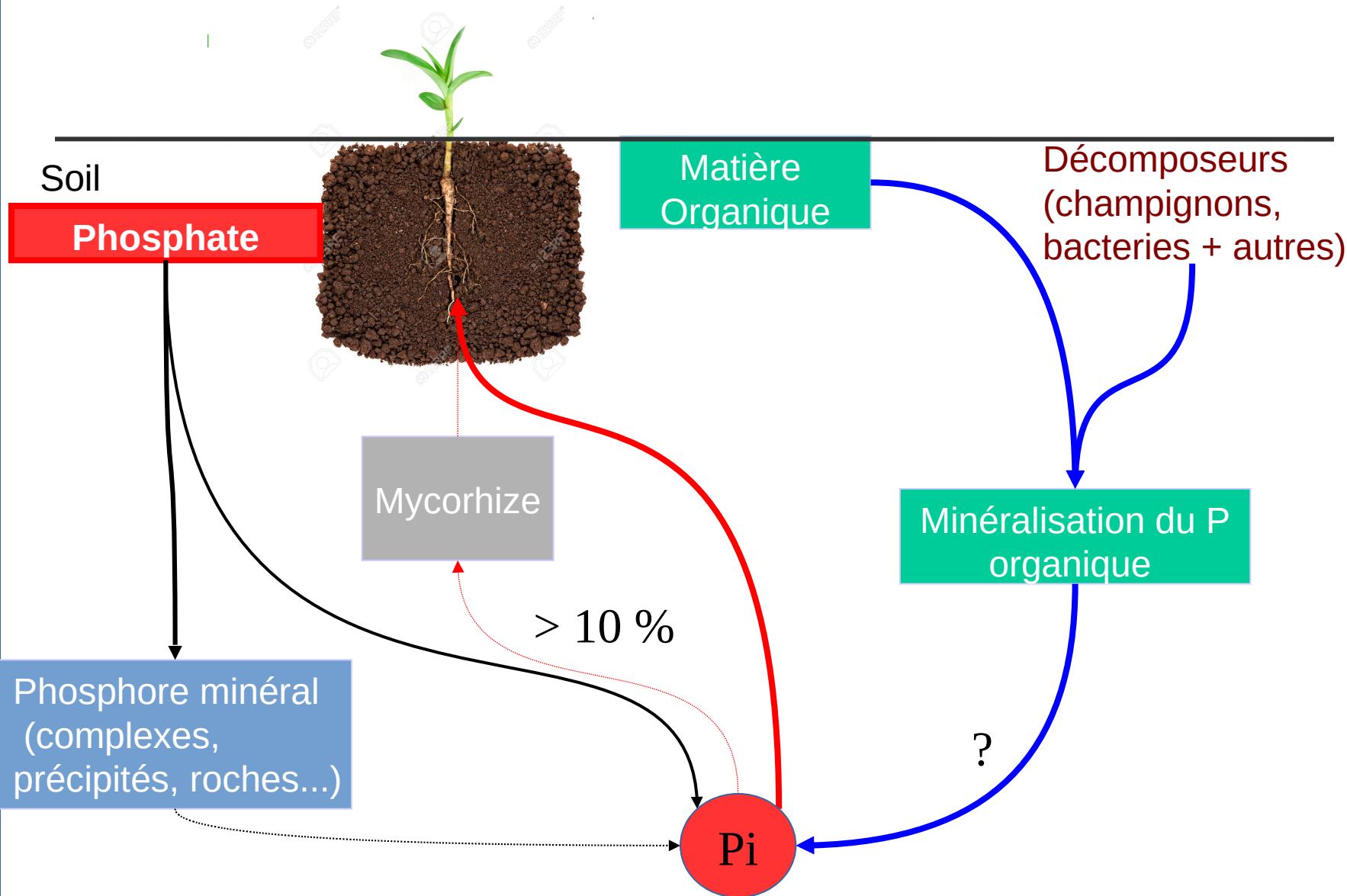
Milieux naturels : ex forêt amazonienne



Acide phosphorique ou P sous d'autres formes

- engrais minéral (NPK)

Milieux agricoles conventionnels



Conclusions :

- 1-l'amendement en engrais dans les agrosystèmes est une compensation d'une fonction écologique altérée
- 2-la fertilité n'est pas lié à la concentration des éléments minéraux qui s'y trouvent mais à l'efficacité fonctionnelle des symbiotes et des décomposeurs
- 3-La fertilité du sol est un service écosystémique soutenu par les champignons mycorhiziens et par les décomposeurs

Les mycorhizes

2-rôles écologiques –azote –

- Sols pauvres : ectomycorhize indispensable à la survie et au développement des arbres**
 - mise à disposition de la plante de formes d'azote généralement mal utilisées
 - Augmentation de la quantité d'azote minéral absorbée (par les hyphes)

2-Rôles écologiques –fonctions –

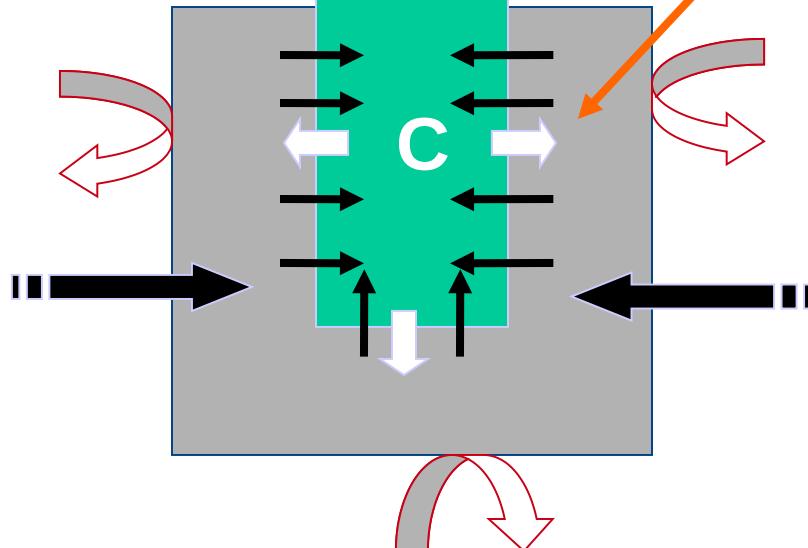
Autres rôles écologiques des mycorhizes à arbuscules :

- Nutrition minérale : stimulation de la croissance et du développement de la plante-hôte
 - N, P
 - Cu, Fe, Zn, K
- Alimentation hydrique
- Protection phytosanitaire

Fonctions reconnues des mycorhizes

- Compartiment végétale**
- Nutrition minérale
 - Alimentation hydrique
 - Protection phytosanitaire
 - Effet sur la diversité

**Compartiment mycorhizien
= interface**



Phytoprotection (physique/biochimique)

P (inorganique)
N (inorganique ou organique)
H₂O
Zn, Cu, Fe, K



Champignons symbiotiques dans les écosystèmes :
Relation mutualiste mycorhizienne

3- Stabilité du mutualisme

3-stabilité du mutualisme

- Principe de la sélection naturelle néo-Darwinienne
 - Maximiser la valeur sélective (fitness)
 - Les organismes luttent pour se maintenir (théorie Reine Rouge=évolution hôte-pathogène)
- Contexte du mutualisme
 - Organisme hôte espère de son symbionte une forte contribution avec une compensation minimale en retour
 - Un symbionte attend de son hôte un maximum de profit en échange d'un investissement faible

→ Comportement tricheur sélectionné

3-stabilité du mutualisme

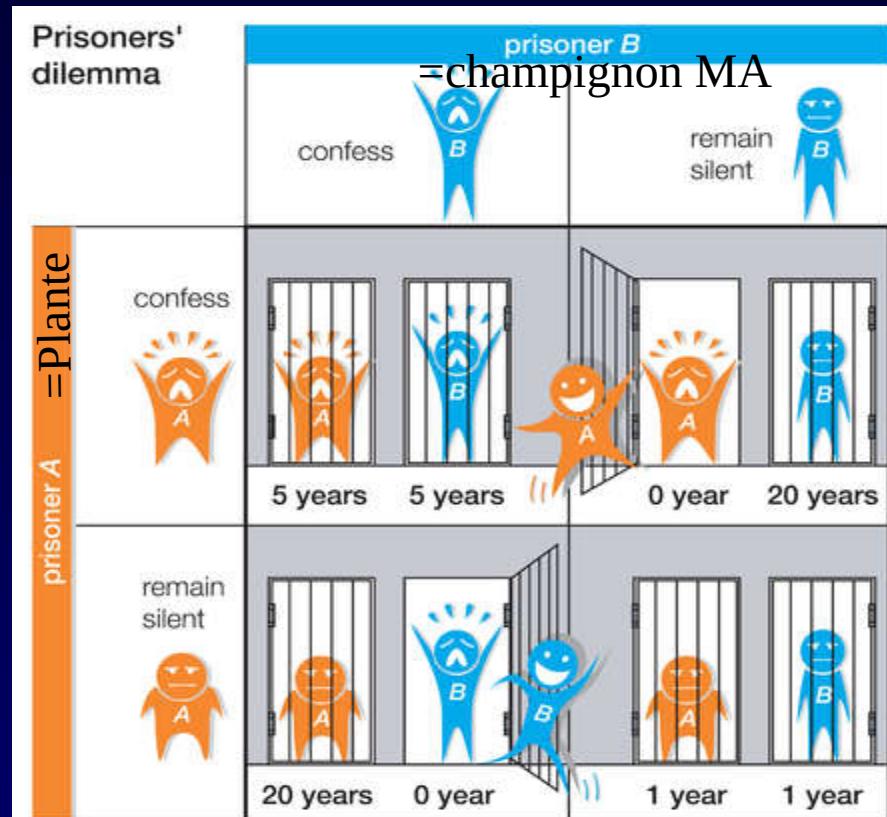
- Symbiose mutualiste = instable en théorie
 - Instabilité formalisée par la théorie des jeux
 - Dilemme du prisonnier

‘prisonnier’ A = plante

‘prisonnier’ B = champignon MA

‘Confess’ = tricheur

‘Remain Silent’= coopérateur



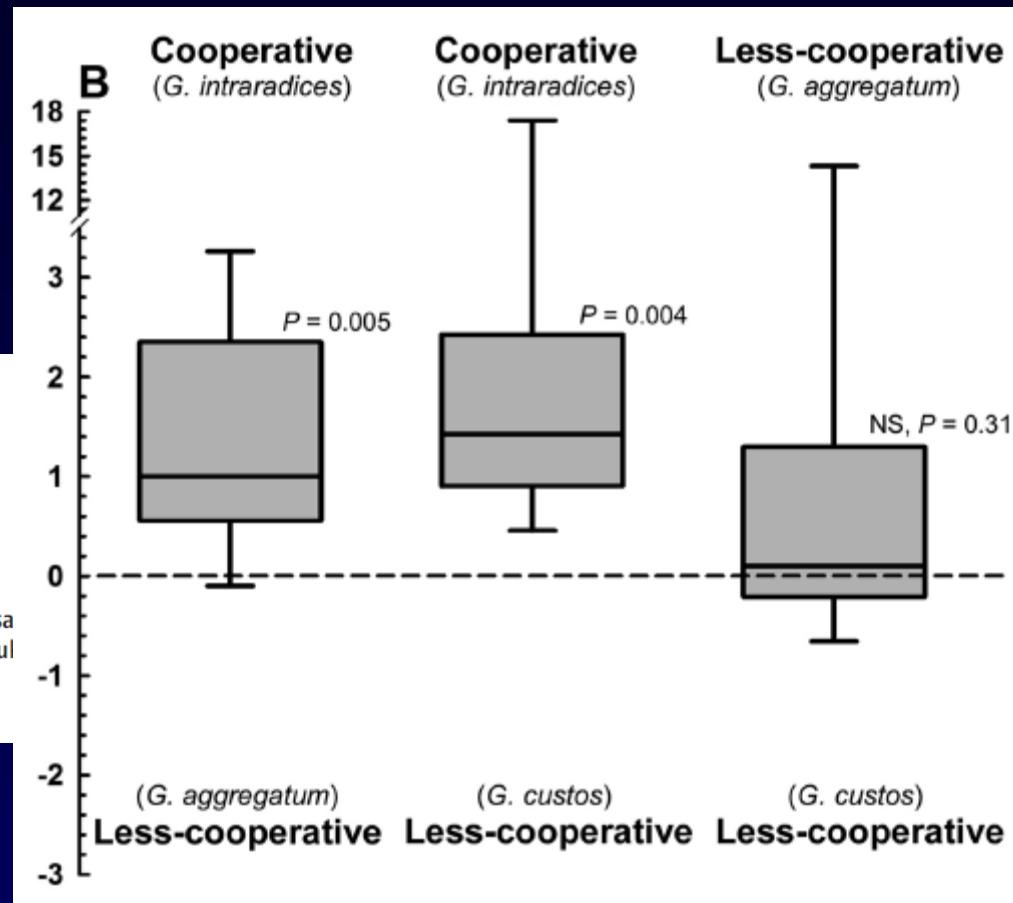
3-stabilité du mutualisme

Exercice 1:

Reciprocal Rewards Stabilize Cooperation in the Mycorrhizal Symbiosis

E. Toby Kiers,^{1*}† Marie Duhamel,^{1,2} Yugandhar Beesetty,^{3,4} Jerry A. Mensa Oscar Franken,¹ Erik Verbruggen,¹ Carl R. Fellbaum,⁴ George A. Kowalchuk, Miranda M. Hart,⁶ Alberto Bago,⁷‡ Todd M. Palmer,⁸ Stuart A. West,⁹ Philippe Vandenkroonhuyse,² Jan Jansa,¹⁰ Heike Bücking⁴†

12 AUGUST 2011 VOL 333 SCIENCE www.sciencemag.org



Conclusions

1-Les symbioses évoluent sous l'effet des contraintes environnementale

→ Un mutualiste peut devenir tricheur (=parasite)

2-Des organismes mycorhiziens tricheurs existent dans les agrosystèmes (tels que ceux utilisés dans l'expé)

→ Nécessité d'envisager une agriculture durable qui n'endomage pas la fonction écologique de fertilité du sol

→ Quelles solutions ?

Pour en savoir un peu plus...

Sustainable agriculture: possible trajectories from mutualistic symbiosis and plant neodomestication

Marie Duhamel^{1,2} and Philippe Vandenhoornhuys¹

Trends in Plant Science November 2013, Vol. 18, No. 11



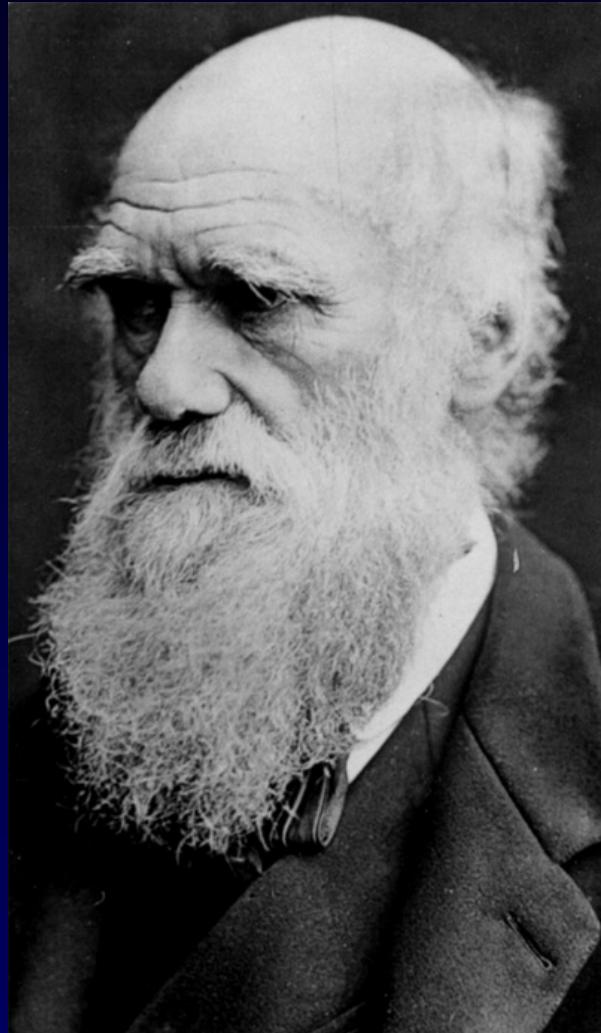
Champignons symbiotiques dans les écosystèmes :
Relation mutualiste mycorhizienne

4- Relation diversité / productivité

4-Relation diversité-productivité

- Plus un écosystème est diversifié en nombre d'espèces plus celui-ci est productif :
- Une hypothèse basée sur l'observation, pas une démonstration

Une explication théorique simple...

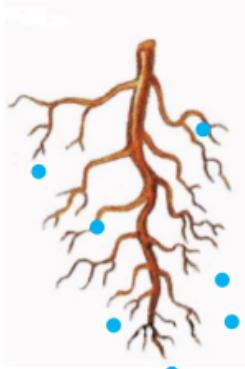


Une explication théorique simple...

Hypothèse de complémentarité dans l'usage des ressources (=differentiation de niche)

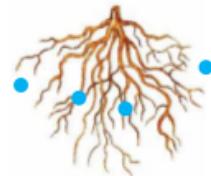
Complémentarité : conséquences d'une différenciation de niches écologiques entre espèces

Espèce 1



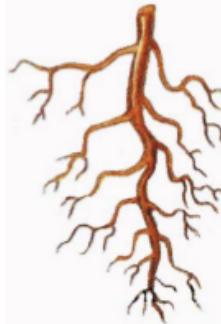
\neq Espace

Espèce 2



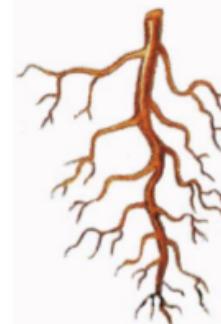
•

Espèce 1



Printemps

Espèce 3



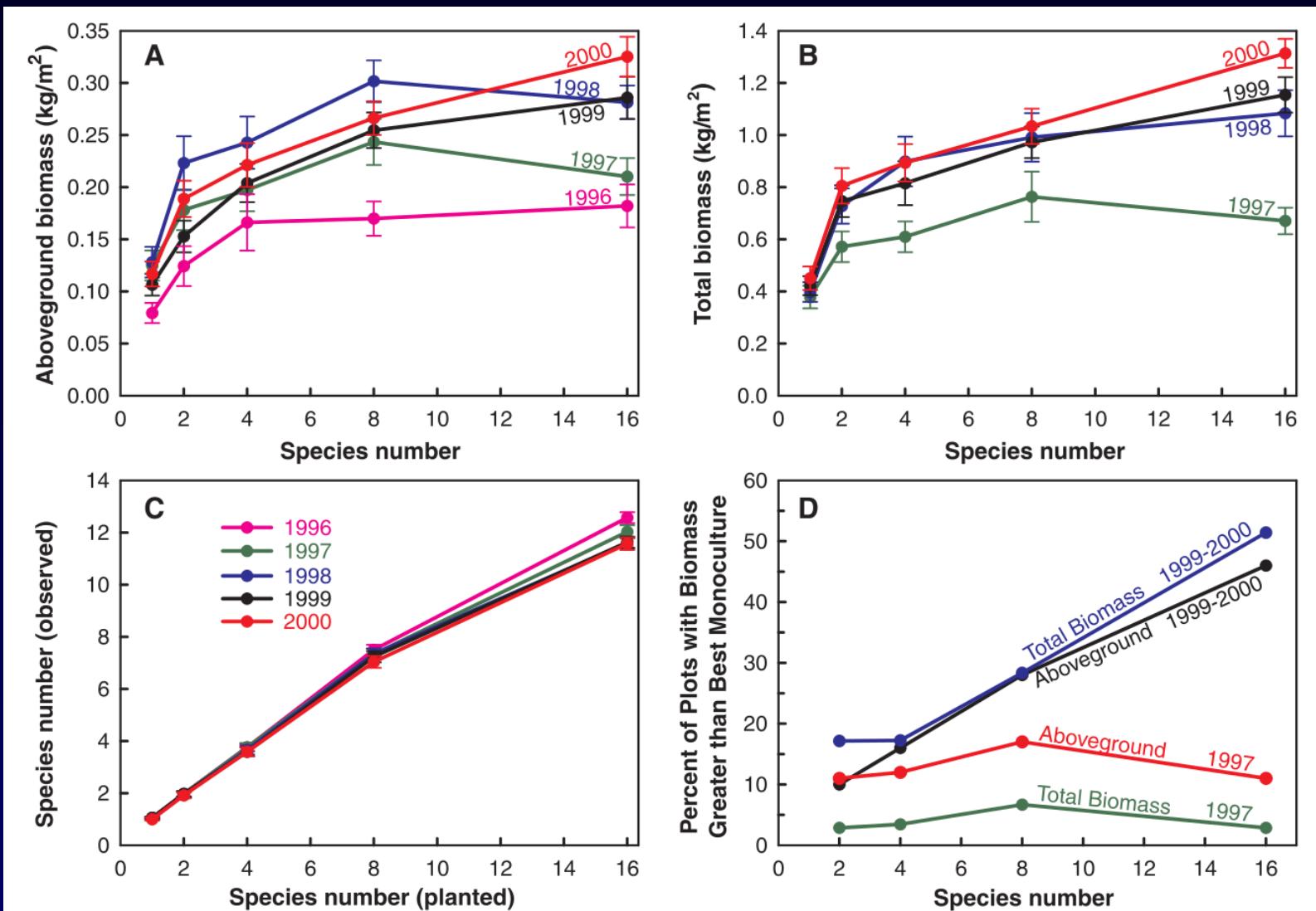
Eté

\neq Temps

Comment tester l'hypothèse d'un lien entre diversité d'espèces et productivité telle que prédite par Darwin ?



4-Relation diversité productivité



Conclusions

1-un lien positif existe entre diversité des espèces de plantes dans un milieu et productivité

→ Une loi fondamentale de l'écologie scientifique

2-des opportunités d'agriculture alternative durable et productive tirant profit d'une plus grande richesse d'espèces dans les agrosystèmes (p.ex. Permaculture et autres...)

Conclusions

Les microorganismes sont clés dans le fonctionnement des écosystèmes mais sont largement ignorés

Les intégrer dans la compréhension permet d'expliquer la loi du lien entre richesse en espèces et productivité écosystémique :

Augmentation de la diversité des plantes

