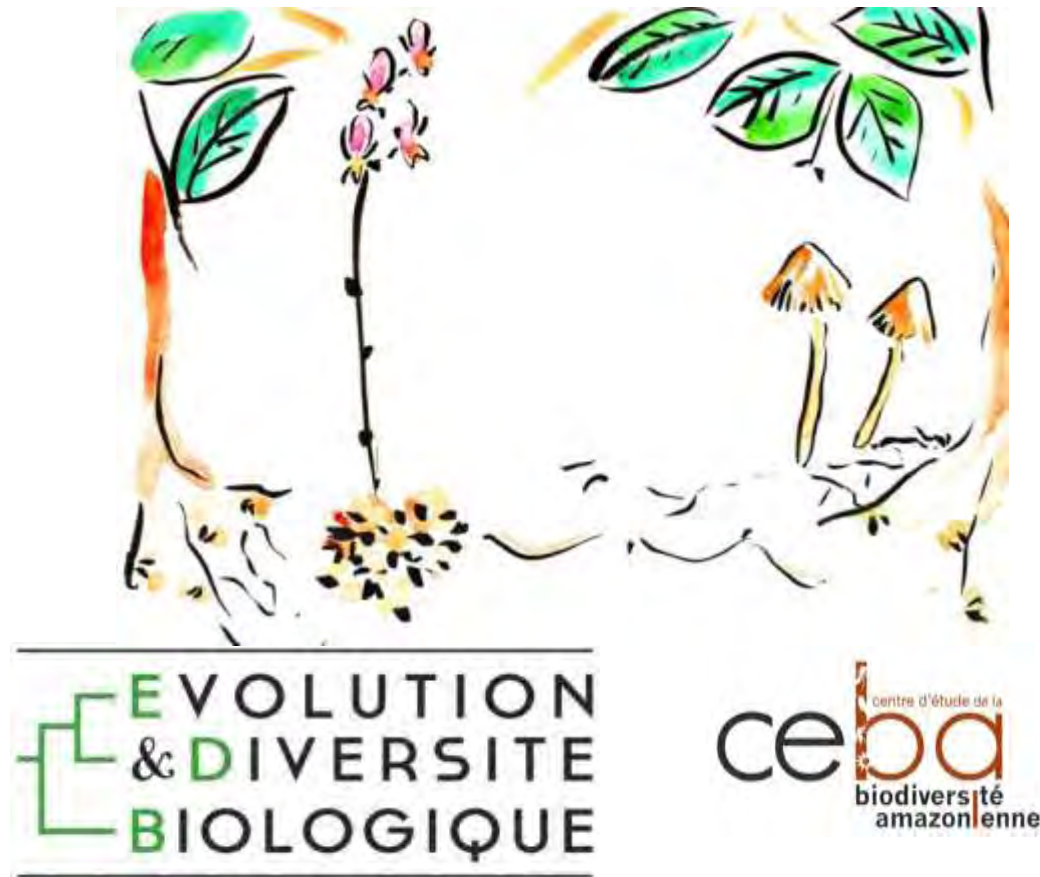


Des réseaux...partout ?

Distribution et écologie des réseaux mycorhiziens



Mélanie Roy, Heidy Schimann, Ricardo Braga-Neto, Sophie Manzi, Laura Fernandez, Jan Hackel, Mariana Sa, Rosa Angelica Elias Da Silva, Jaime Duque, Dawn Frame, Cony Decock, Pierre-Arthur Moreau, Terry Henkel, Felipe Wartchow, Maria Alice Neves.

Des réseaux...partout ?

Distribution et écologie des réseaux mycorhiziens

1. Les champignons mycorhiziens forment-ils toujours des réseaux ?
1. Un réseau est-il toujours bénéfique ?
1. Dans quels écosystèmes détecte-on (ou pas) de tels réseaux ?



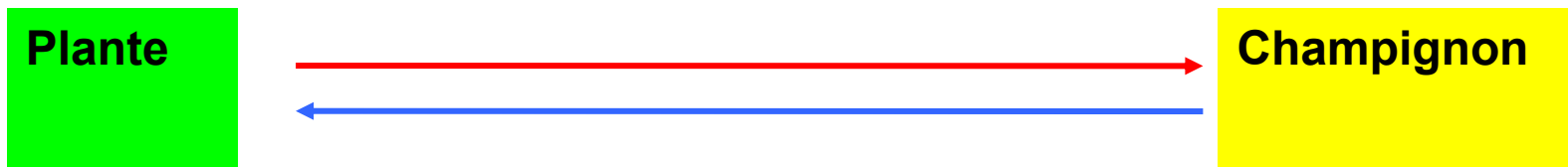
De la symbiose mycorhizienne au réseau mycorhizien

Des bénéfices multiples

- Extension de la surface d'absorption
- Protection des racines
- Tolérance au calcium



C organique (trehalose, mannitol), vitamines, hormones.



Eau, Sels minéraux, azote, phosphore, vitamines, hormones

De la symbiose mycorhizienne au réseau mycorhizien

Un chêne est souvent associé à...

- Des glomeromycètes
- >200 espèces de basidio et ascomycètes
- Peut partager des champignons mycorhiziens avec des orchidées environnantes !



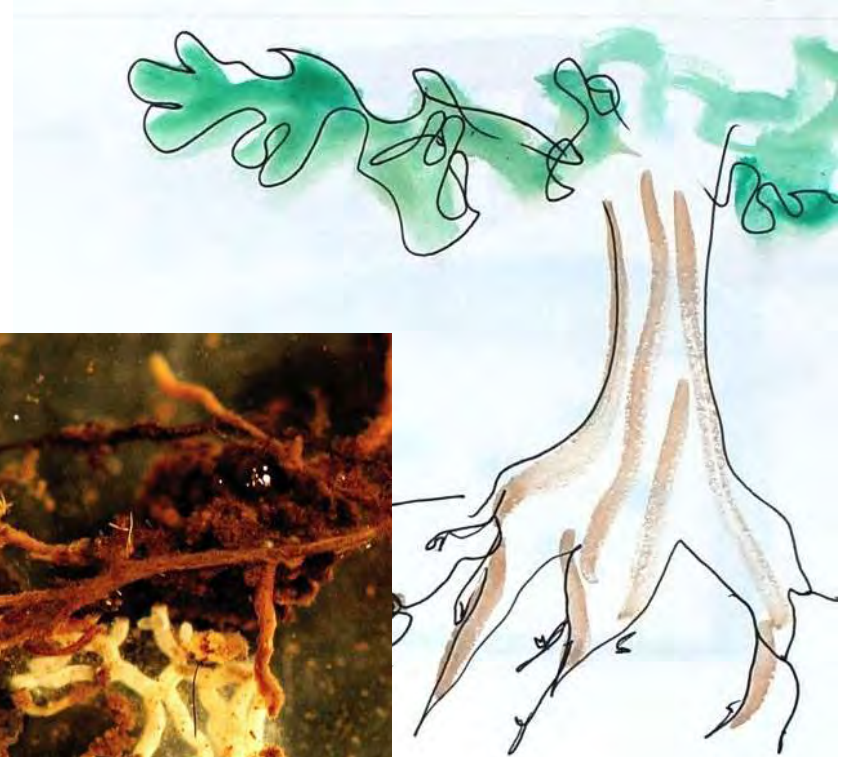
DES symbioseS mycorhizienneS

De la symbiose mycorhizienne au réseau mycorhizien

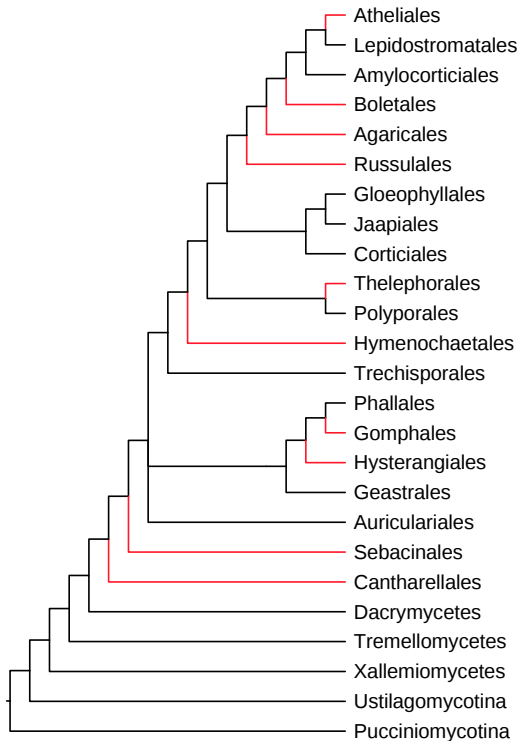
15% des espèces
de plantes sont
ectomycorhizées

Arbres tempérés et
quelques espèces
tropicales

Extension du
mycélium et activité
phosphatase
plus importantes



De la symbiose mycorhizienne au réseau mycorhizien



Environ 5000 espèces de champignons
Dont les cèpes, russules, chanterelles...

Mycorhizent près de 45000 espèces de plantes!

De la symbiose mycorhizienne au réseau mycorhizien

la Truffe est-elle spécialisée ?



De la symbiose mycorhizienne au réseau mycorhizien

la Truffe est-elle spécialisée ?



Association aux cistes, hélianthèmes
Chênes, Pins, cèdre du liban, noisetier, et même des aulnes !!!

De la symbiose mycorhizienne au réseau mycorhizien

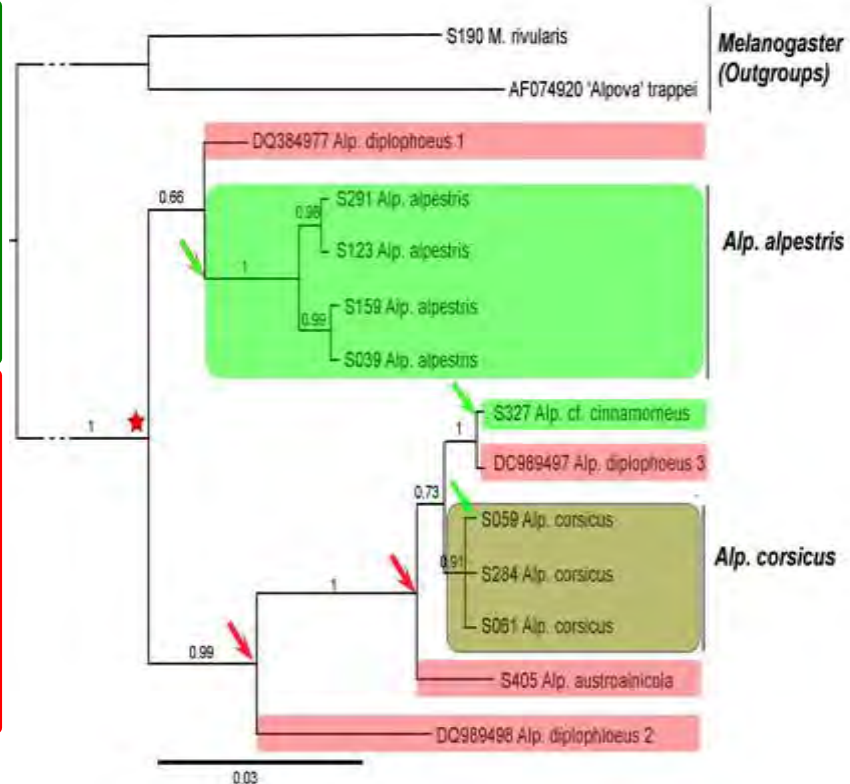
Et même des aulnes ?

De la symbiose mycorhizienne au réseau mycorhizien

Et même des aulnes ?



Alnus spp.



Alpova spp.

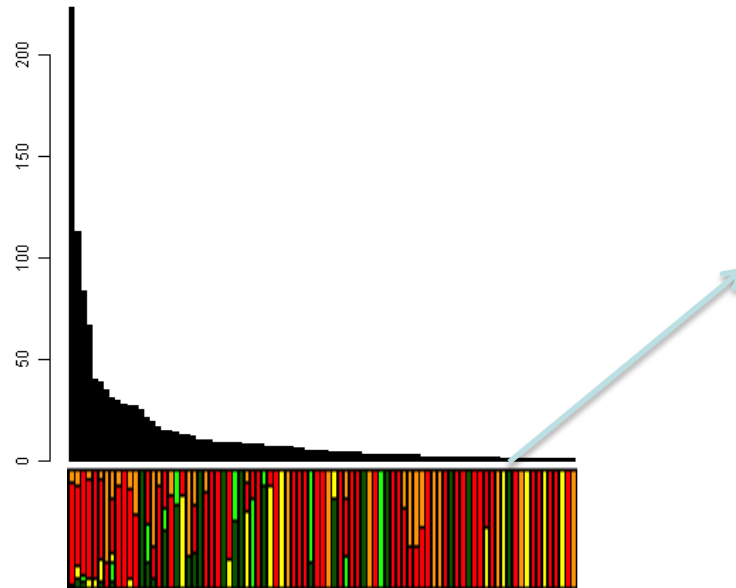
(Rochet et al., 2011)

De la symbiose mycorhizienne au réseau mycorhizien

Et même des aulnes ?



Alnus spp.

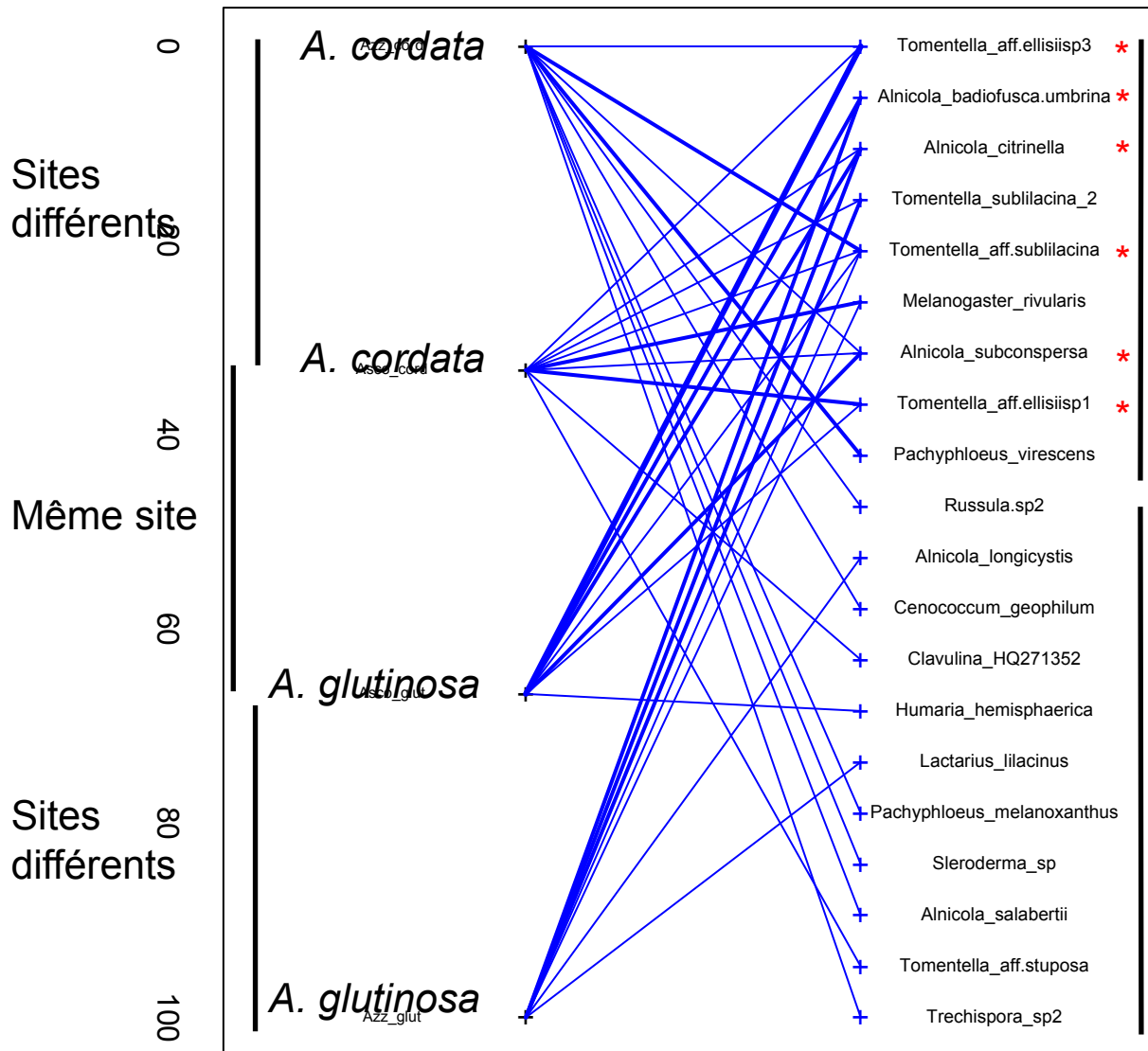


Alpova spp.

(Roy et al., 2013)

Espèces partagées
par les deux
espèces sur le
même site

Abondance
décroissante
des
champignons



Ensemble de
champignons
associés aux deux
espèces d'aulnes,
sur un même site
ou sur des sites
distincts

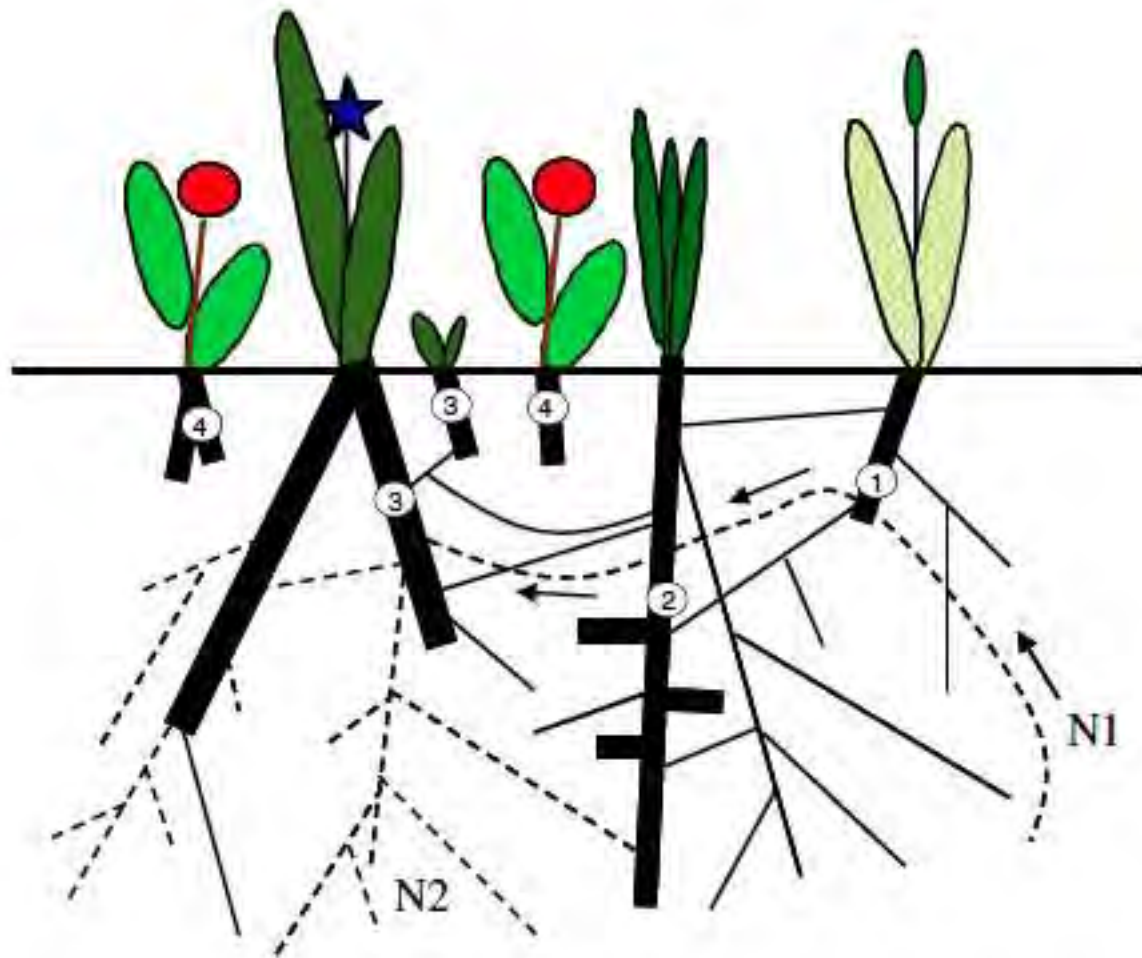
Ensemble de
champignons
associés
uniquement à *A.
cordata* ou à *A.
glutinosa*

De la symbiose mycorhizienne au réseau mycorhizien

Bilan

- Peu de champignons sont associés à une seule espèce d'hôte (lactaire délicieux, boletaceae, ou champignons des mélèzes)
 - Peu de plantes n'ont qu'un champignon associé (plantes parasites de champignons)
- Des réseaux d'échanges potentiels entre plantes ?

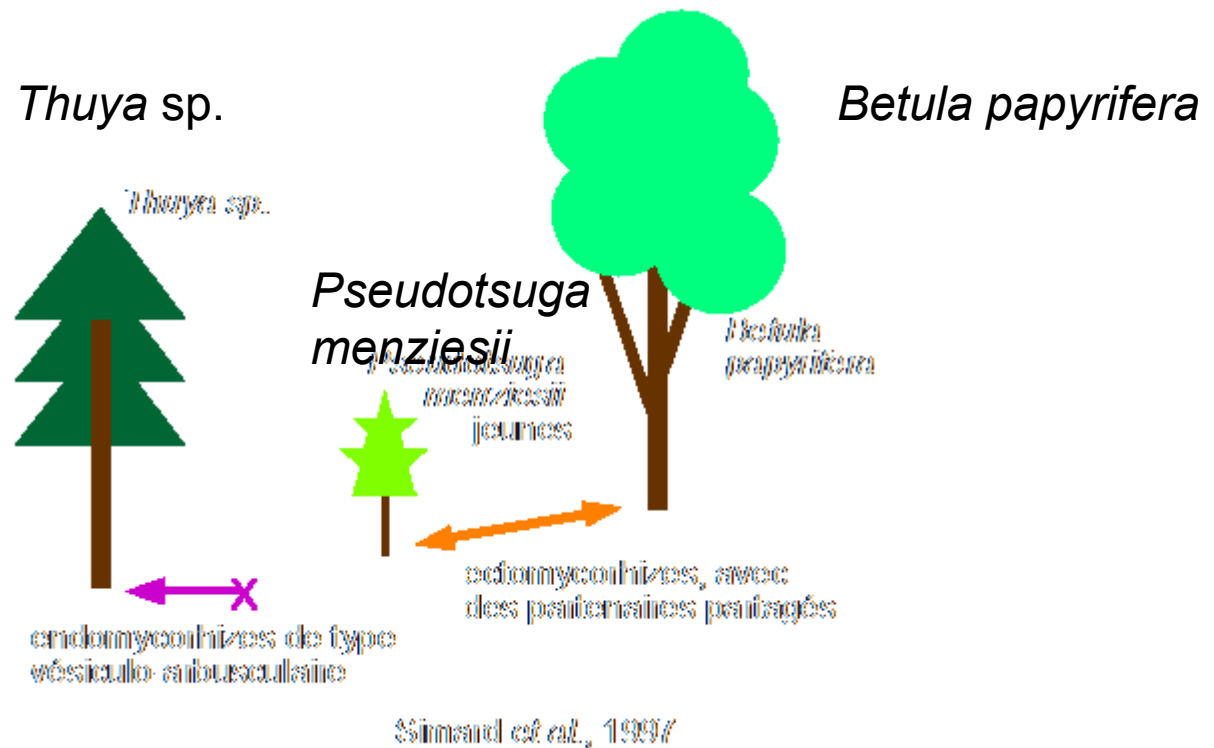
Des réseaux toujours bénéfiques ?



(Van den Heijden & Horton, 2009)

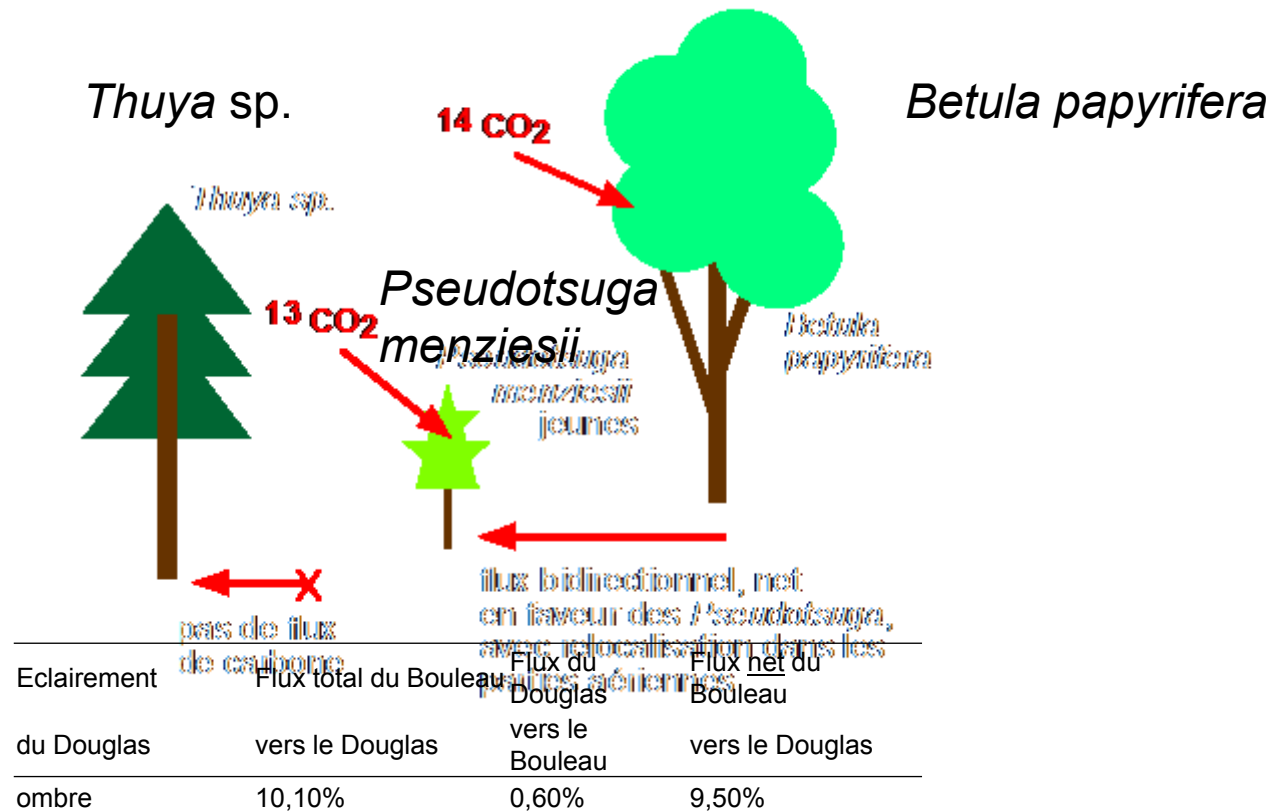
Des réseaux toujours bénéfiques ?

Un premier cas dans les rocheuses...mis en évidence après des années d'étude sur la facilitation !

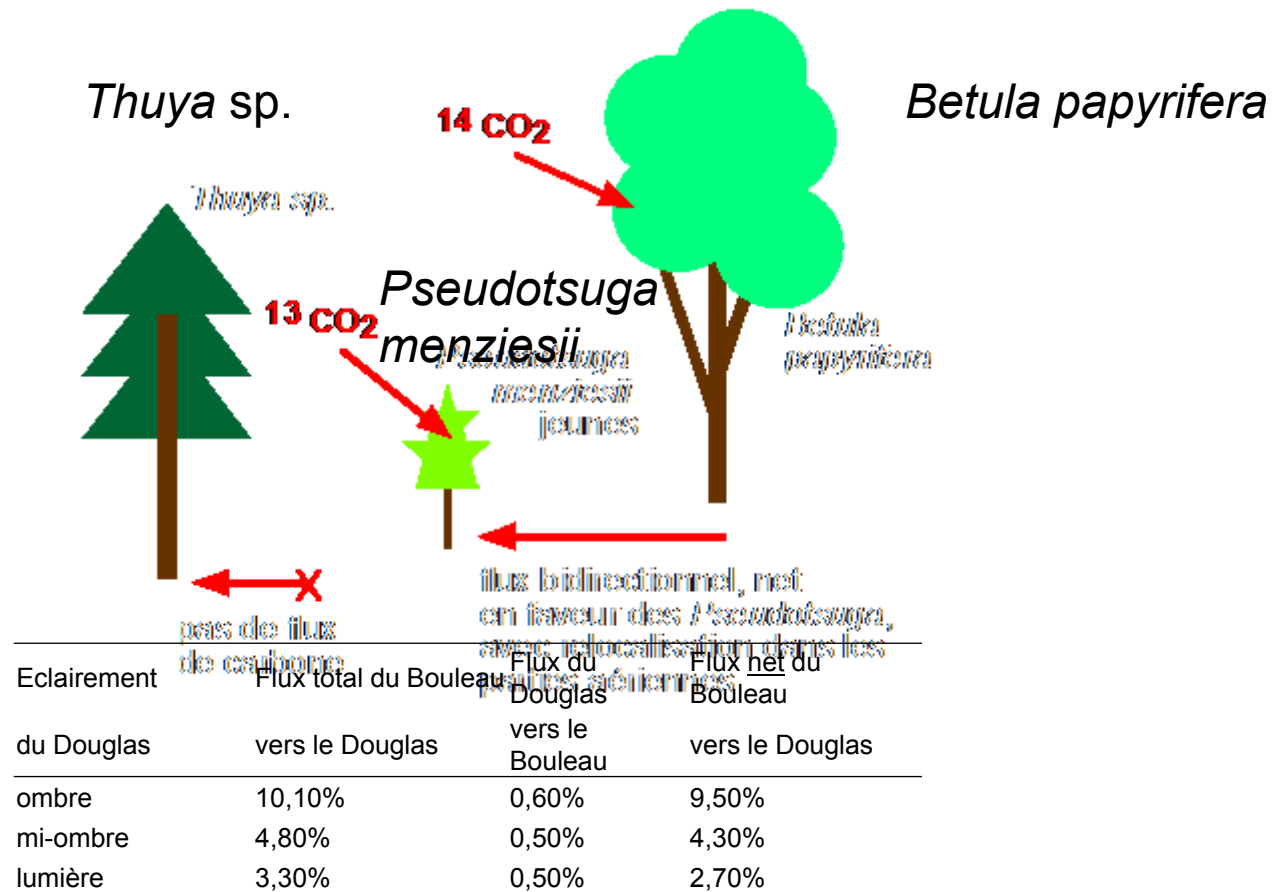


(Simard et al., 1994)

Des réseaux toujours bénéfiques ?



Des réseaux toujours bénéfiques ?

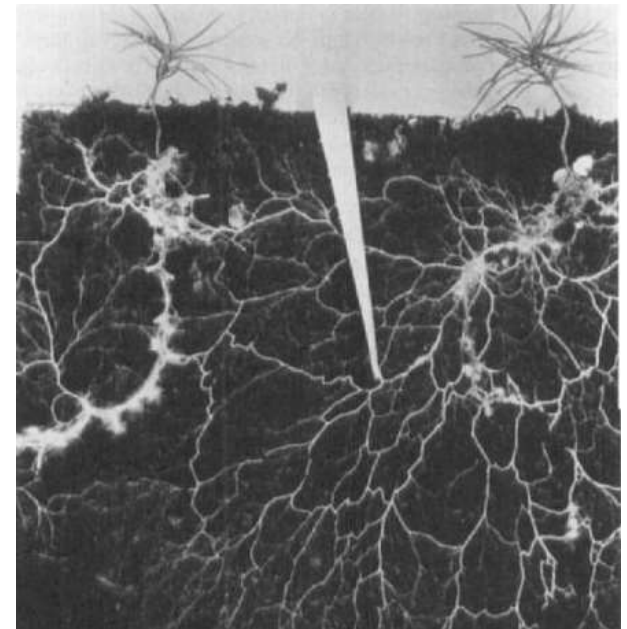
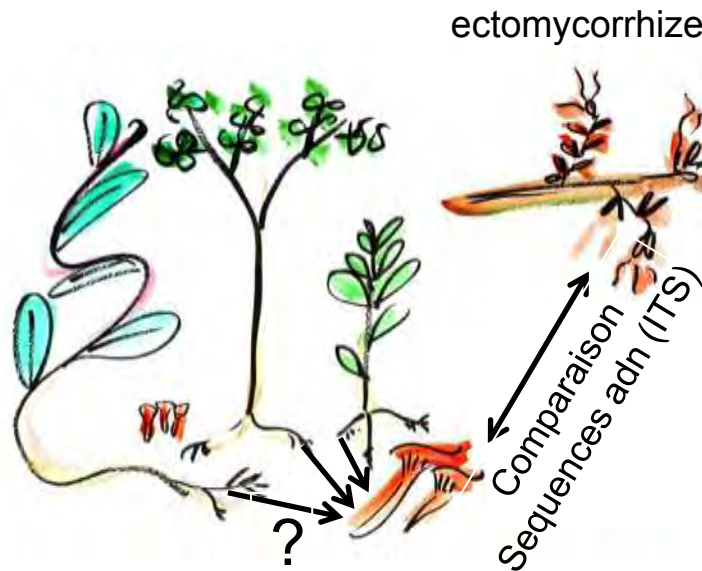


Des réseaux toujours bénéfiques ?

Et depuis ?

Beaucoup de réseaux
écologiques potentiels

Plus rarement, des études
in situ et ex situ



(Smith & Read, 2008)

Des réseaux toujours bénéfiques ?

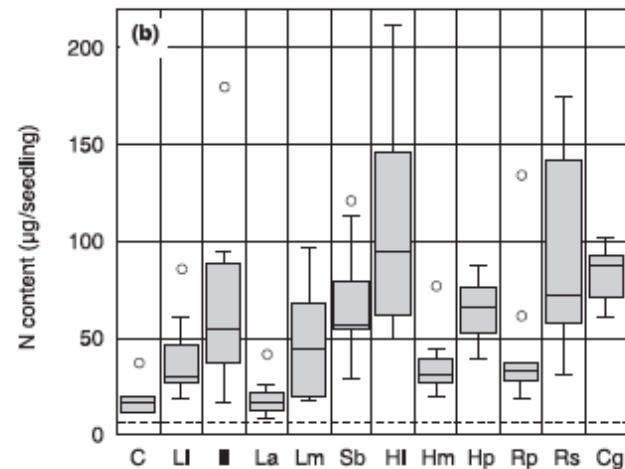
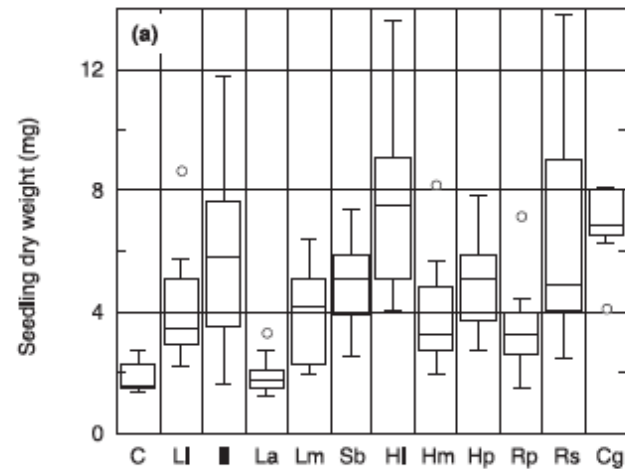
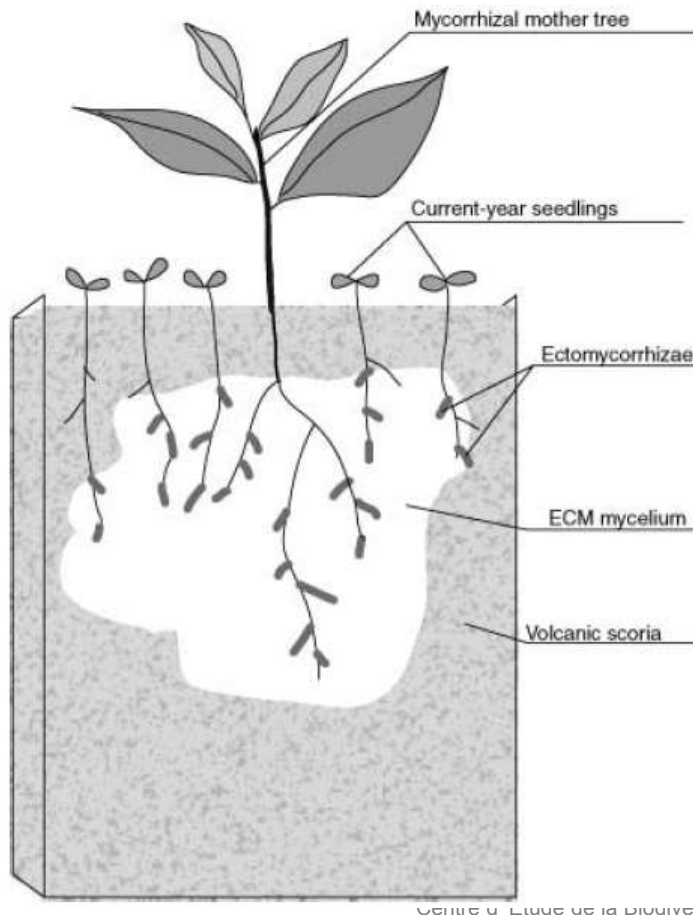
→ Des réseaux entre pied mère et plantules



Ex : *Salix reinii* sur les pentes du Mont Fuji, Nara 2005

Des réseaux toujours bénéfiques ?

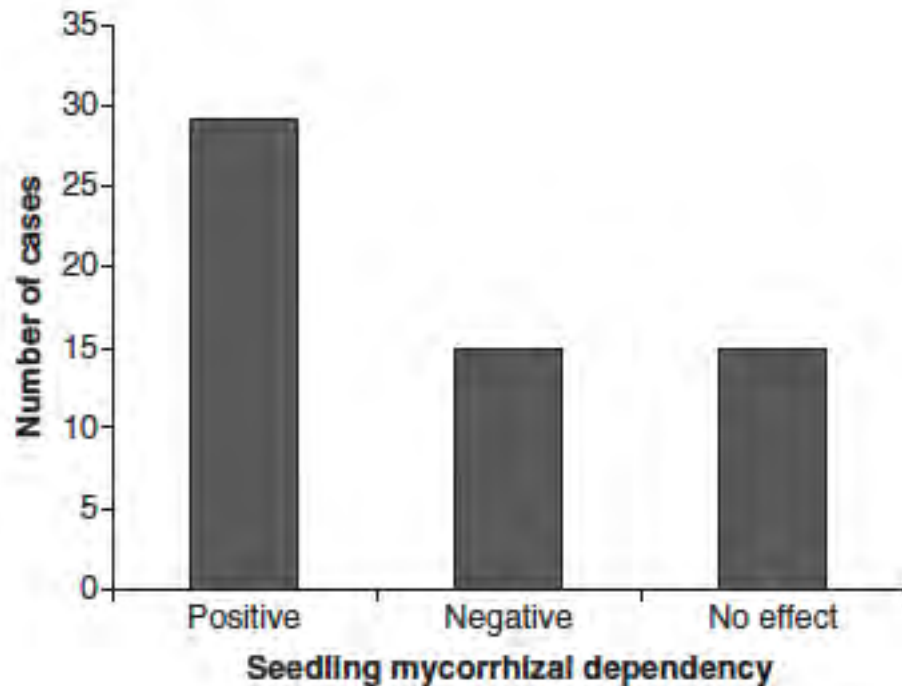
→ Des réseaux entre pied mère et plantules



(Nara, 2005)

Des réseaux toujours bénéfiques ?

→ Des réseaux entre pied mère et plantules



75% des réseaux à ectomycorhizes ont un effet bénéfique

Un effet positif sur la survie plutôt que sur la croissance !

Transfert d'eau plutôt que C, N ou P

(Van den Heijden & Horton, 2009)

Des réseaux toujours bénéfiques ?

→ Des réseaux entre plantes nourrices et plantules d'arbres



Helianthemum bicornellii

Ectomycorrhizal fungi

Cenococcum geophilum

Laccaria laccata

Russula amoenolens

Pezizalean

Russula pectinoides

Tomentella

Lactarius mutabilis

Cortinarius



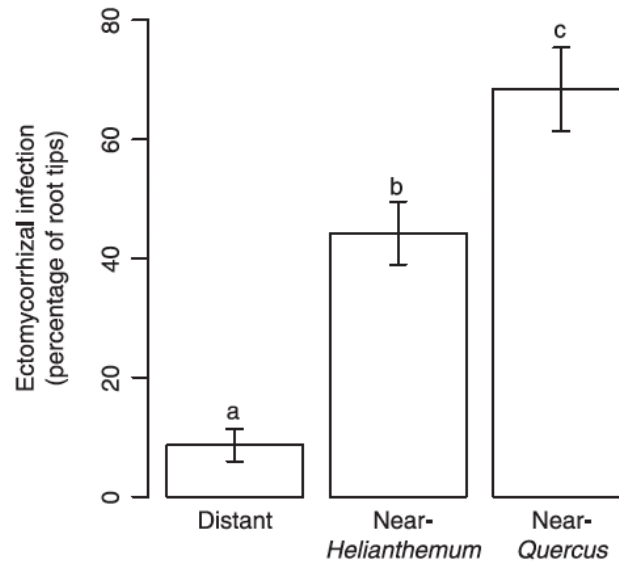
Quercus macrocarpa

Des réseaux toujours bénéfiques ?

→ Des réseaux entre plantes nourrices et plantules d'arbres



Helianthemum bicornellii

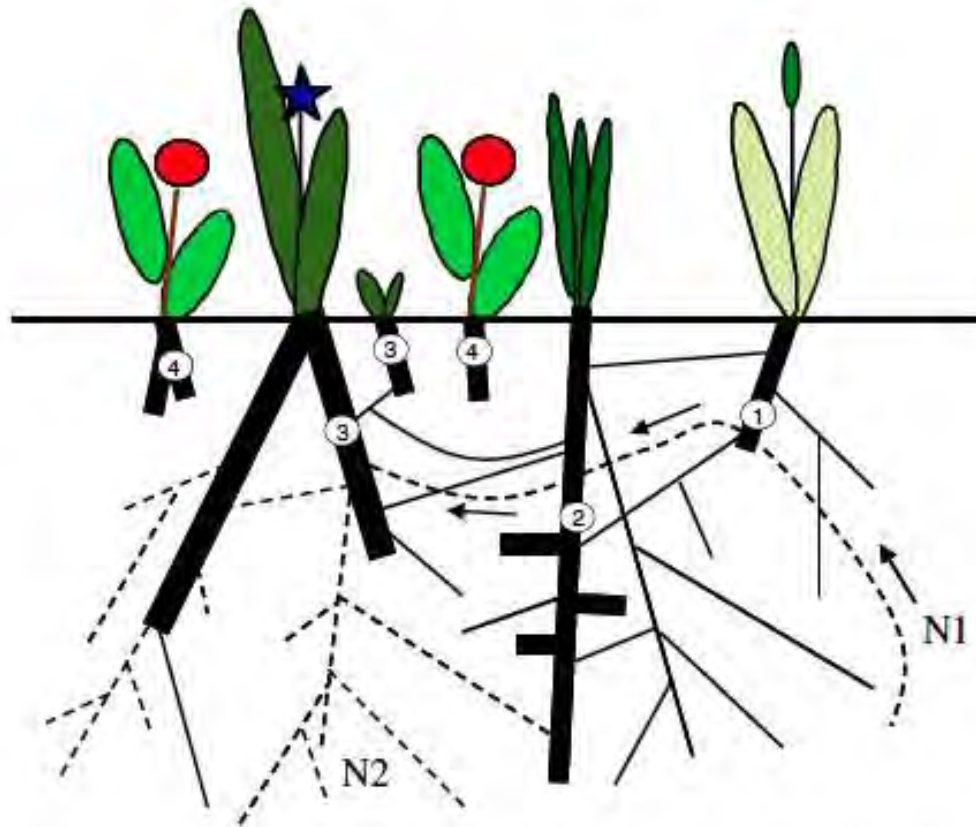


Quercus macrocarpa

- Des résultats appliqués en conservation
- Interaction positive avec les ericaceae (*Arctostaphylos*, *Arbutus*)
- Des résultats souvent négatifs ou nuls, dépendants de la densité

Des réseaux toujours bénéfiques ?

→ Des bénéfices inégalement distribués ?



(Van den Heijden & Horton, 2009)

Des réseaux toujours bénéfiques ?

→ Le cas des plantes mycohétérotrophes



Des réseaux toujours bénéfiques ?

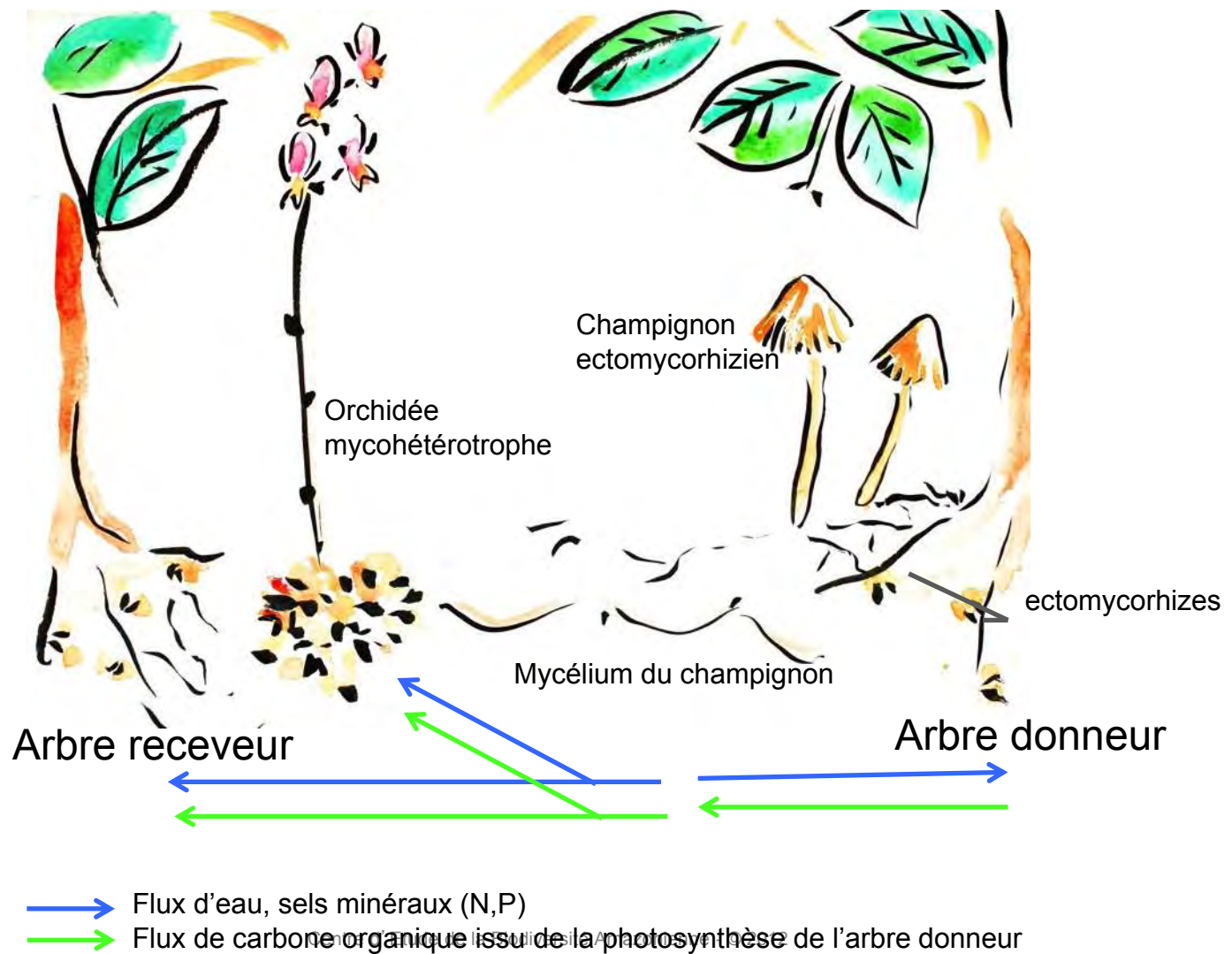
→ Le cas des plantes mycohétérotrophes



(cas d'*Epipogium aphyllum*, Roy et al., 2009)

Des réseaux toujours bénéfiques ?

→ Le cas des plantes mycohétérotrophes



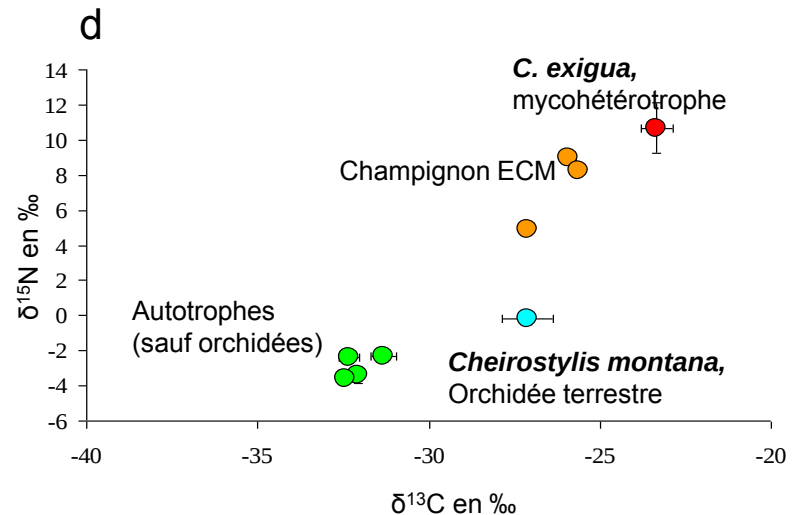
Des réseaux toujours bénéfiques ?



Des réseaux parasites !!!

Démonstration du statut mycohétérotrophe :

- observation des feuilles
- isolement des champignons
- dosage isotopique

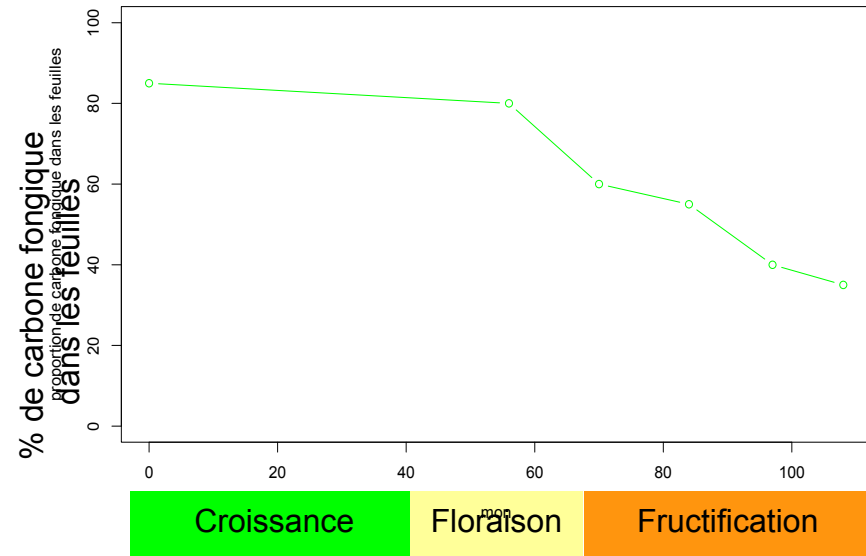


(Roy et al., 2009)

Des réseaux toujours bénéfiques ?



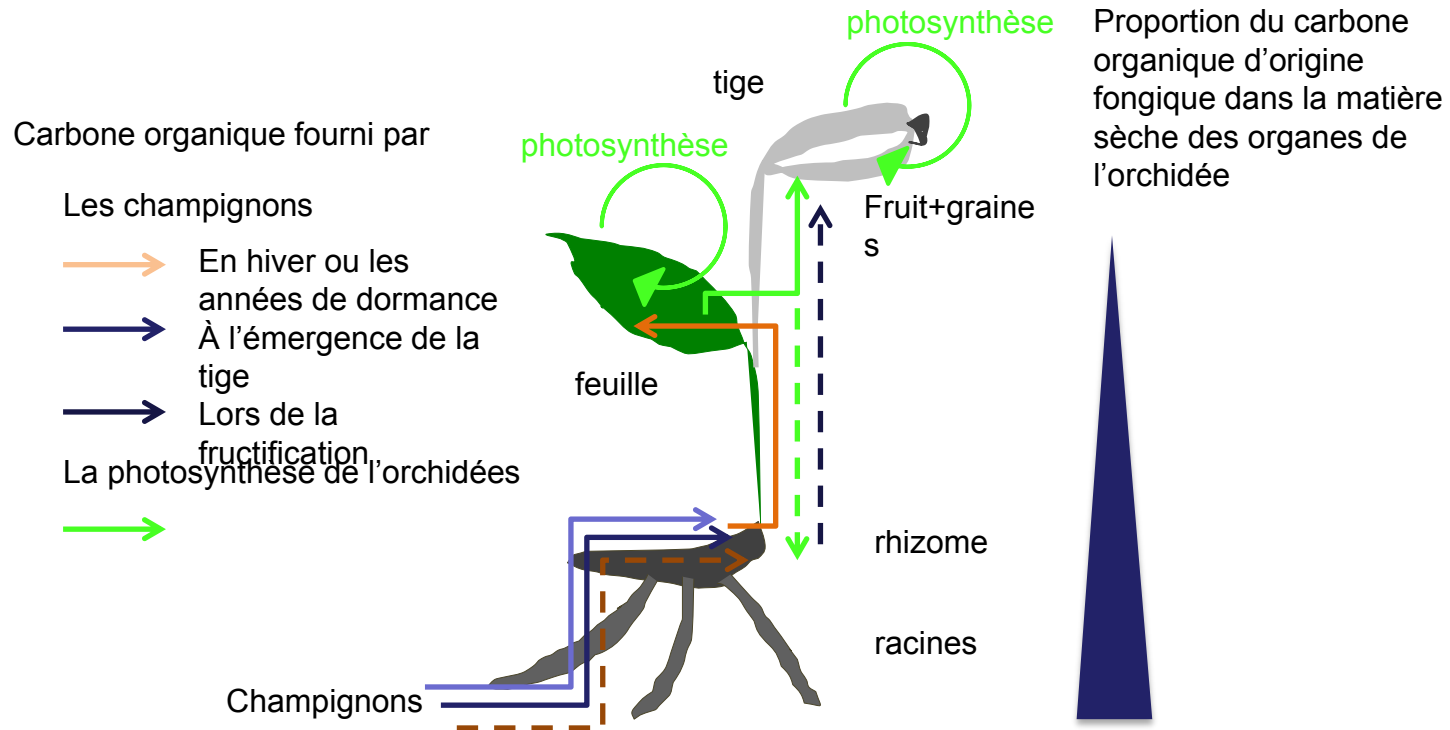
Cephalanthera damasonium



Les flux de carbone sont variables dans le temps !

(Roy et al., 2013)

Des réseaux toujours bénéfiques ?

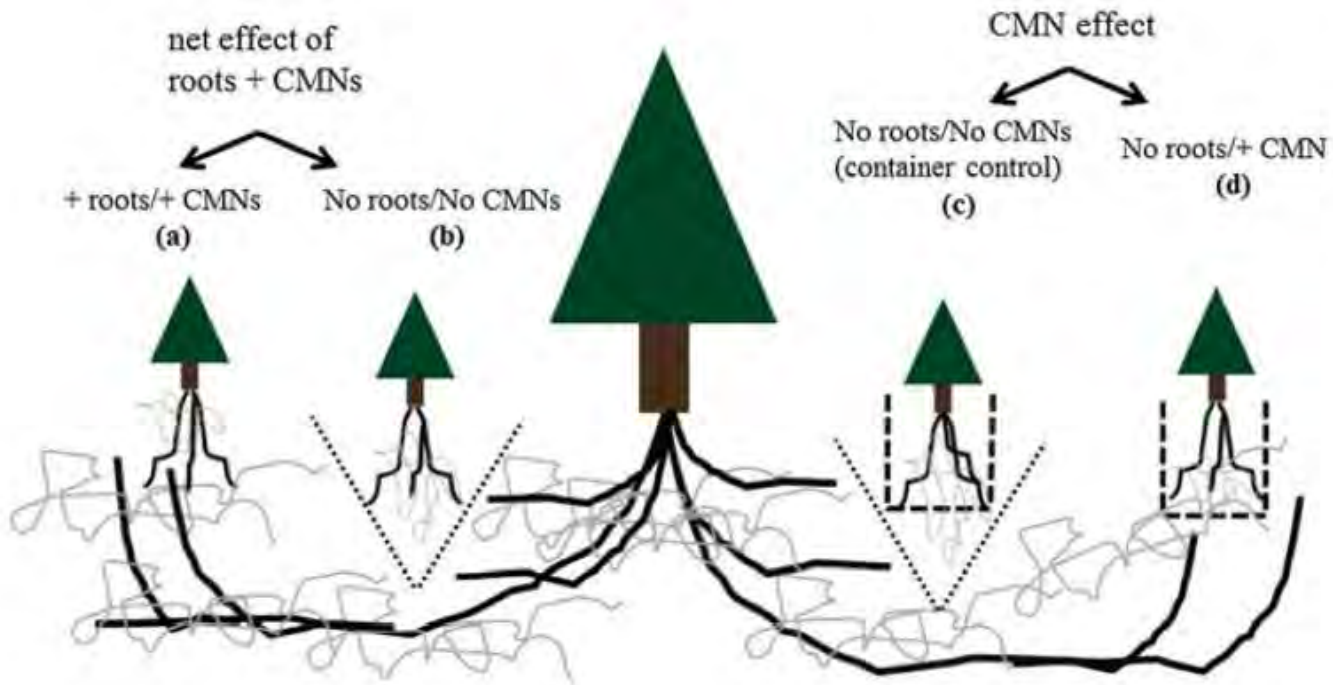


Les flux de carbone sont variables selon les organes !

(Gonneau et al., 2014 ; Roy & Selosse, 2015)

Des réseaux toujours bénéfiques ?

Des expériences in situ encore peu nombreuses...



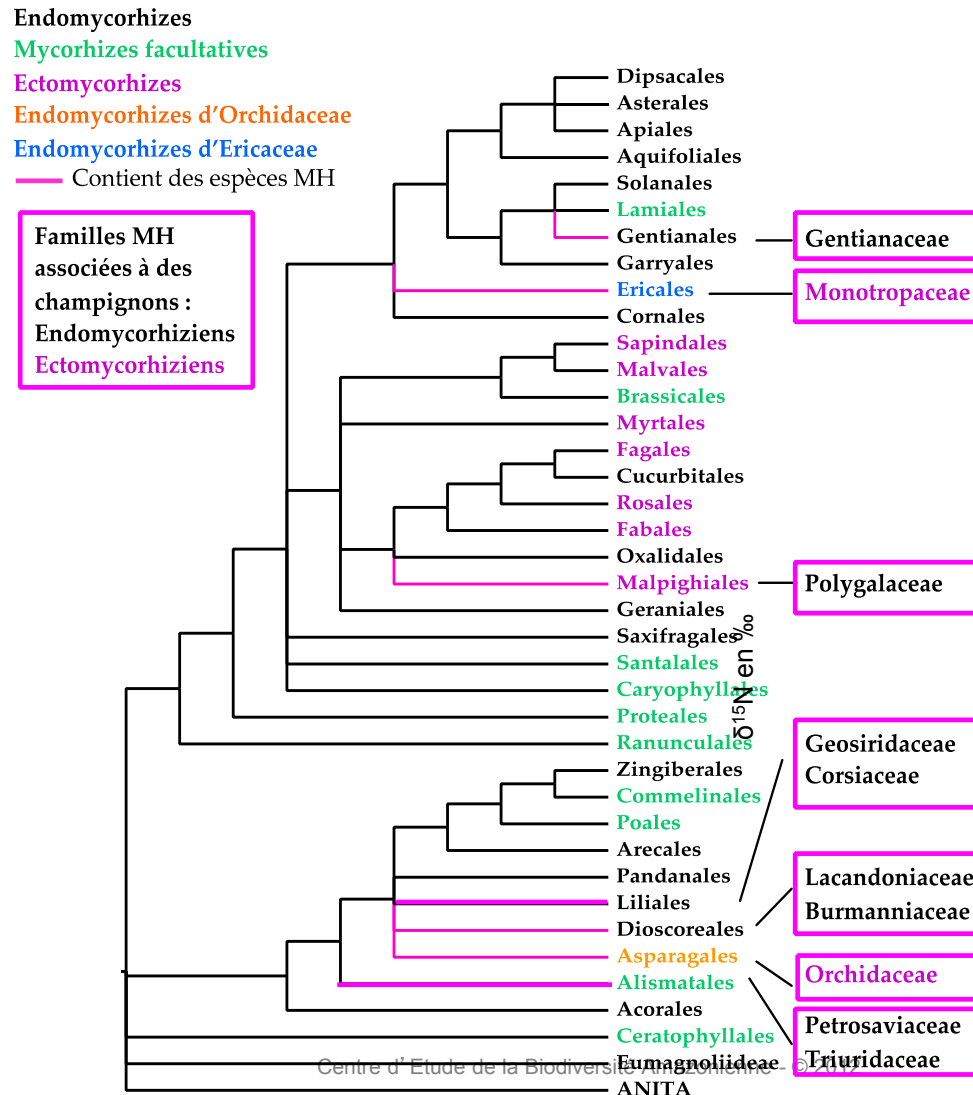


Effet d'un réseau mycorhizien sur	Un individu	Une population	Une communauté
La nutrition	Flux d'eau, sels minéraux	Flux d'eau, sels minéraux, matière organique	Flux d'eau, sels minéraux, matière organique
La protection	protection	Protection, survie des plantules, effet nourrice	Protection, survie des plantules, effet nourrice
La distribution	Résistance au calcaire, à la sécheresse	Maintien et extension, dominance	Facilitation et succession écologique

Des réseaux partout ?

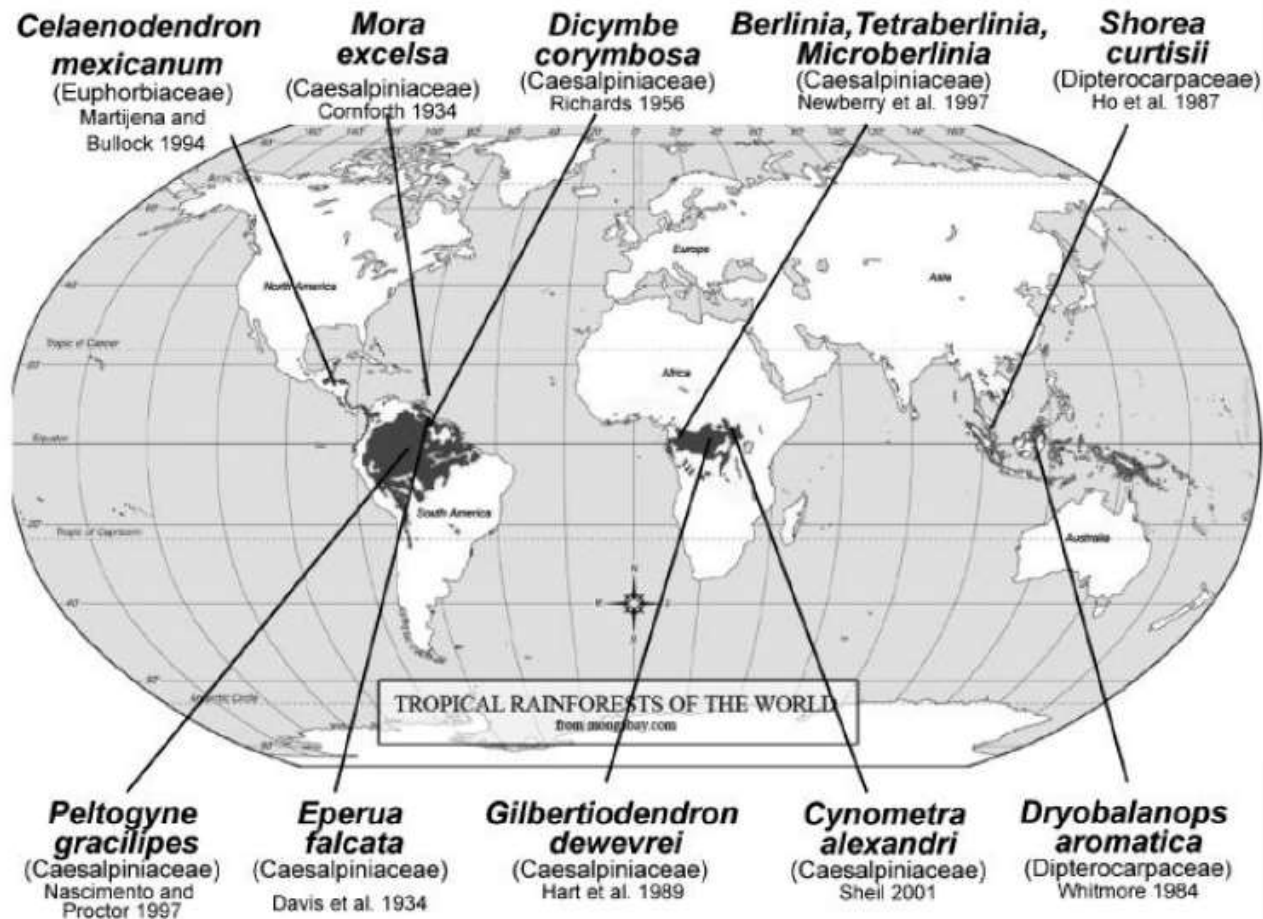
Des réseaux partout ?

Distribution des plantes mycohétérotrophes



Des réseaux partout ?

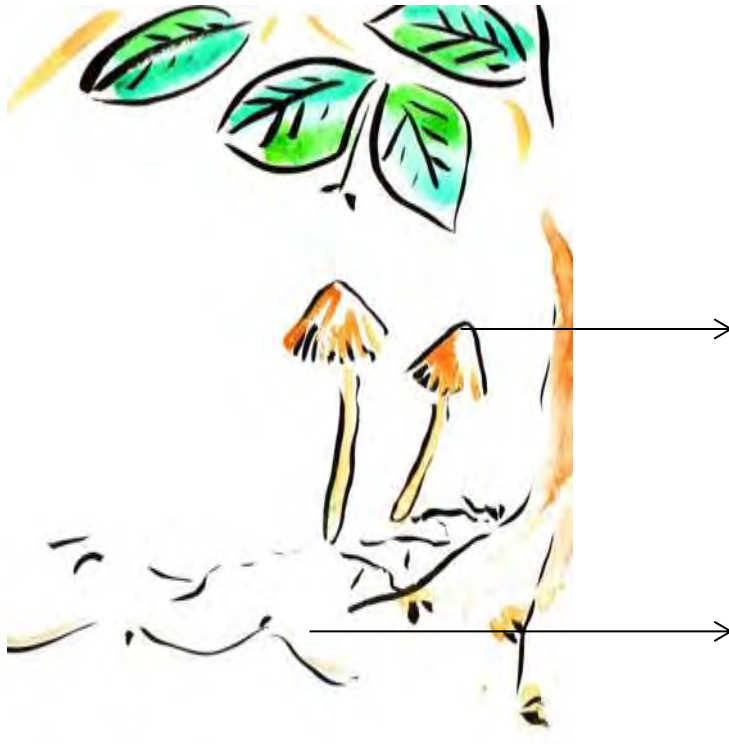
Distribution des plantes aggrégatives



(Mc Guire 2013)

Des réseaux partout ?

Distribution des champignons ectomycorhiziens



Peu d'ectomycorhiziens sous les Néotropiques ?



Peu d'ectomycorhiziens sous les Néotropiques ?



Venezuela
Peu
d'ectomycorhizes

GUYANA
Dipterocarpaceae,
fabaceae
monodominantes
Ectomycorhizes
abondantes

Gyane
Française
Peu
d'ectomycorhizes

EQUATEUR
Peu
d'ectomycorhizes



Peu d'ectomycorhiziens sous les Néotropiques ?



Peu d'ectomycorhiziens sous les Néotropiques ?



Venezuela

20 sp. On white sands

Guyana

300 sp.

Guyane Française

2 sp

Brésil

35 sp sur sables
blancs

Peu d'ectomycorhiziens sous les Néotropiques ?



Colombie

139 sp.

Sur sables blancs

Venezuela

20 sp. On white sands

Guyana

300 sp. Sur grès

Guyane Française

2 sp

Brésil

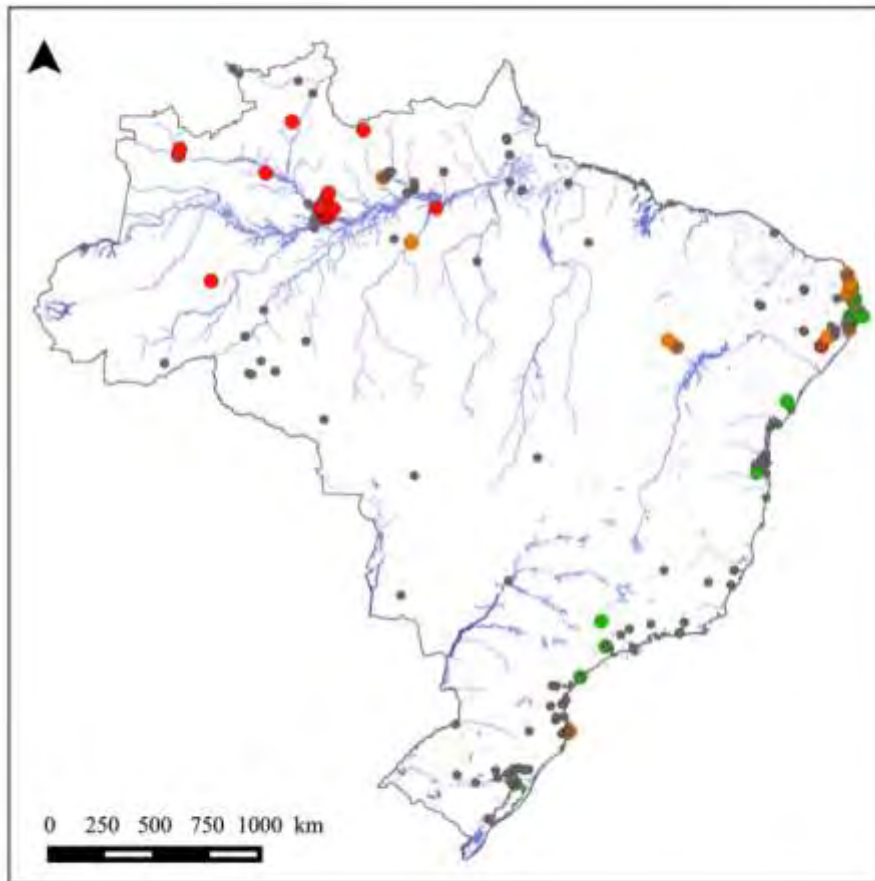
35 sp sur sables
blancs
+ 144 sp
récemment

Et des spécimens
non déterminés !!!



Peu d'ectomycorhiziens sous les Néotropiques ?

1006 spécimens ectomycorhiziens
déposés dans les herbiers du Brésil



(Roy et al., 2016)



Et 464 nouvelles
mentions en Guyane...



Des réseaux sur les inselbergs ?



Mosaïque forestière sur l'inselberg
canopée basse <15 m
Fabaceae, Clusiaceae, Myrtaceae dominant
Sol extrêmement pauvre en nutriment, lessivage important
Bouclier précambrien !

Des réseaux sur les inselbergs ?



Arbres ectomycorhiziens sur l'inselberg

- *Coccoloba parimensis*, *ovata*
- *Guapira eppersiana*
- *Neea ovalifolia*, *constricta*
- *Marlierea ferruginea*, *Myrcia sylvatica* and other Myrtaceae

Arbres ectomycorhiziens sur le plateau

- *Coccoloba parimensis*, *ovata*
- *Guapira eppersiana*
- *Neea floribunda*
- *Marlierea ferruginea*, and other Myrtaceae

Obs : les arbres ectomycorhiziens cohabitent plus souvent sur les forêts basses

Hyp: des réseaux mycorhiziens permettent l'aggrégation des espèces ectomycorhiziennes

Des réseaux sur les inselbergs ?



Forêt basse

Plateau

sur 4 ha

Coccoloba

Guapira

Myrtaceae

Neea

**Forêt
basse**

30

8

22

15

plateau

17

3

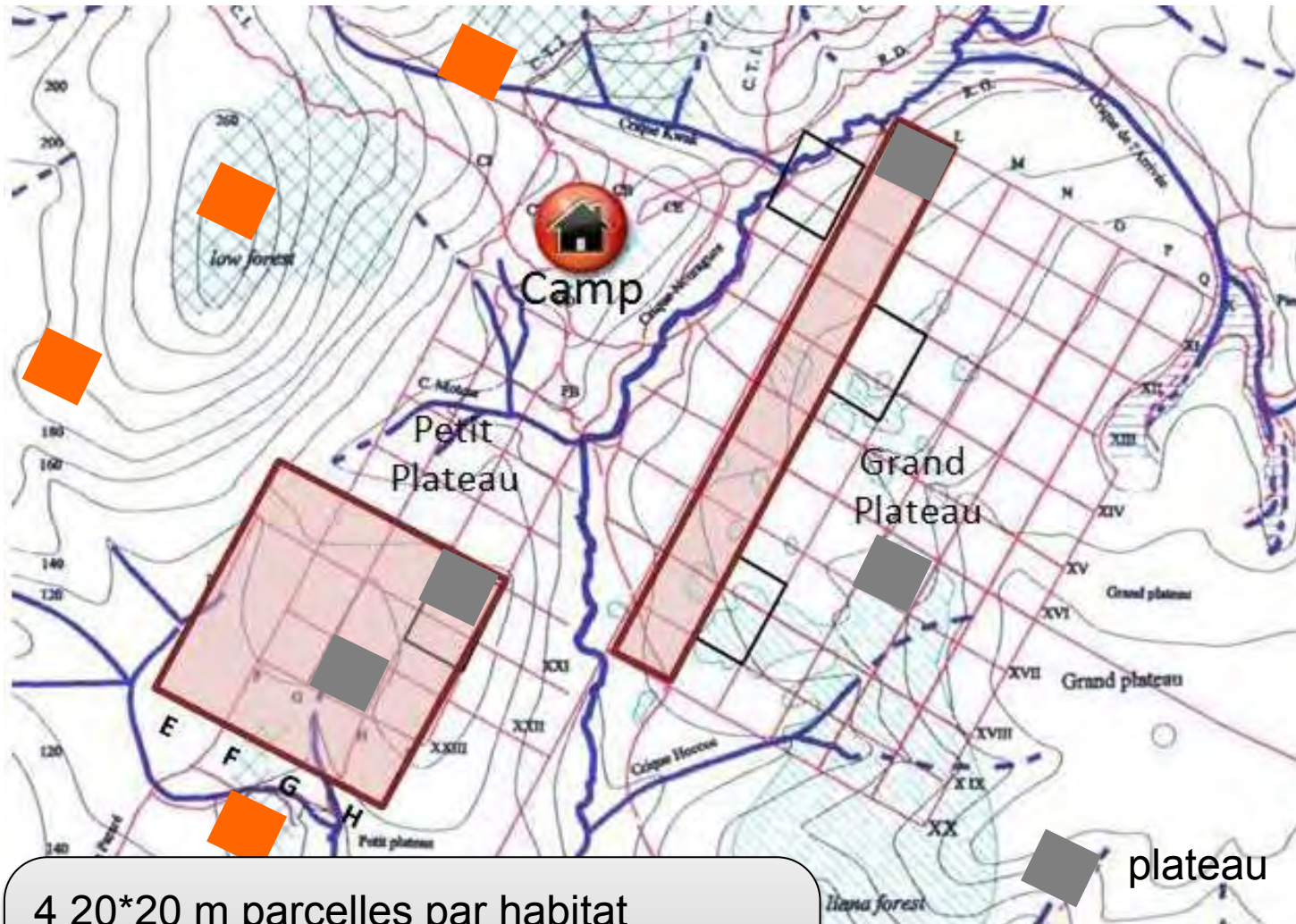
3

8

Obs : les arbres ectomycorhiziens sont plus 2 fois plus abondants sur l'inselberg

Hyp: la mycorhization est plus abondante sur l'inselberg, les communautés de champignons ectomycorhiziens sont plus diverse

Des réseaux sur les inselbergs ?

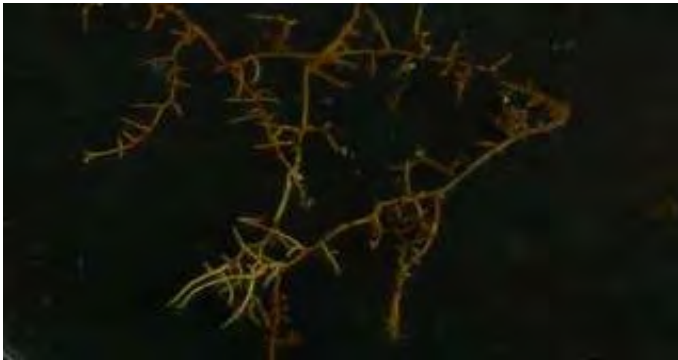


4 20*20 m parcelles par habitat
Parcelles distant de 0.5 à 2 km
3-4 espèces de 2-3 genres cohabitent
10 espèces hôtes, 108 arbres

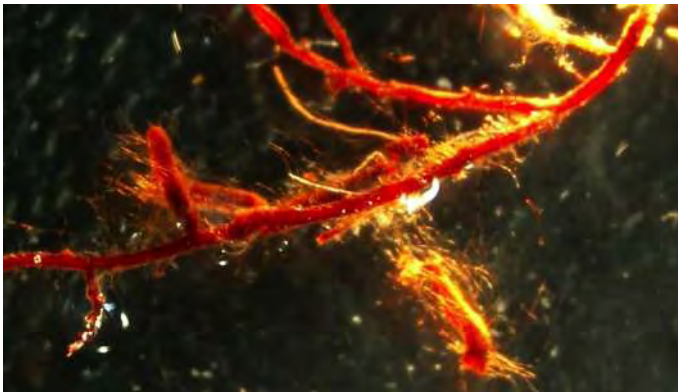
Des réseaux sur les inselbergs ?



Observation des racines
Échantillonnage de 50 myc/arbre
Extraction rassemblée par arbre



Séquençage de l'ITS1, PCR par arbre,
utilisation de tags pour identifier les
arbres



Analyses du séquençage
→ nettoyage des séquences
→ Élimination des séquences
uniques
→ OTU (97%)
→ Comparaison à Genbank+Unite

Des réseaux sur les inselbergs ?

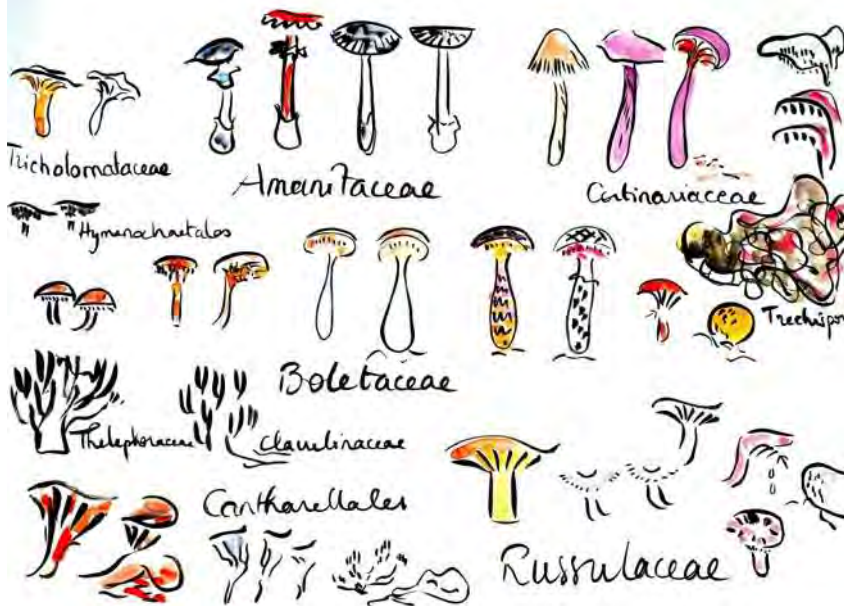


ITS souvent divergent par rapport aux données publiques de Genbank (85% similarité)

Séquençage de spécimens observés sur l'inselberg :

264 spécimens

141 OTU, 108 nouvelles espèces

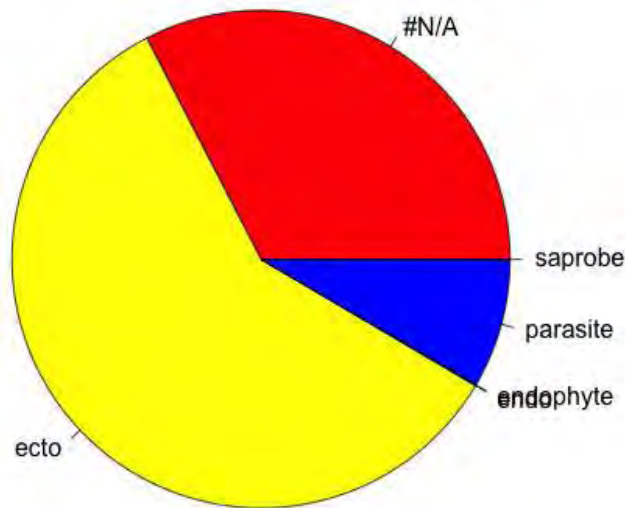


Base de données locales de séquences de référence

Annotation de l'écologie des champignons au niveau du genre

Des réseaux sur les inselbergs ?

Proportion de séquences
d'ectomycorhiziens

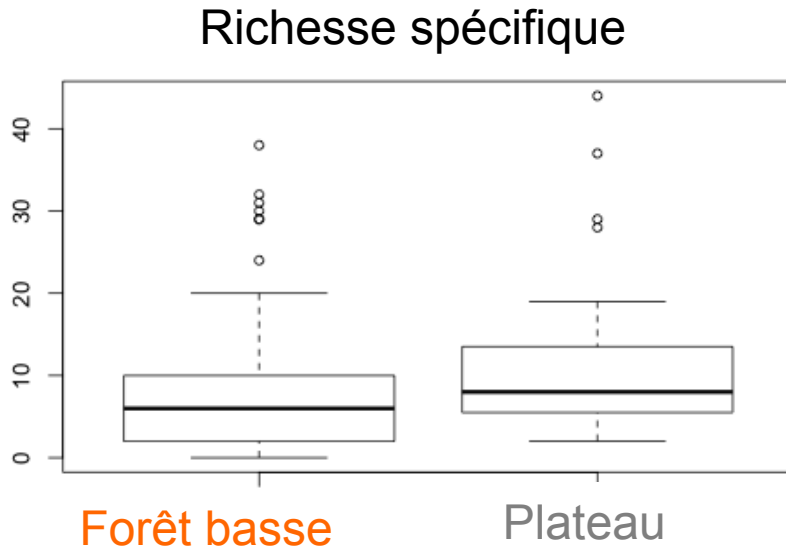


Sans la base de données locale...seules 5% des séquences sont reconnues comme des ectomycorhiziens !!!

- Un seul arbre sans ectomycorhize
- Les Myrtaceae sont des hôtes
- 213 MOTUs

Des réseaux sur les inselbergs ?

Les communautés sont-elles plus riches sur l'inselberg ?

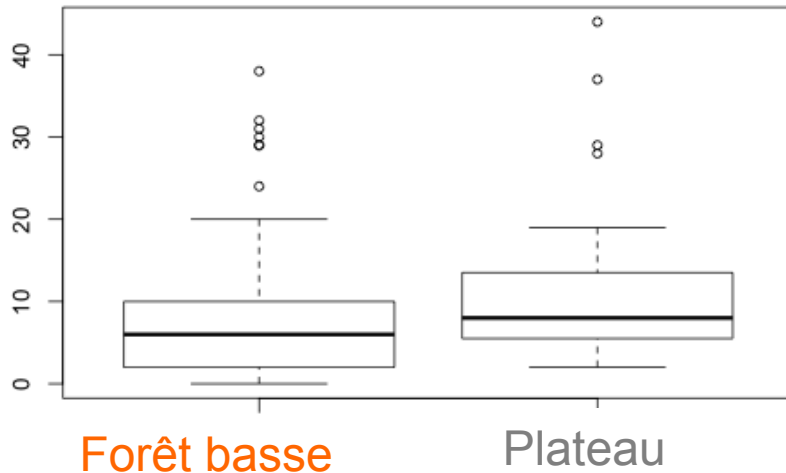


Les communautés de l'inselberg ne sont pas plus riches !!!

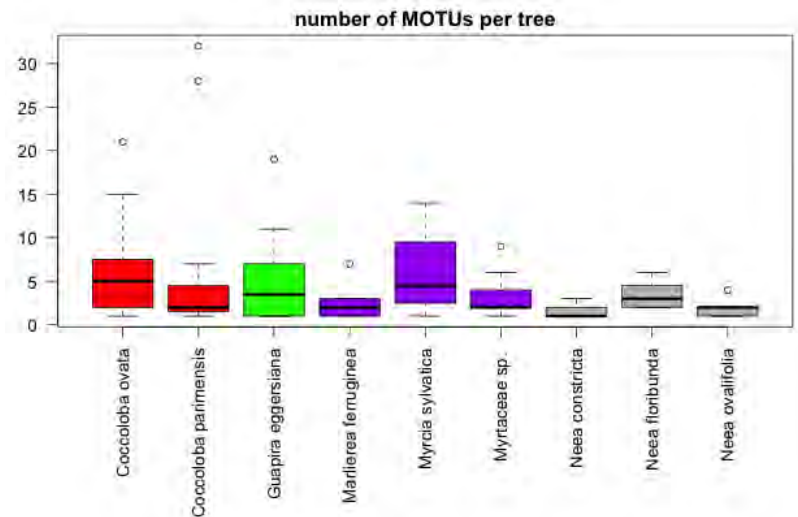
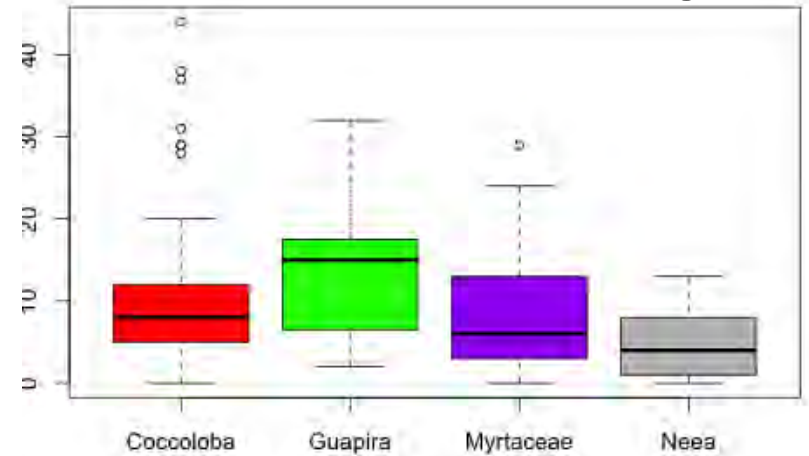
Des réseaux sur les inselbergs ?

Les communautés sont-elles plus riches sur l'inselberg ?

Richesse spécifique

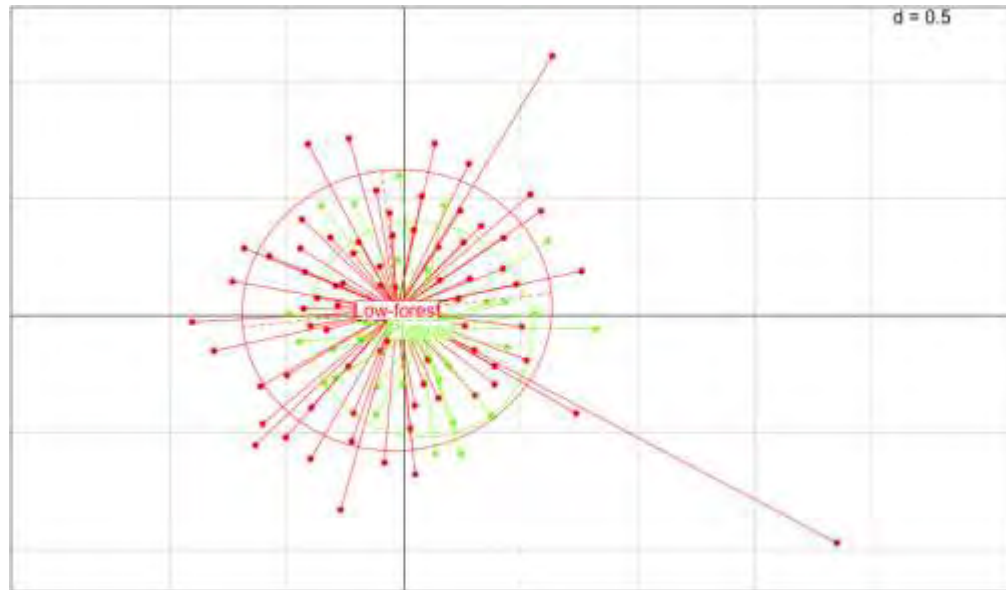


Les résultats dépendent de l'espèce hôte



Des réseaux sur les inselbergs ?

Les communautés sont-elles plus similaires sur l'inselberg ?

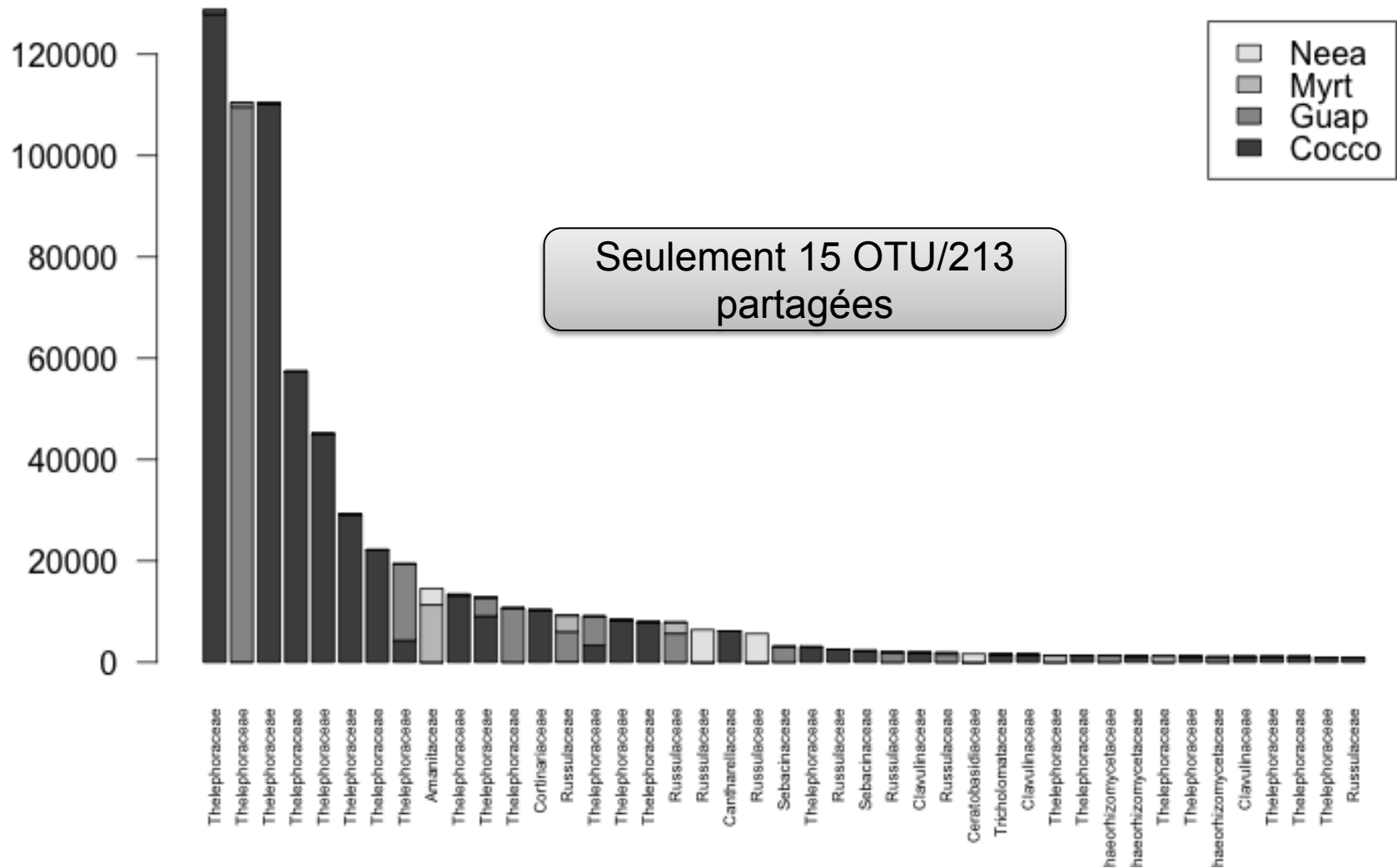


3% de la variance expliquée par l'habitat

- Pas de différence entre habitat
- Variabilité importante des communautés
- Facteur hôte peu explicatif de la composition en espèce...

Des réseaux sur les inselbergs ?

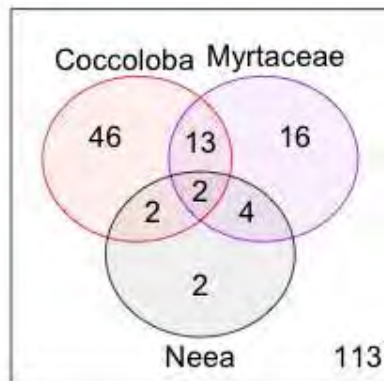
Les communautés sont-elles partagées entre hôtes ?



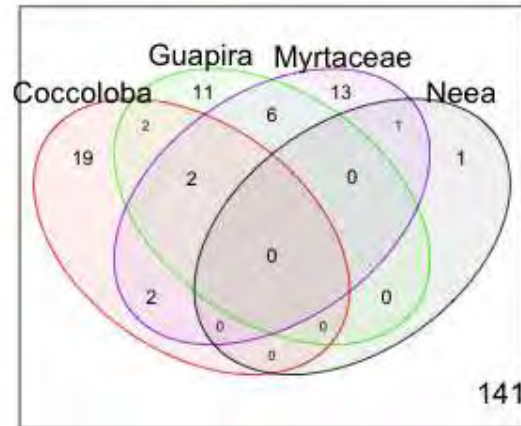
Des réseaux sur les inselbergs ?

Les communautés sont-elles partagées entre hôtes ?

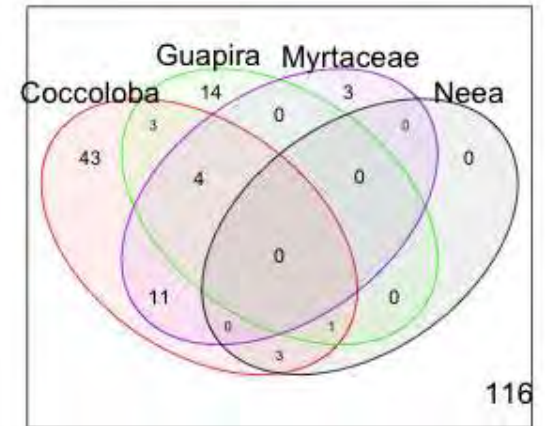
L



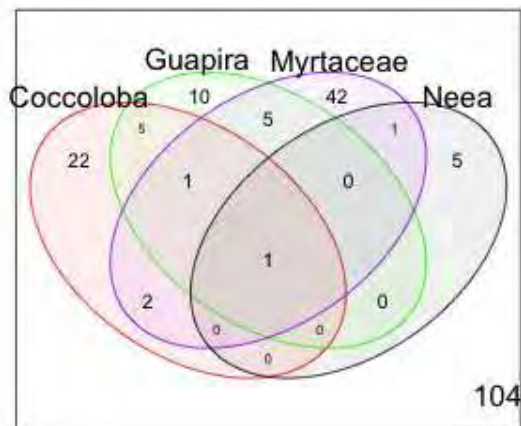
M



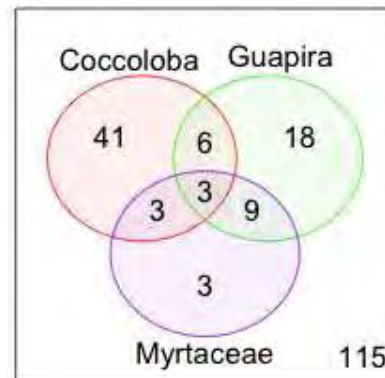
GP



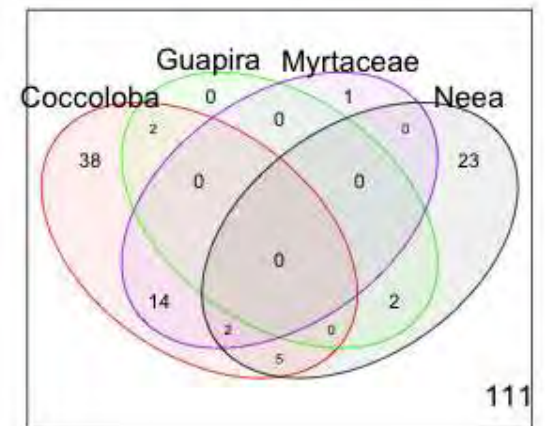
I



T

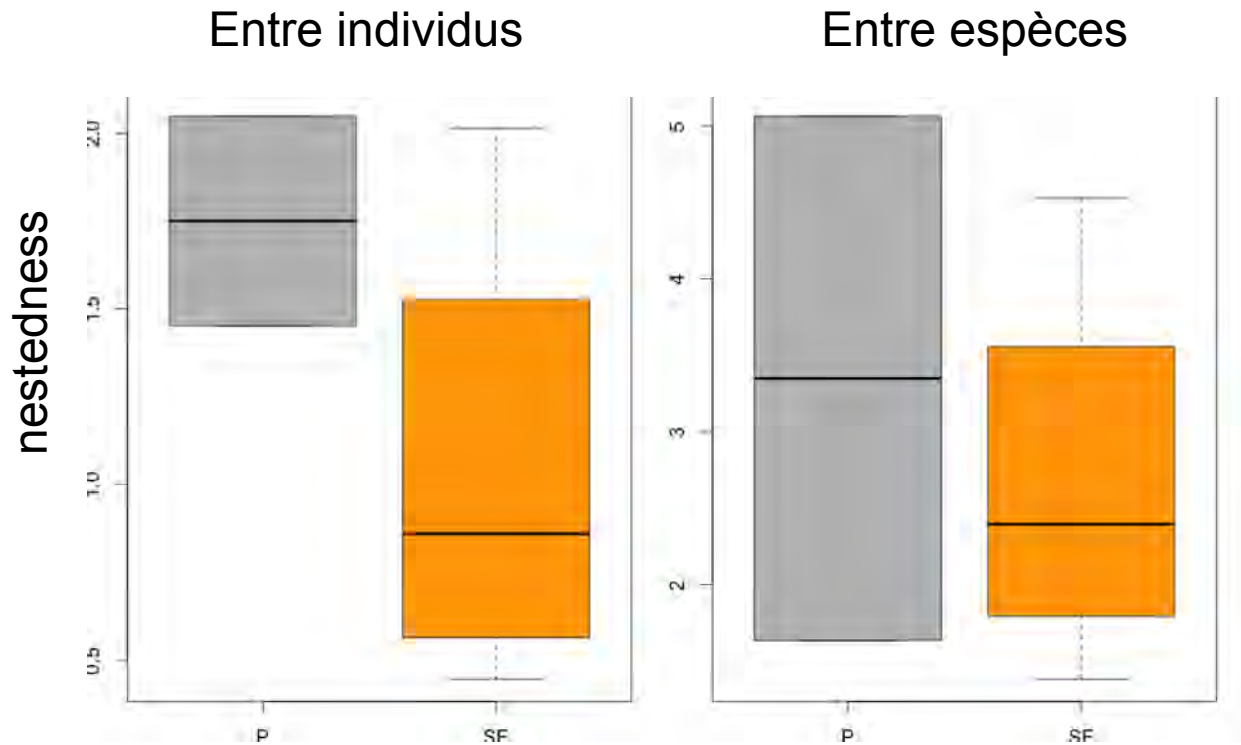


PP



Des réseaux sur les inselbergs ?

Les communautés sont-elles partagées entre hôtes ?

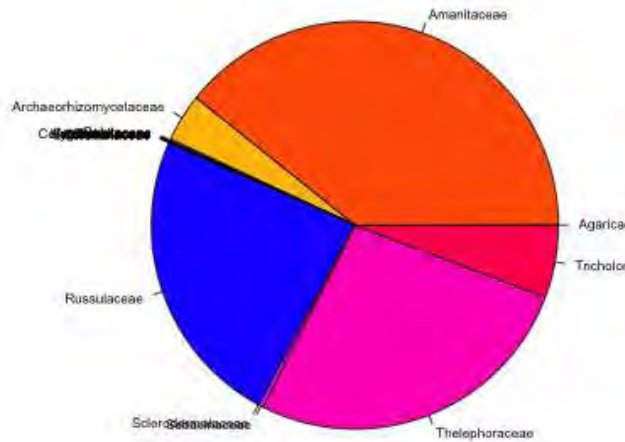


- Peu de partage
- Pas d'effet de l'habitat
- Les inselbergs ne favorisent pas le partage, au contraire !

Des réseaux sur les inselbergs ?

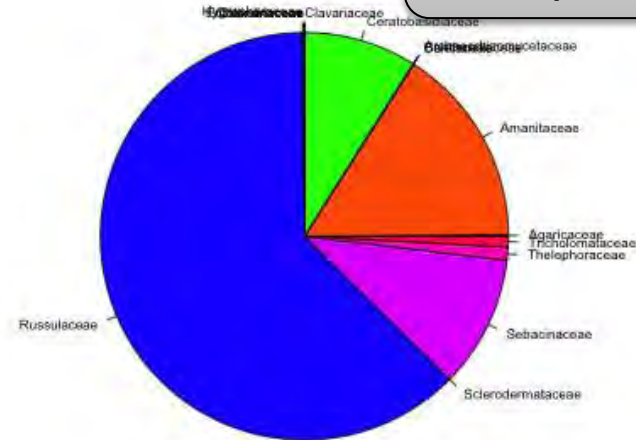
Tricholomataceae

Myrtaceae



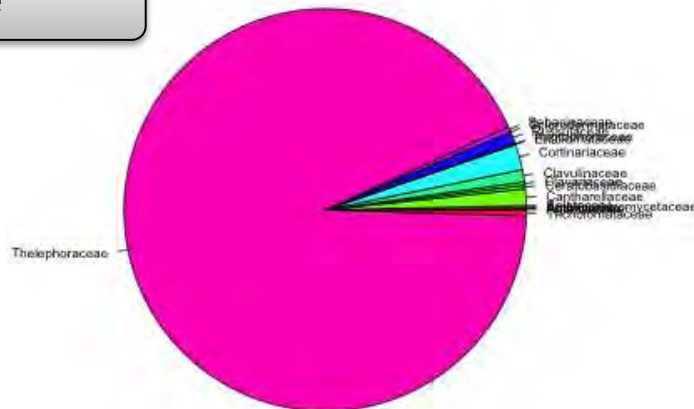
Neea

Pas de
Thelephoraceae



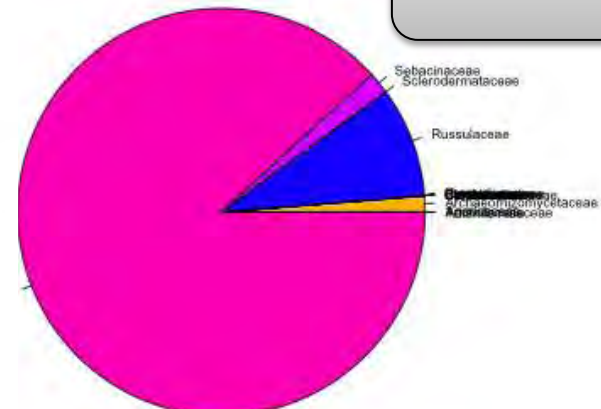
Coccoloba

Thelephoraceae

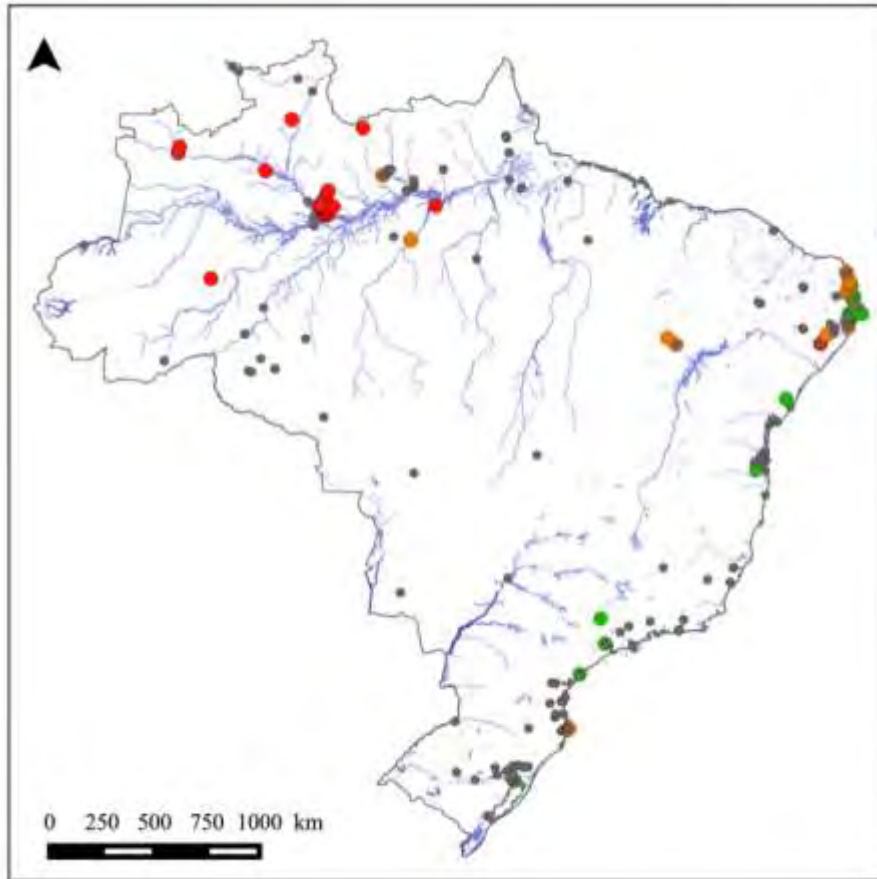


Guapira

Thelephoraceae



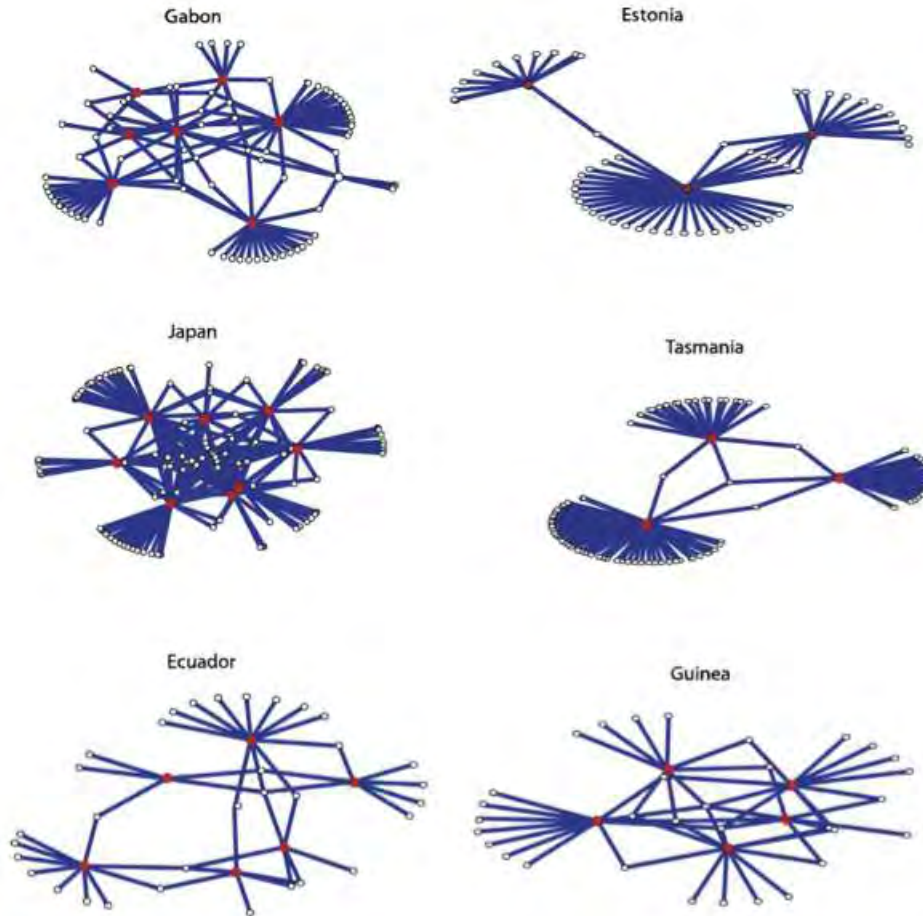
Peu d'ectomycorhiziens sous les Néotropiques ?



- Les ectomycorhiziens sont partout en forêt !!!
- La présence d'ectomycorhiziens ne suffit pas à former un réseau
- Des symbioses relativement isolées et des histoires évolutives indépendantes
- Hôtes à biomasse limitée (lianes, myrtaceae...)

Des réseaux partout ?

- Peu de comparaison des réseaux à large échelle
- Effet hôte toujours important
- Bénéfices des réseaux inter-spécifiques jamais démontré sous les tropiques



(Bahram et al., 2014)

Des réseaux partout ?

- Zone tempérée
- Réseaux influencés par la sécheresse (Simard & Bingham 2013), la lumière, les génotypes, et la mosaïque géographique de coévolution...
- Dimension environnementale à prendre en compte !
- Effet sur la facilitation peu étudié à l'échelle de la communauté sur les ectomycorhiziens



Des réseaux partout ?

→ Et des cas d'hôtes peu partageurs assez nombreux !



Aulnes, Pisonia, Neea, Gnetum...

Une stratégie d'arbres pionniers ?

Quid de l'épinette noire ?

Des réseaux...partout ?

Distribution et écologie des réseaux mycorhiziens

1. Les champignons mycorhiziens forment-ils toujours des réseaux ?
1. Un réseau est-il toujours bénéfique ?
1. Dans quels écosystèmes détecte-on de tels réseaux ?

tout ça grâce à un réseau...





Mes collègues taxonomistes, étudiants...

JL Cheype, C. Lechat, J. Fournier, G. Gruhn, T. Henkel, C. Decock, S. Welti, PA. Moreau, R Courtecuisse, B. Buyck, H. Voiry, C. Lecuru, AM Verbeken, E. de Cropp, M. Sa, F. Wartchow, C. Ovrebo, S. Miller, G. Mueller, B. Buyck, C. Baraloto and the TREBEDIV team, L. Zinger, J. Chave.

Financements Nouragues station, Labex CEBA, ANR Nebediv et Trebediv, initiative bibliothèque du vivant.



Merci !