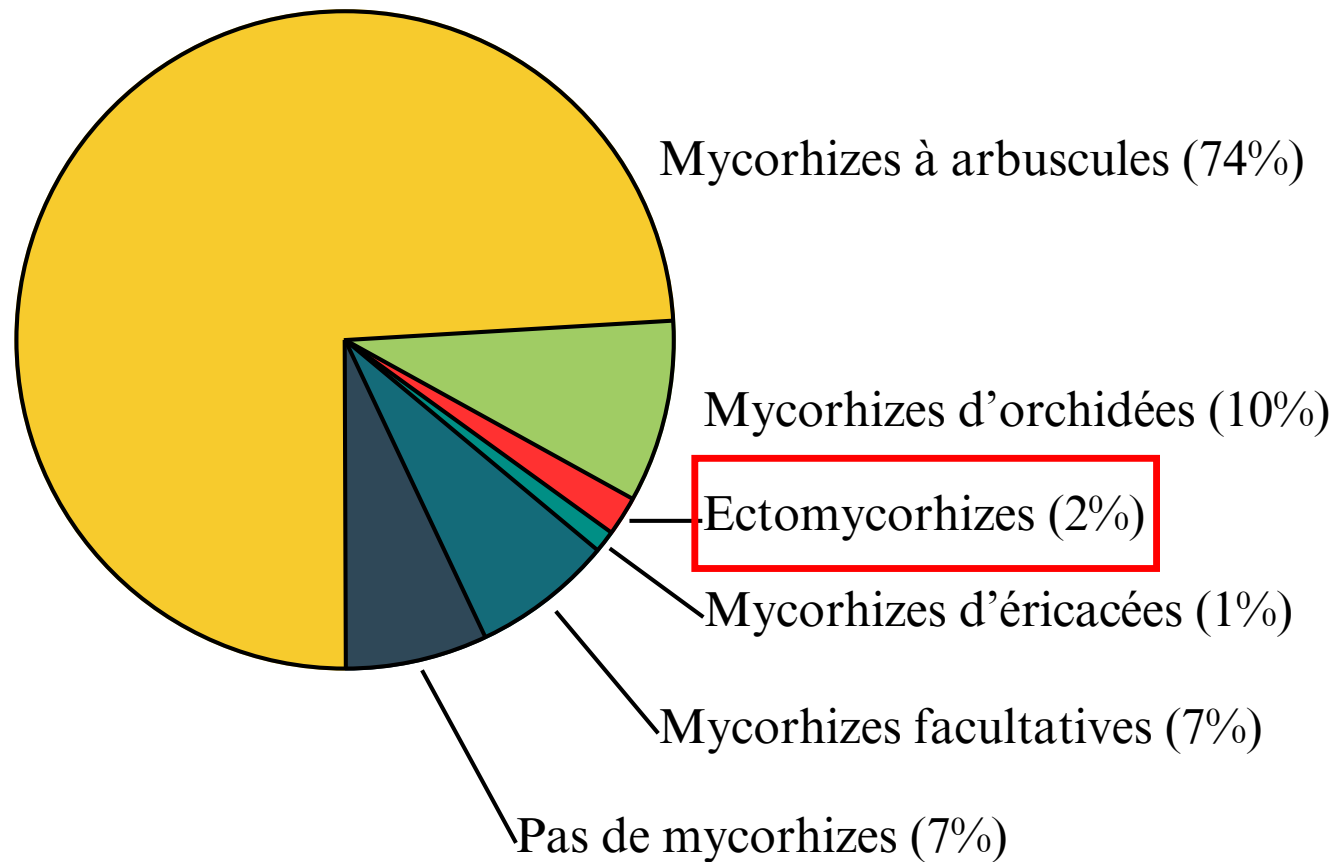


Ectomycorhizes et endophytes : une double niche écologique négligée ?

Liam Laurent-Webb, Philippe Rech, Amélia Bourceret, Chloé Chaumeton, Aurélie
Deveau, Laurent Genola, Mélanie Januario, Rémi Petrolli, Marc-André Selosse



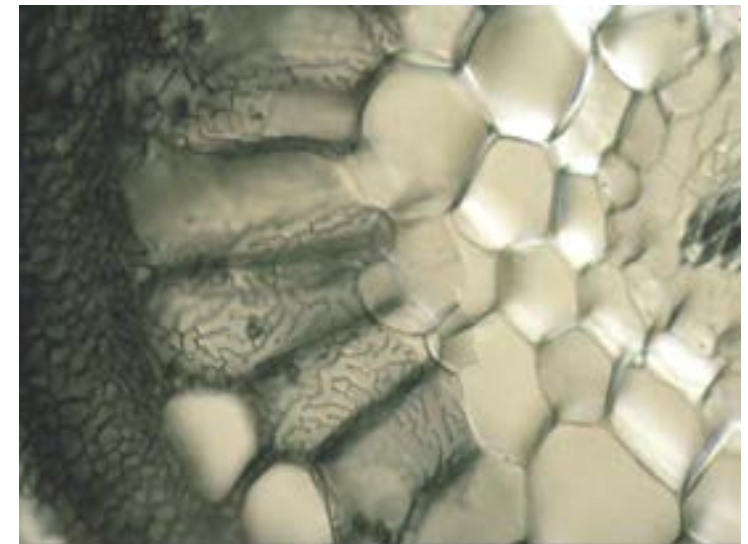
Les champignons ectomycorhiziens



D'après van der Heijden *et al.*, 2015; Brundrett & Tedersoo, 2018

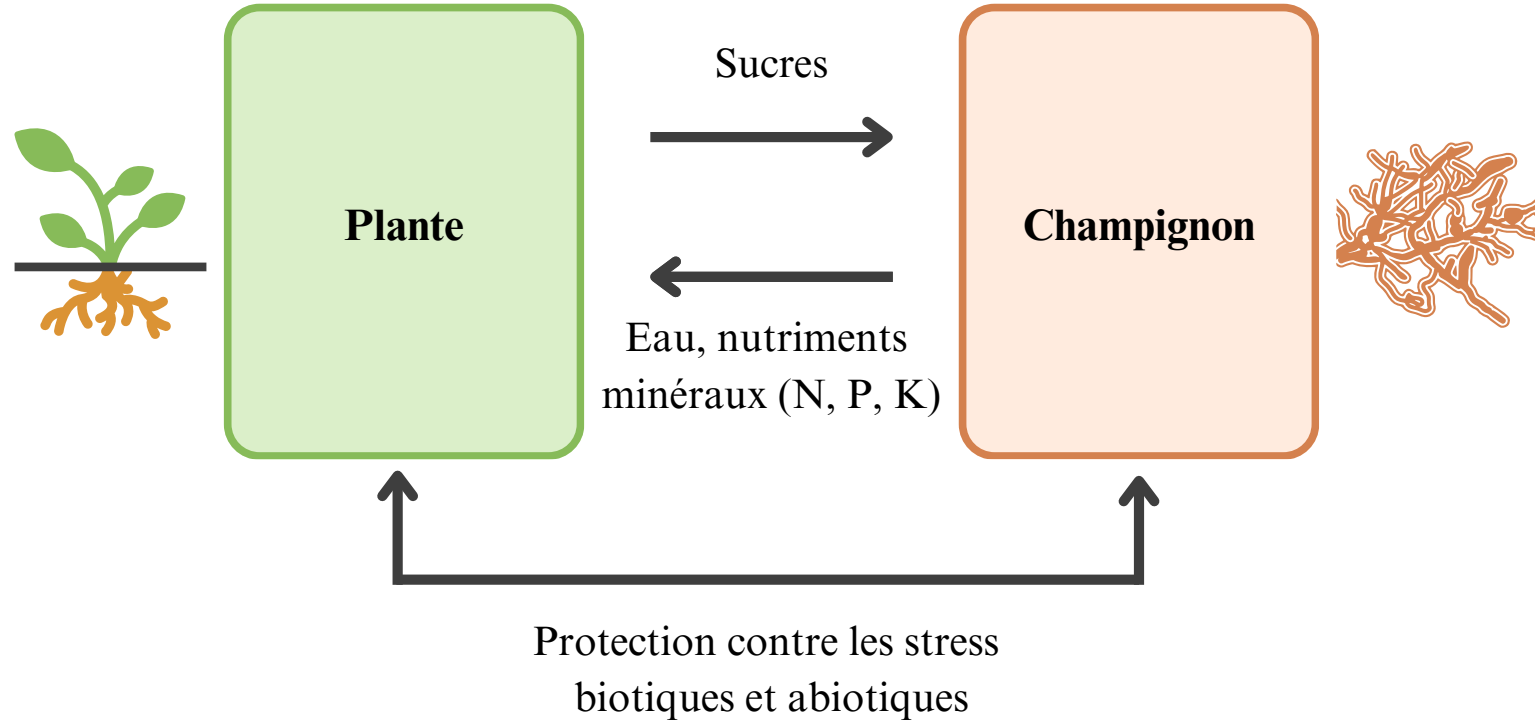


F. Le Tacon

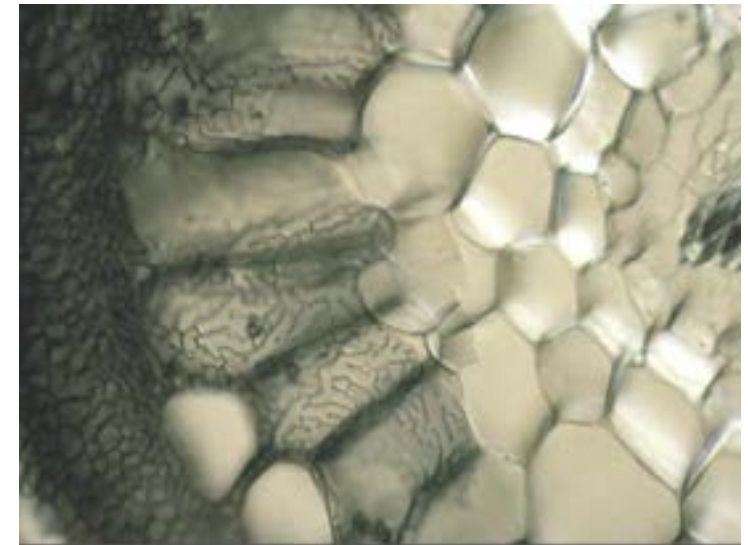


F. Richard

Les champignons ectomycorhiziens

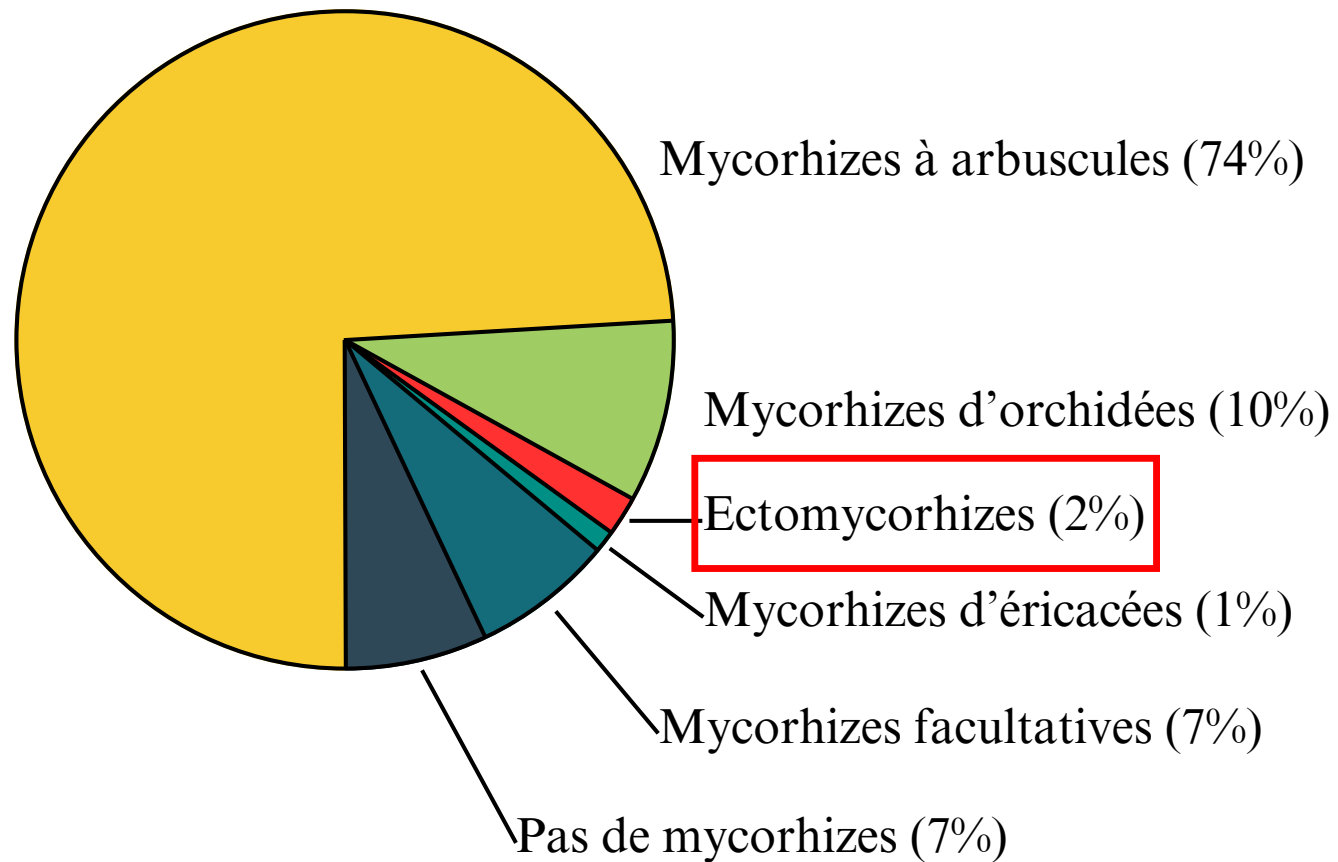


F. Le Tacon



F. Richard

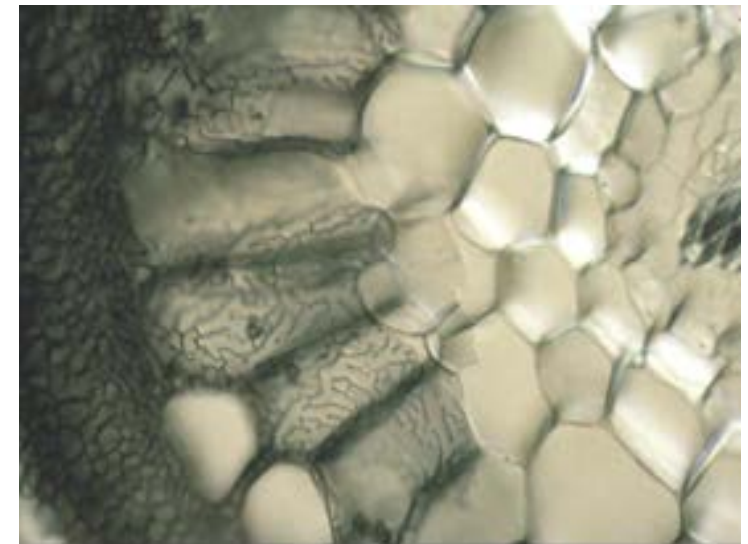
Les champignons ectomycorhiziens



D'après van der Heijden *et al.*, 2015; Brundrett & Tedersoo, 2018

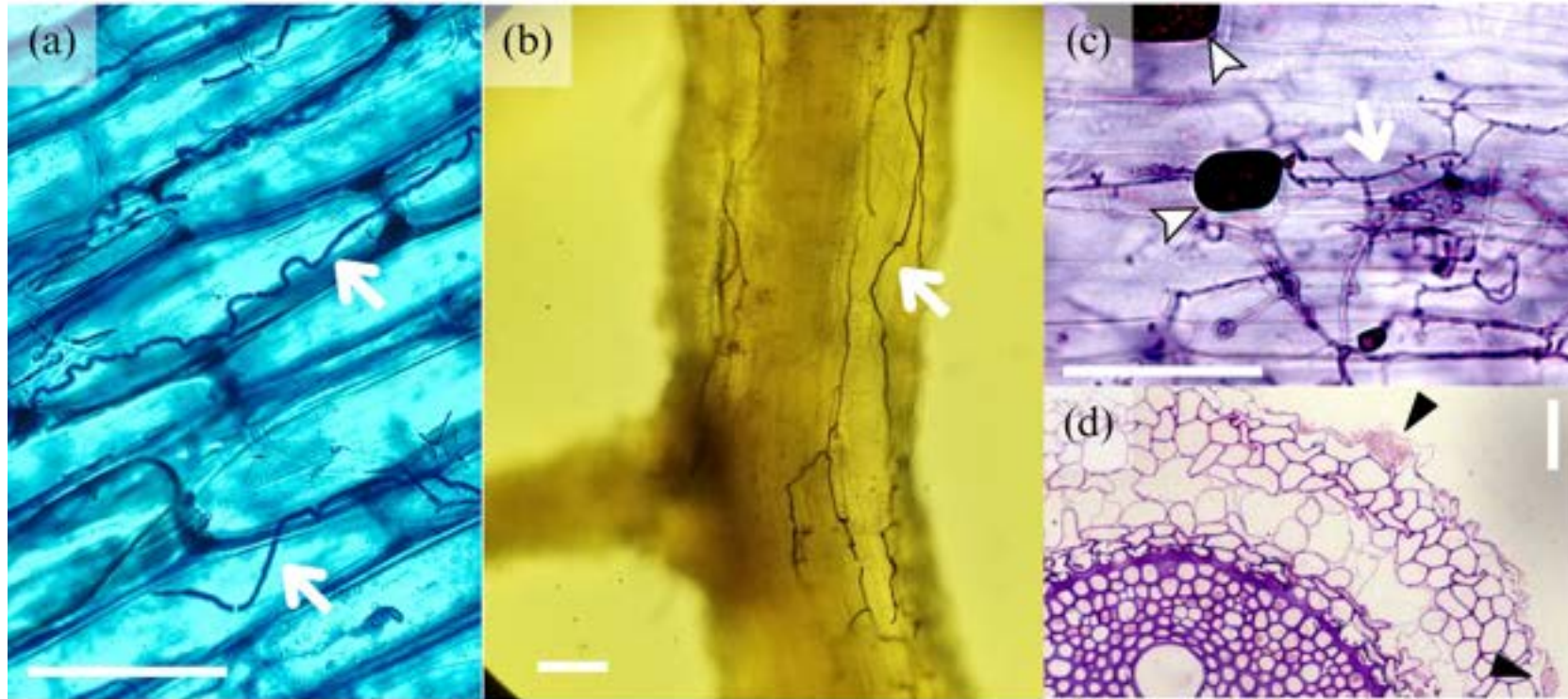


F. Le Tacon



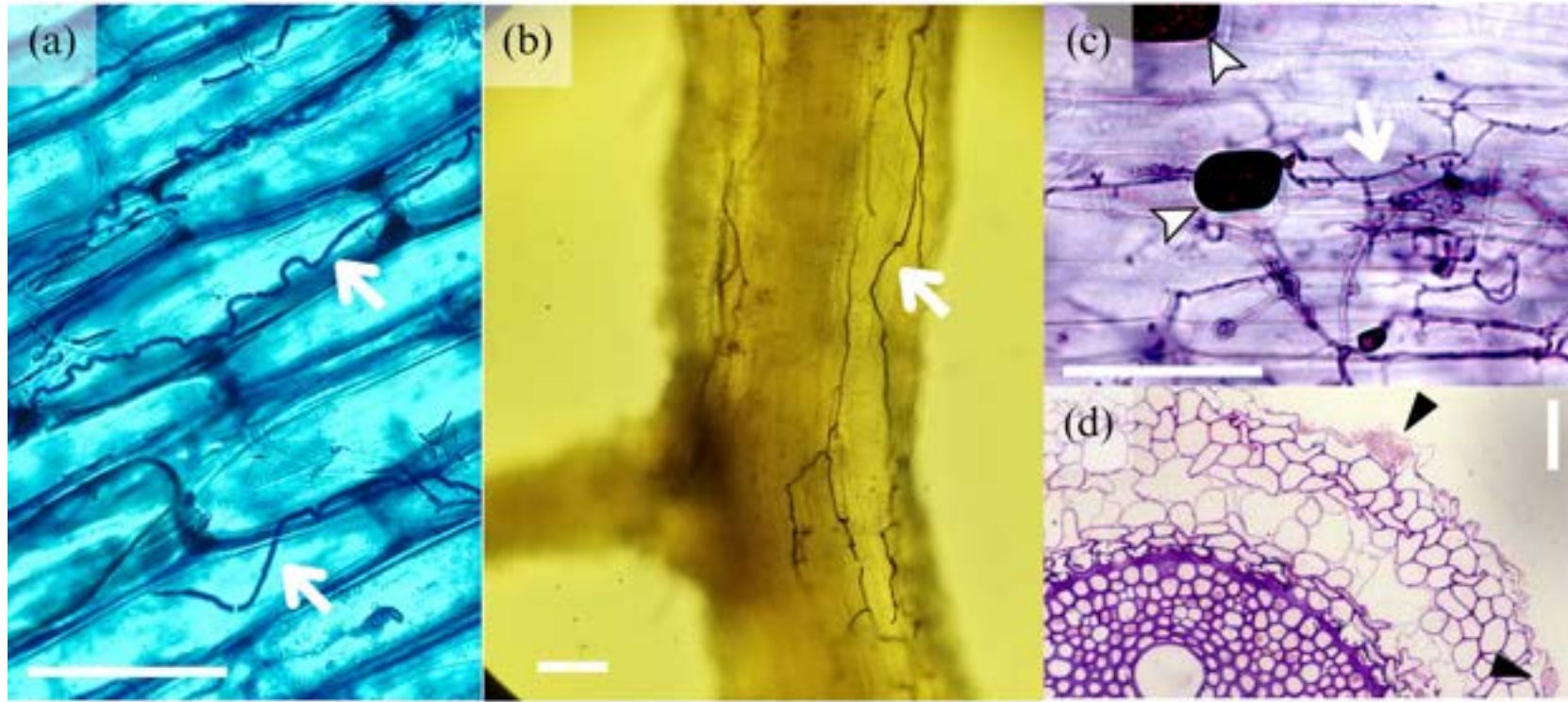
F. Richard

Les champignons endophytes



(a) N. Hill; (c) Hoysted *et al.*, 2023; (d) Weiss *et al.*, 2011

Les champignons endophytes



(a) N. Hill; (c) Hoysted *et al.*, 2023; (d) Weiss *et al.*, 2011



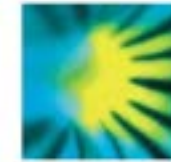
Amensalisme

Commensalisme

Les champignons endophytes

	Total	M%	FM%	NM%	M type
angiosperms					
Taxaceae	2	100	0	0	AM only
Cupressaceae ^①	11	100	0	0	82% AM, 18% AM+ECM
Taxodiaceae	3	100	0	0	AM only
Podocarpaceae ^②	6	100	0	0	83% AM, 17% mycoheterotrophy?
Araucariaceae ^①	5	100	0	0	60% AM, 20% ECM, 20% AM+EEM
Gnetaceae ^①	3	100	0	0	67% ECM, 33% AM+ECM
Welwitschiaceae	1	100	0	0	AM only
Ephedraceae	2	100	0	0	AM only
Pinaceae ^①	43	98	2	0	86% ECM, 7% AM+ECM, 5% ECM+EEM, 2% AM+ECM+EEM
Ginkgoaceae	1	100	0	0	AM only
Zamiaceae	5	100	0	0	AM only
Cycadaceae	2	100	0	0	AM only

gymnosperms



New Phytologist

Methods | [Free Access](#)

FungalRoot: global online database of plant mycorrhizal associations

Nadejda A. Soudzilovskaia [✉](#), Stijn Vaessen, Milagros Barcelo, Jinhong He, Saleh Rahimlou, Kessy Abarenkov, Mark C. Brundrett, Sofia I.F. Gomes, Vincent Merckx, Leho Tedersoo [✉](#)

Wang & Qiu, 2006

Les champignons endophytes

	Total	M%	FM%	NM%	M type
angiosperms					
Taxaceae	2	100	0	0	AM only
Cupressaceae [Ⓢ]	11	100	0	0	82% AM, 18% AM+ECM
Taxodiaceae	3	100	0	0	AM only
Podocarpaceae [Ⓢ]	6	100	0	0	83% AM, 17% mycoheterotrophy?
Araucariaceae [Ⓢ]	5	100	0	0	60% AM, 20% ECM, 20% AM+EEM
Gnetaceae [Ⓢ]	3	100	0	0	67% ECM, 33% AM+ECM
Welwitschiaceae	1	100	0	0	AM only
Ephedraceae	2	100	0	0	AM only
Pinaceae [Ⓢ]	43	98	2	0	86% ECM, 7% AM+ECM, 5% ECM+EEM, 2% AM+ECM+EEM
Ginkgoaceae	1	100	0	0	AM only
Zamiaceae	5	100	0	0	AM only
Cycadaceae	2	100	0	0	AM only



New Phytologist

Methods | [Free Access](#)

FungalRoot: global online database of plant mycorrhizal associations

Nadejda A. Soudzilovskaia [✉], Stijn Vaessen, Milagros Barcelo, Jinhong He, Saleh Rahimiou, Kessy Abarenkov, Mark C. Brundrett, Sofia I.F. Gomes, Vincent Merckx, Leho Tedersoo [✉]

Wang & Qiu, 2006



Fungal Ecology

Volume 20, April 2016, Pages 241-248



FUNGuild: An open annotation tool for parsing fungal community datasets by ecological guild

Nhu H. Nguyen [Ⓐ] [✉], Zewei Song [Ⓑ], Scott T. Bates [Ⓑ], Sara Branco [Ⓒ], Leho Tedersoo [Ⓓ], Jon Menke [Ⓐ], Jonathan S. Schilling [Ⓒ], Peter G. Kennedy [Ⓐ] [Ⓕ]

FungalTraits: a user-friendly traits database of fungi and fungus-like stramenopiles

Published: 19 January 2021

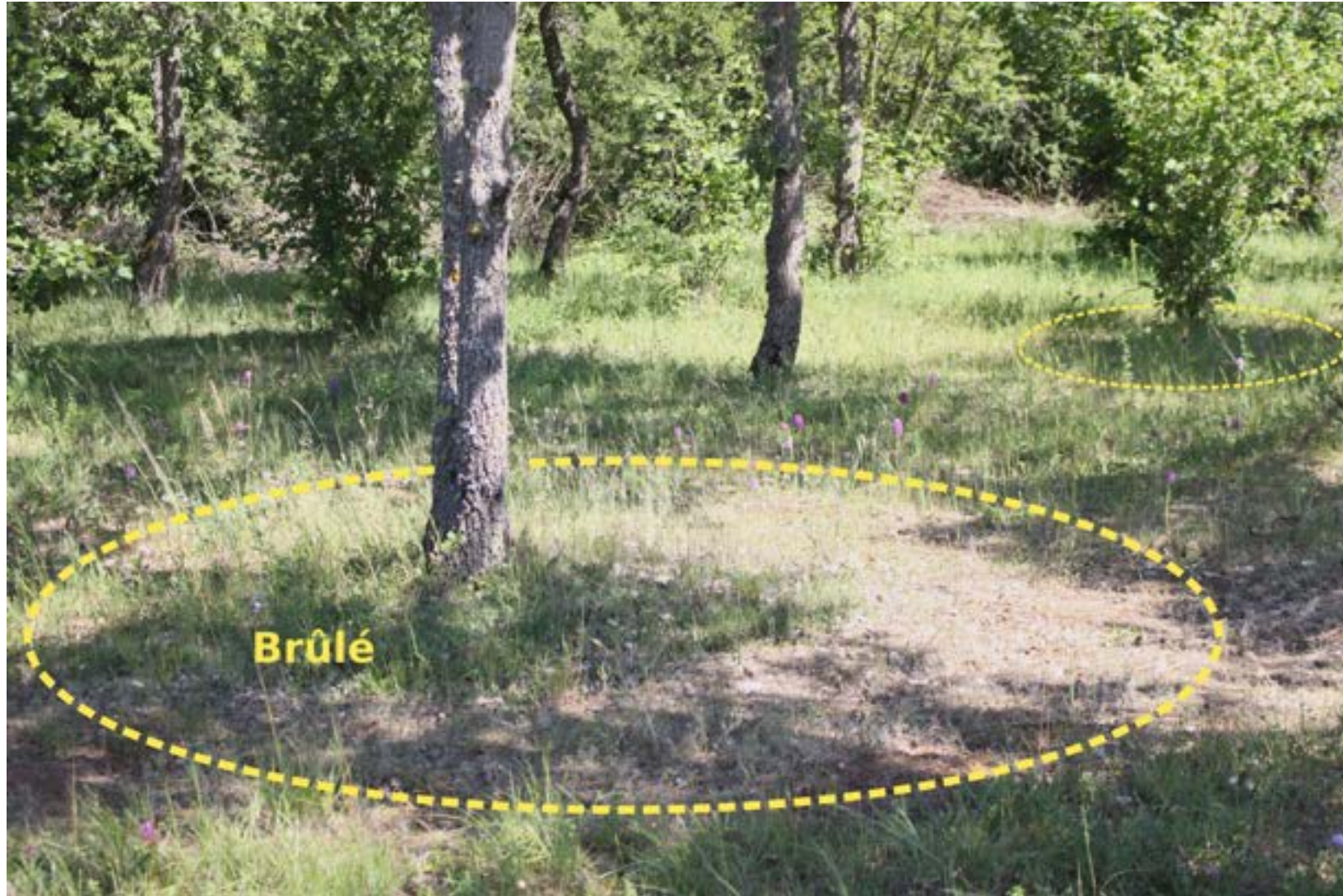
Volume 105, pages 1–16, (2020) [Cite this article](#)

Sergei Pölme [✉], Kessy Abarenkov, R. Henrik Nilsson, Björn D. Lindahl, Karina Engelbrecht Clemmensen, Havard Kauserud, Nhu Nguyen, Rasmus Kjølter, Scott T. Bates, Petr Baldrian, Tobias Guldberg Frøslev, Kristjan Adojaan, Alfredo Vizzini, Ave Suija, Donald Pfister, Hans-Otto Baral, Helle Järv, Hugo Madrid, Jenni Nordén, Jian-Kui Liu, Julia Pawlowska, Kadri Põldmaa, Kadri Pärtel, Kadri Runnel, ... [Leho Tedersoo](#) [Show authors](#)

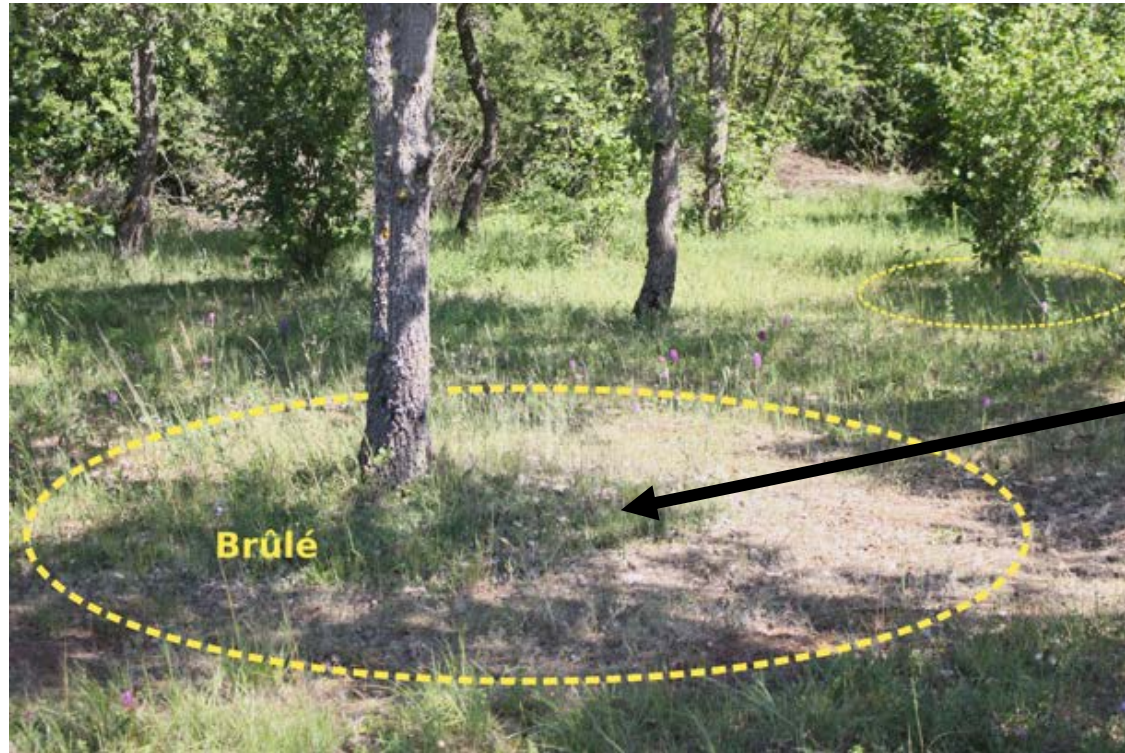
Les truffes: des champignons EcM et endophytes



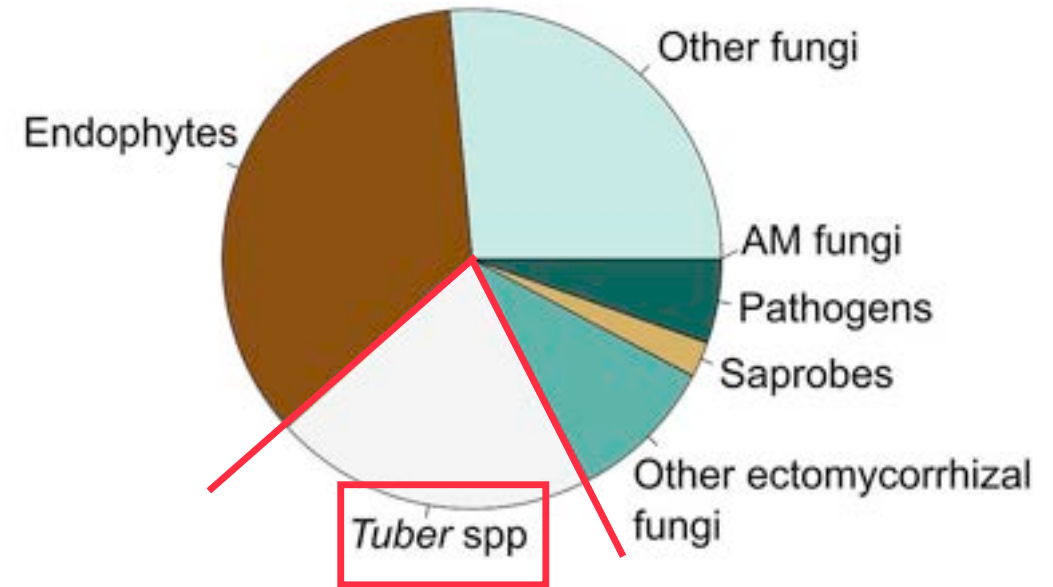
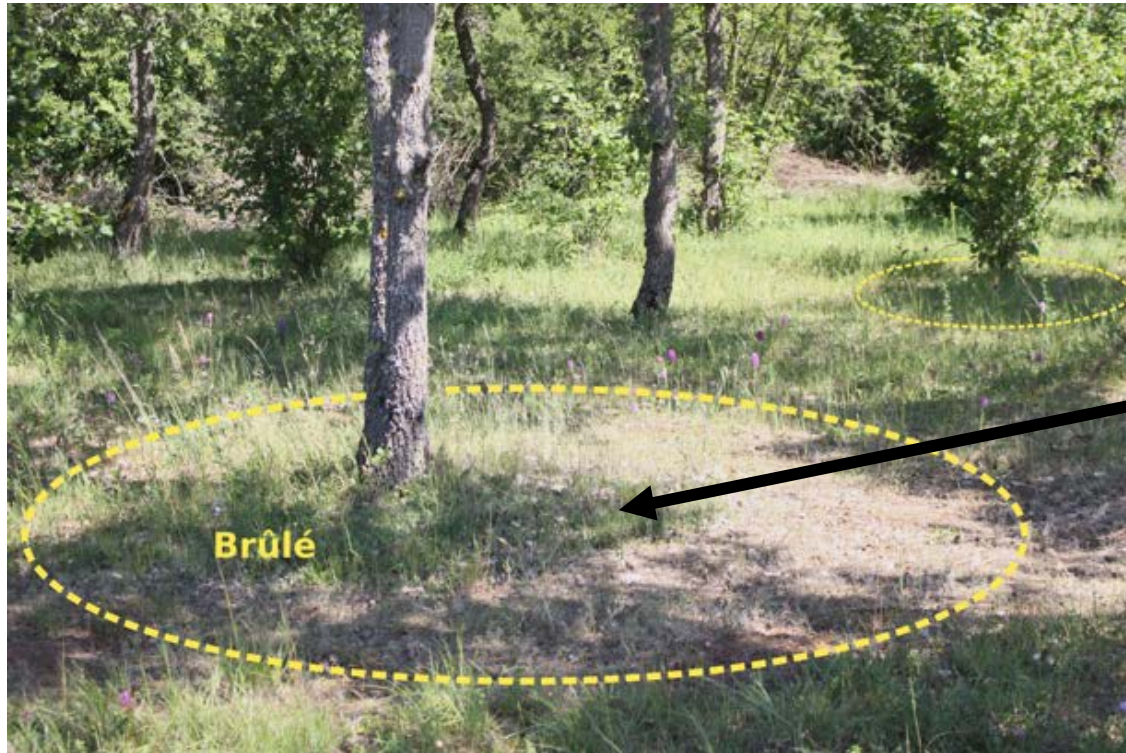
Les truffes: des champignons EcM et endophytes



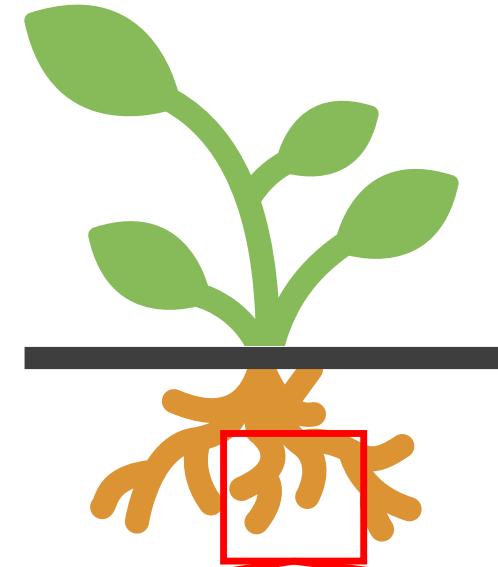
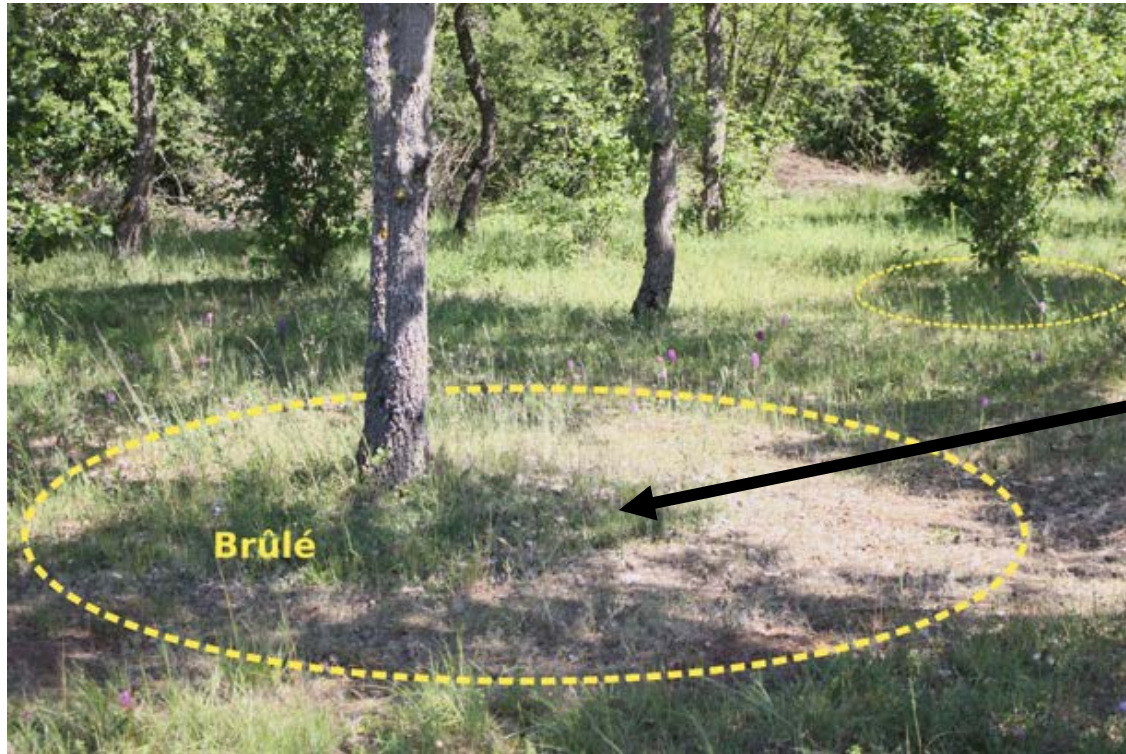
Les truffes: des champignons EcM et endophytes



Les truffes: des champignons EcM et endophytes



Les truffes: des champignons EcM et endophytes



FISH sur *Medicago lupulina*

Schneider-Maunoury *et al.*, 2020

⌘ L'endophytisme des EcMs est-il plus général ?

🍄 L'endophytisme des EcMs est-il plus général ?

🍄 Existe-t-il un filtre racinaire pour la colonisation EcM ?

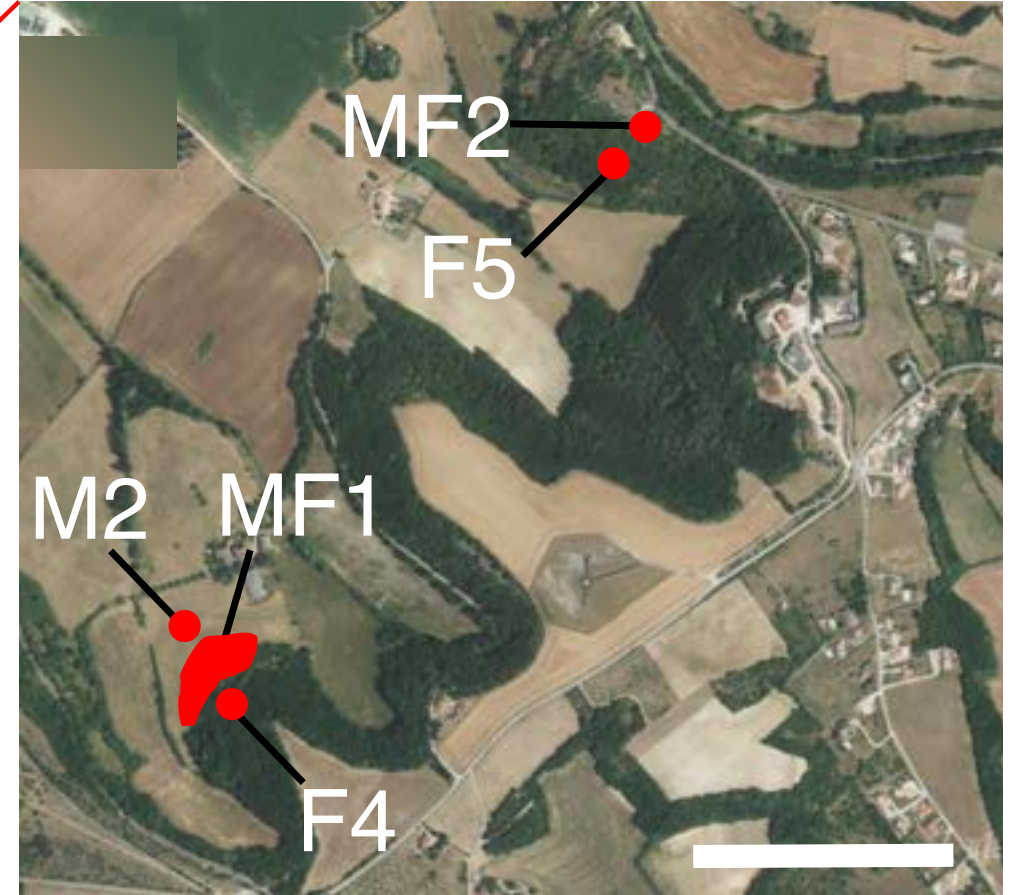
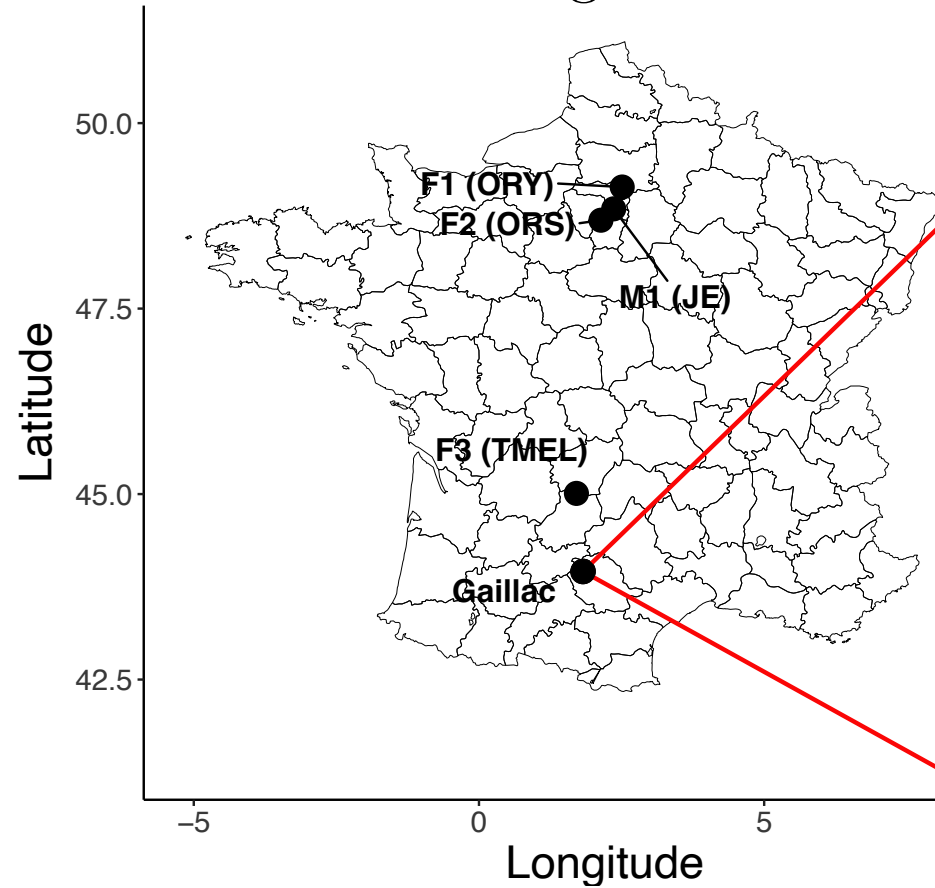
- ‡ L'endophytisme des EcMs est-il plus général ?
- ‡ Existe-t-il un filtre racinaire pour la colonisation EcM ?
- ‡ Confirmer la colonisation endophyte au sein du genre *Russula* (Basidiomycota)

Matériel et méthodes

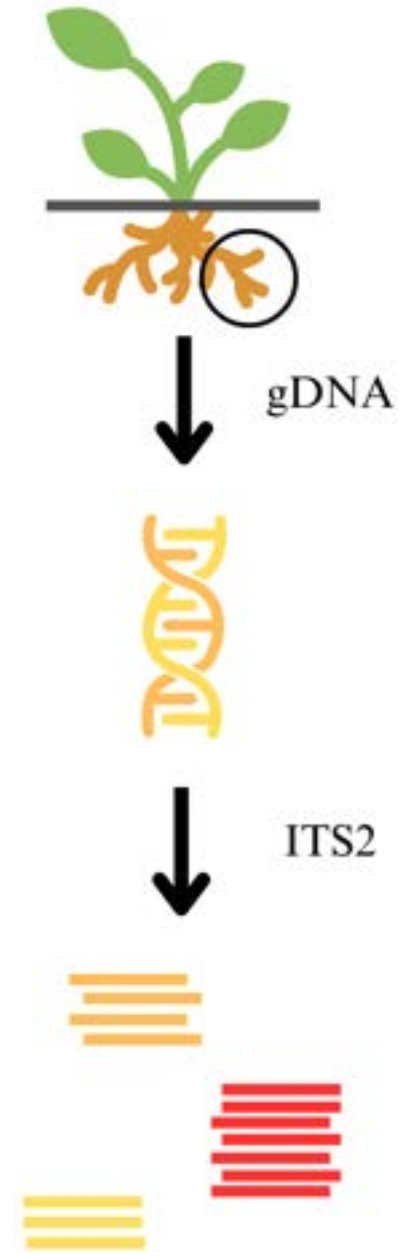
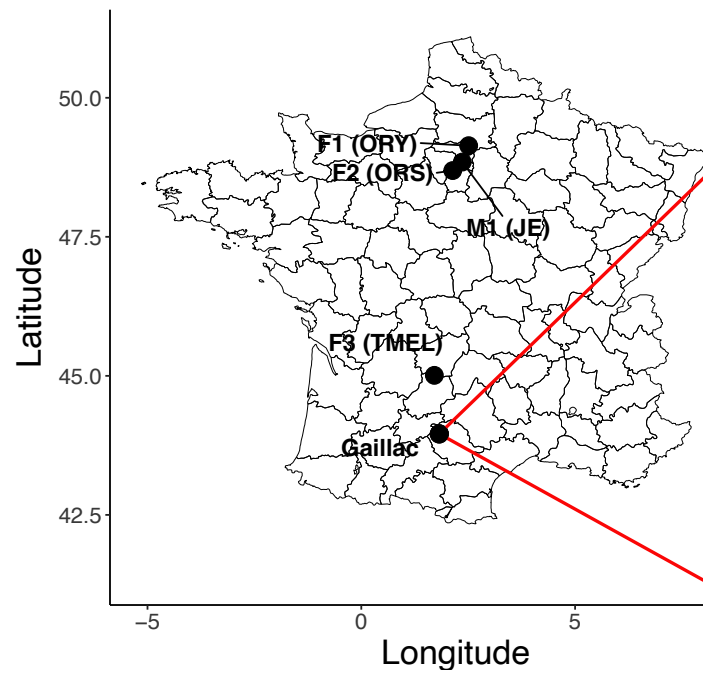
F: Forest

M: Meadow

MF: Forest edge



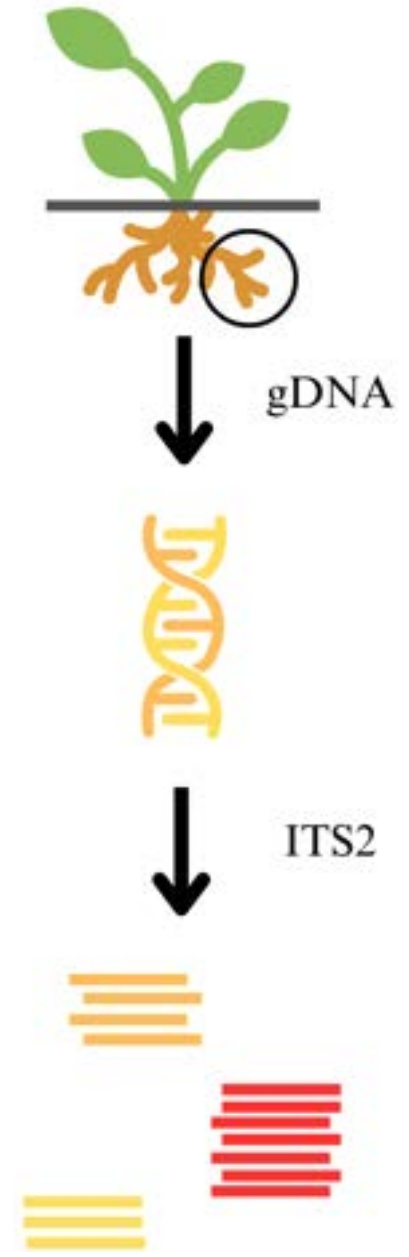
Matériel et méthodes



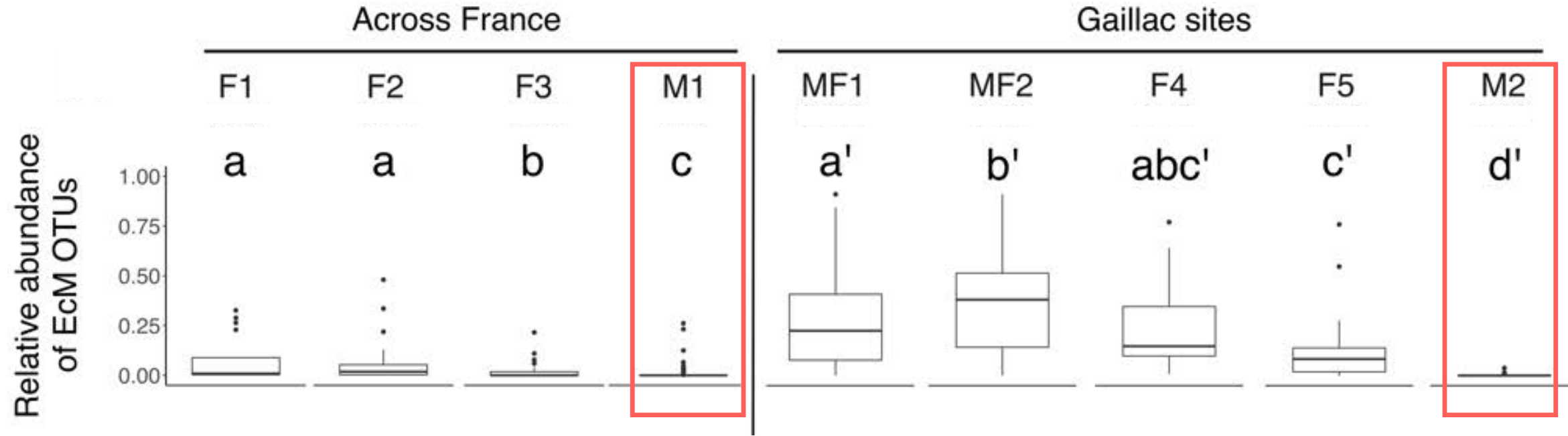
557 échantillons

42 espèces

17 familles

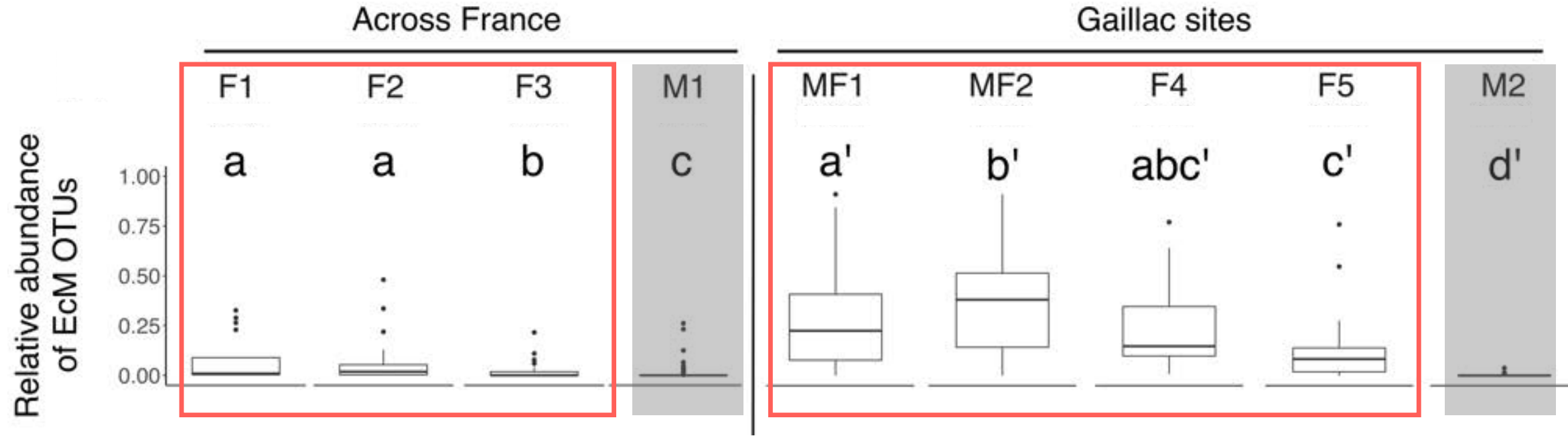


Une proportion variable d'EcM dans les racines de plantes non-EcM



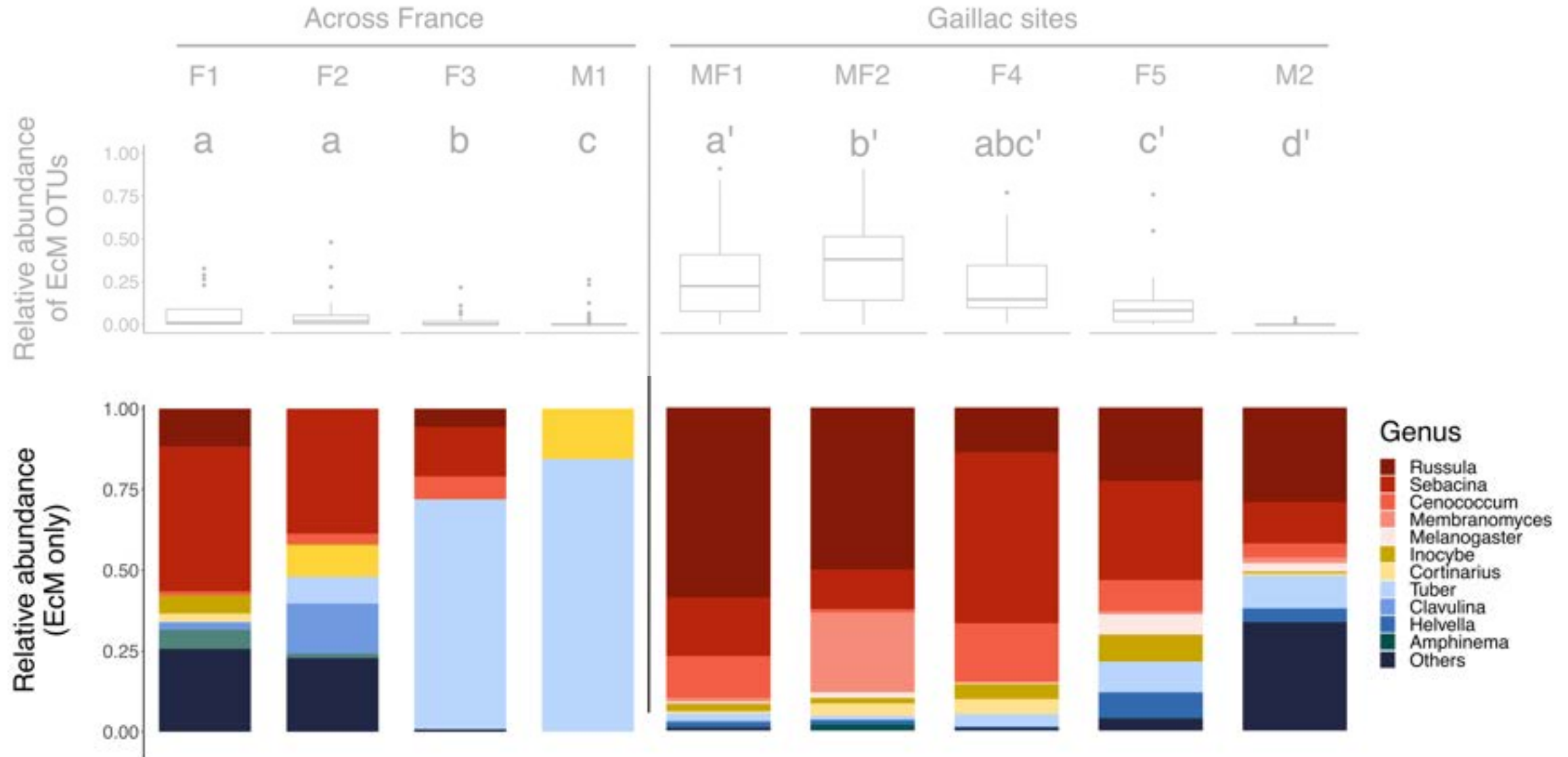
F: Forest
M: Meadow
MF: Forest edge

Une proportion variable d'EcM dans les racines de plantes non-EcM



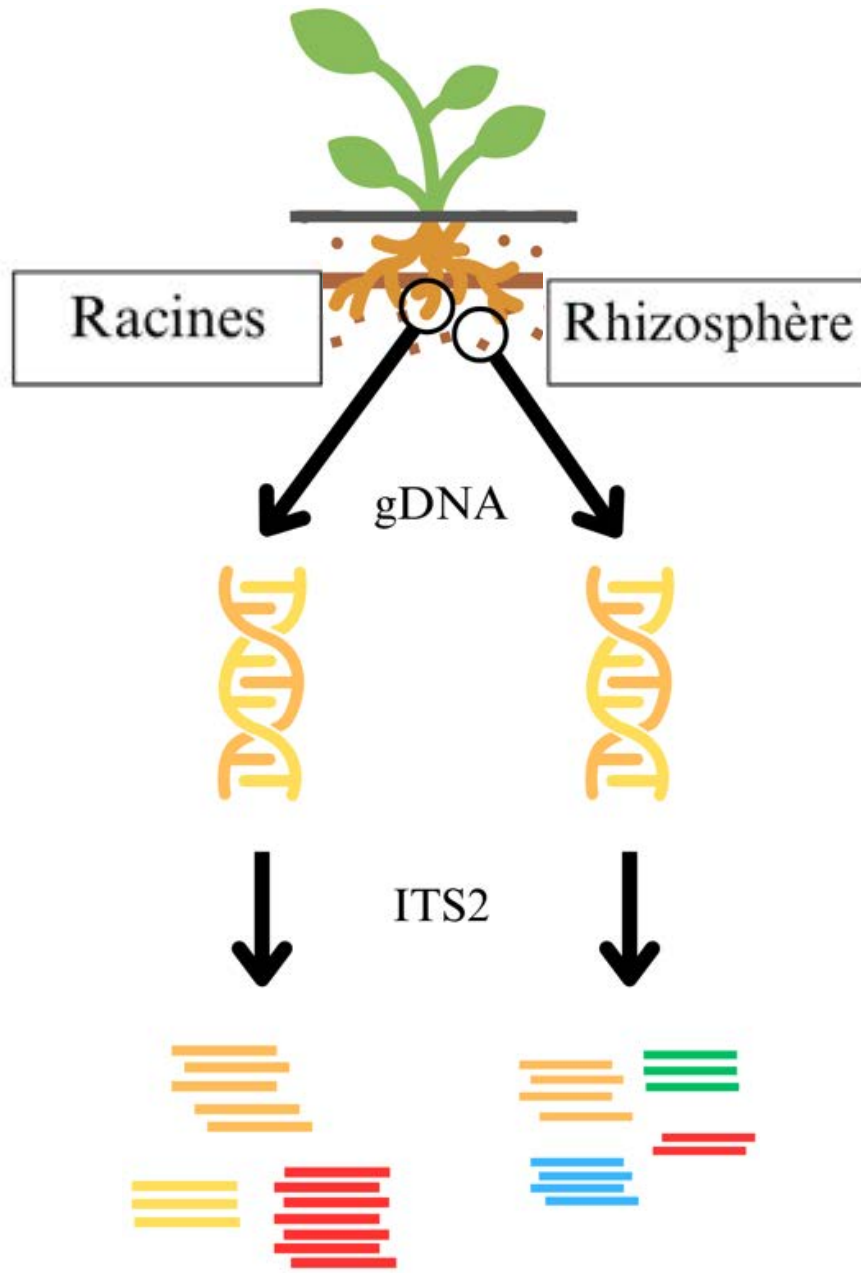
F: Forest
M: Meadow
MF: Forest edge

Des communautés EcM typiques de milieux tempérés



- 🍄 Une proportion variable de séquences de champignons EcM (*Russula* spp., *Sebacina* spp. etc).
- 🍄 Composition des communautés EcM dépend du site mais surtout de la famille de plantes étudiée.
- 🍄 Colonisation par les champignons EcM des racines de plantes non-EcM favorisée par la présence d'hôtes EcM.

Comparaison rhizosphère/racines

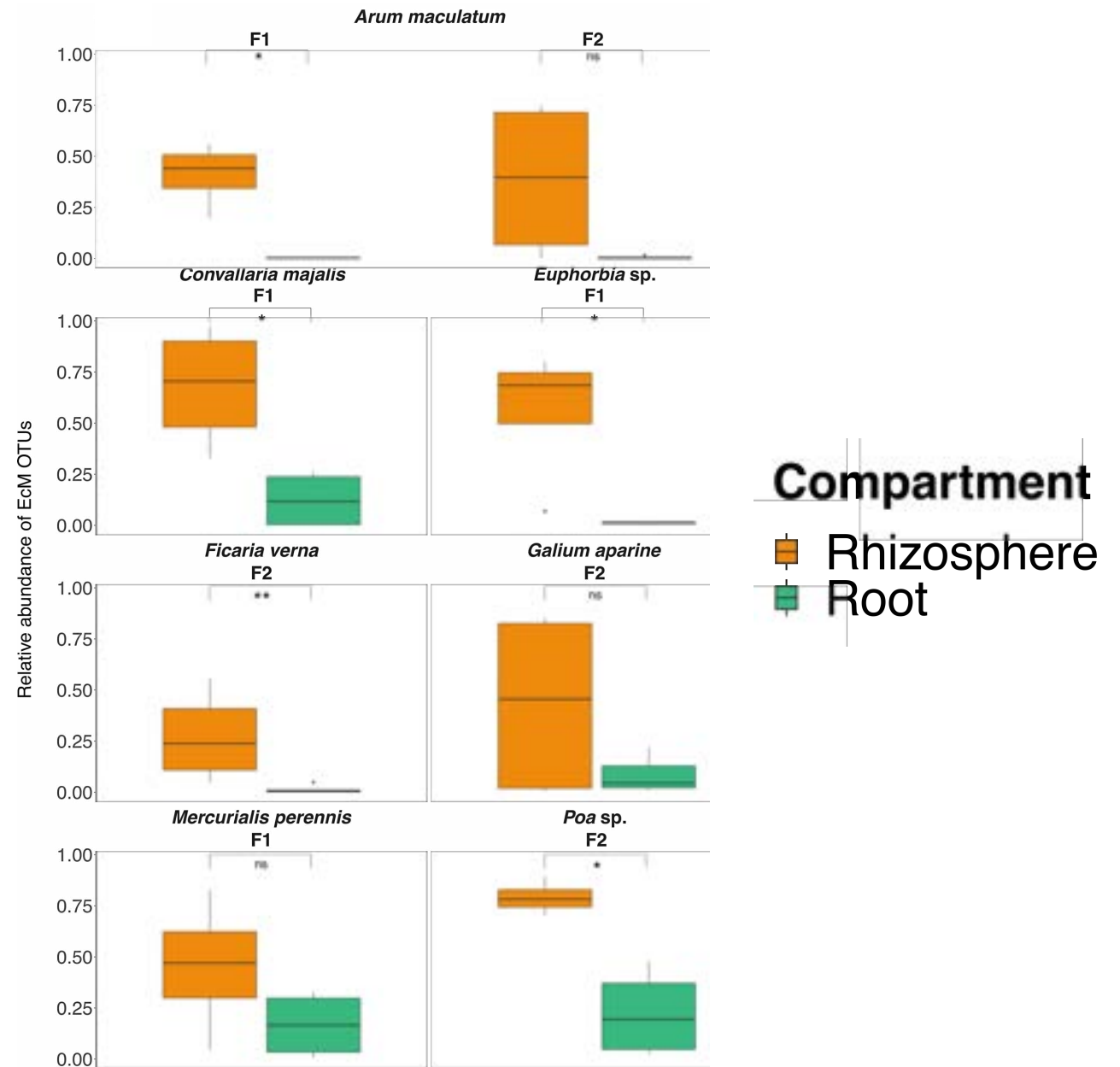
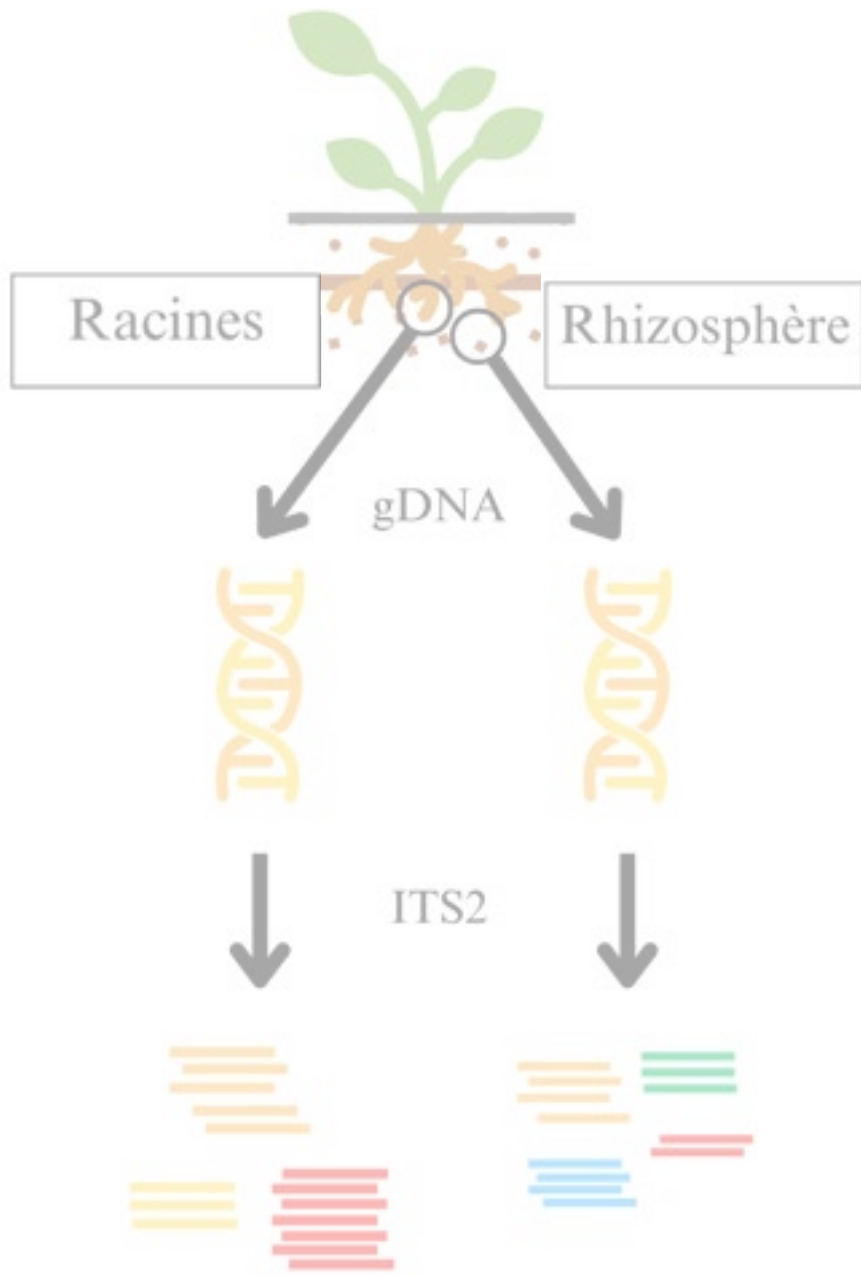


18 individus

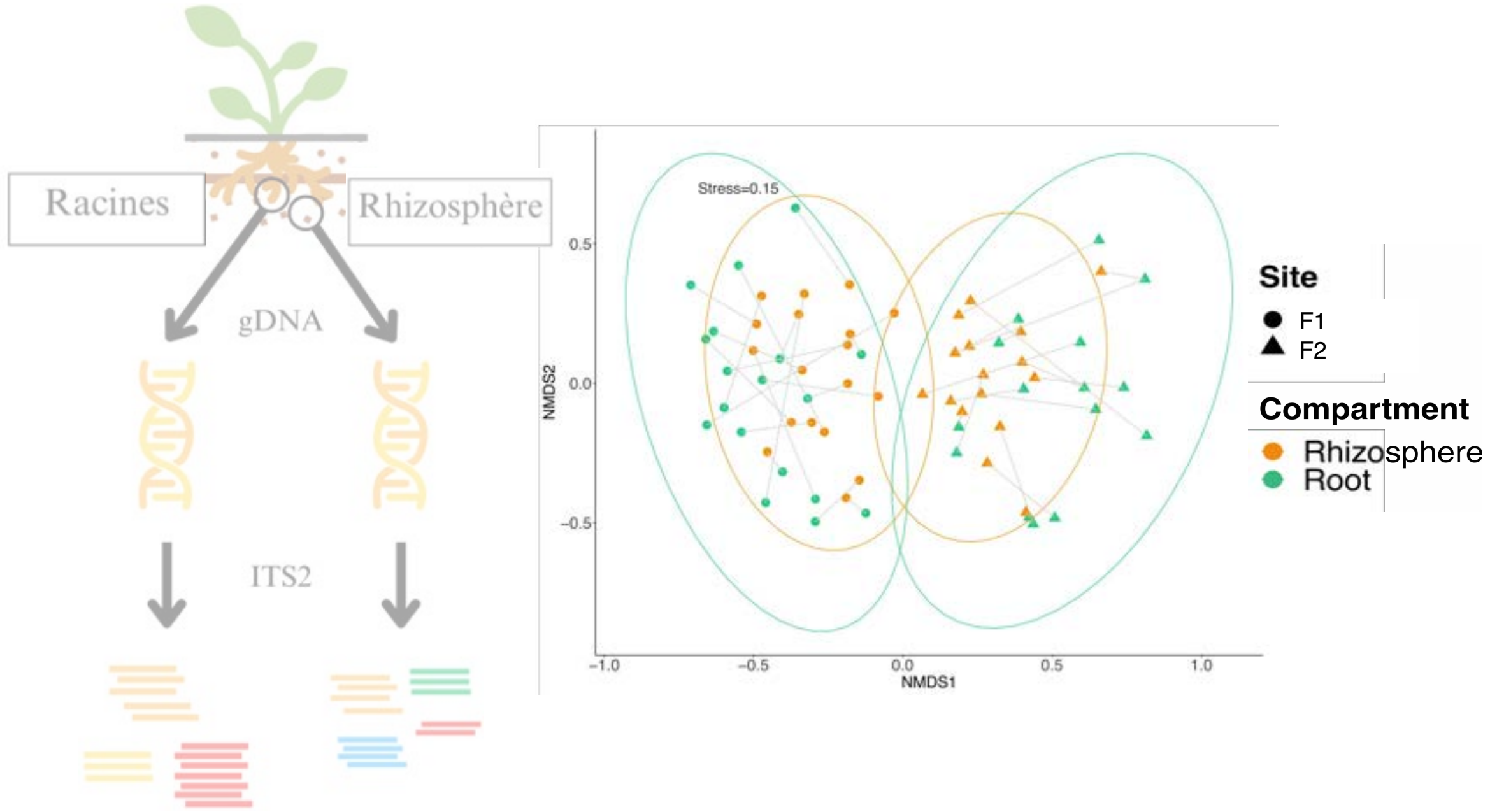
7 espèces

2 sites

Une faible proportion d'EcM dans les racines comparé à la rhizosphère



Des communautés EcM similaires entre compartiments



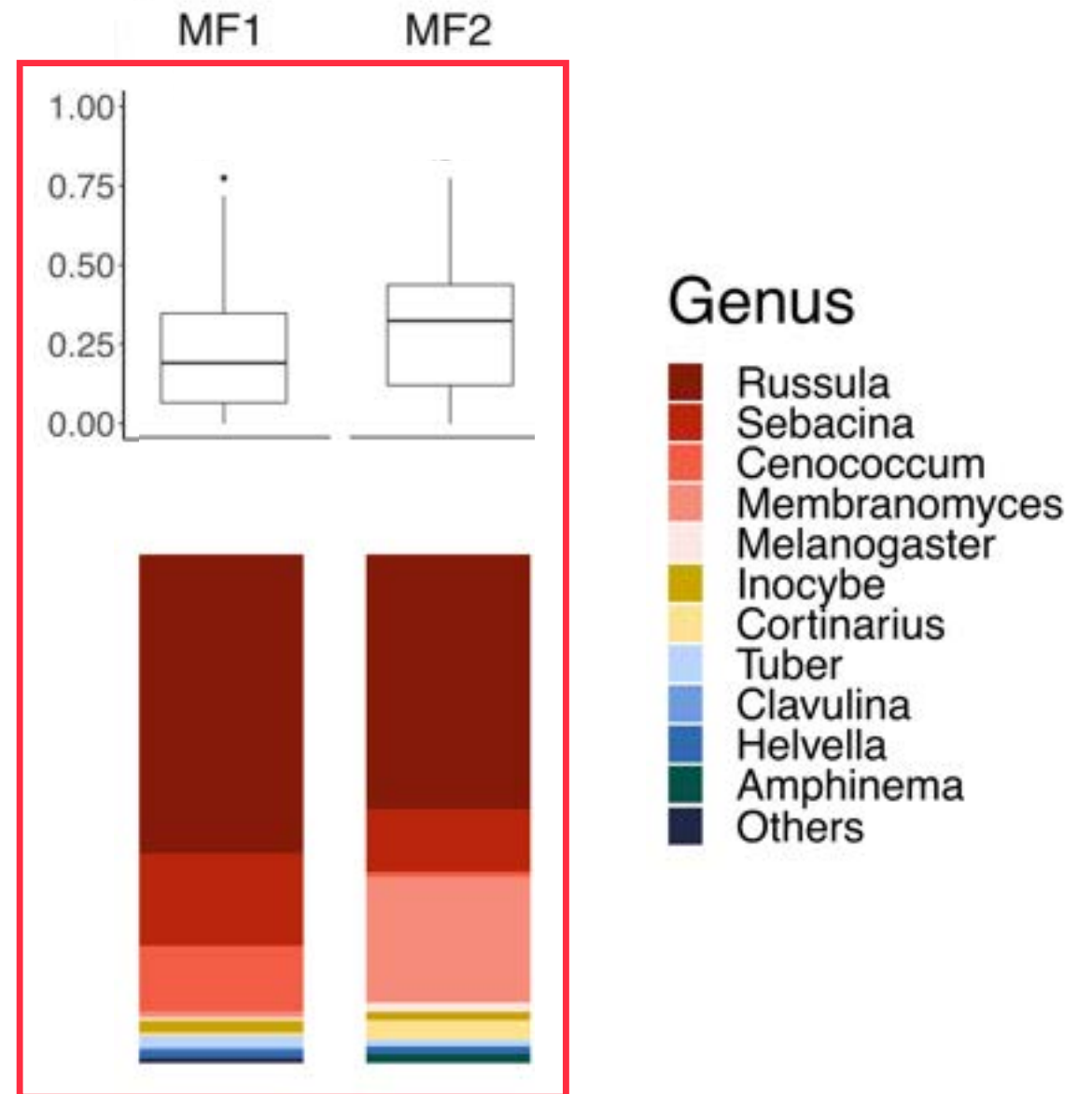


- † Rhizosphère: niche plus propice au développement des champignons EcM
- † Filtre racinaire faible (*i.e.*, pas de discrimination entre groupes d'EcM)

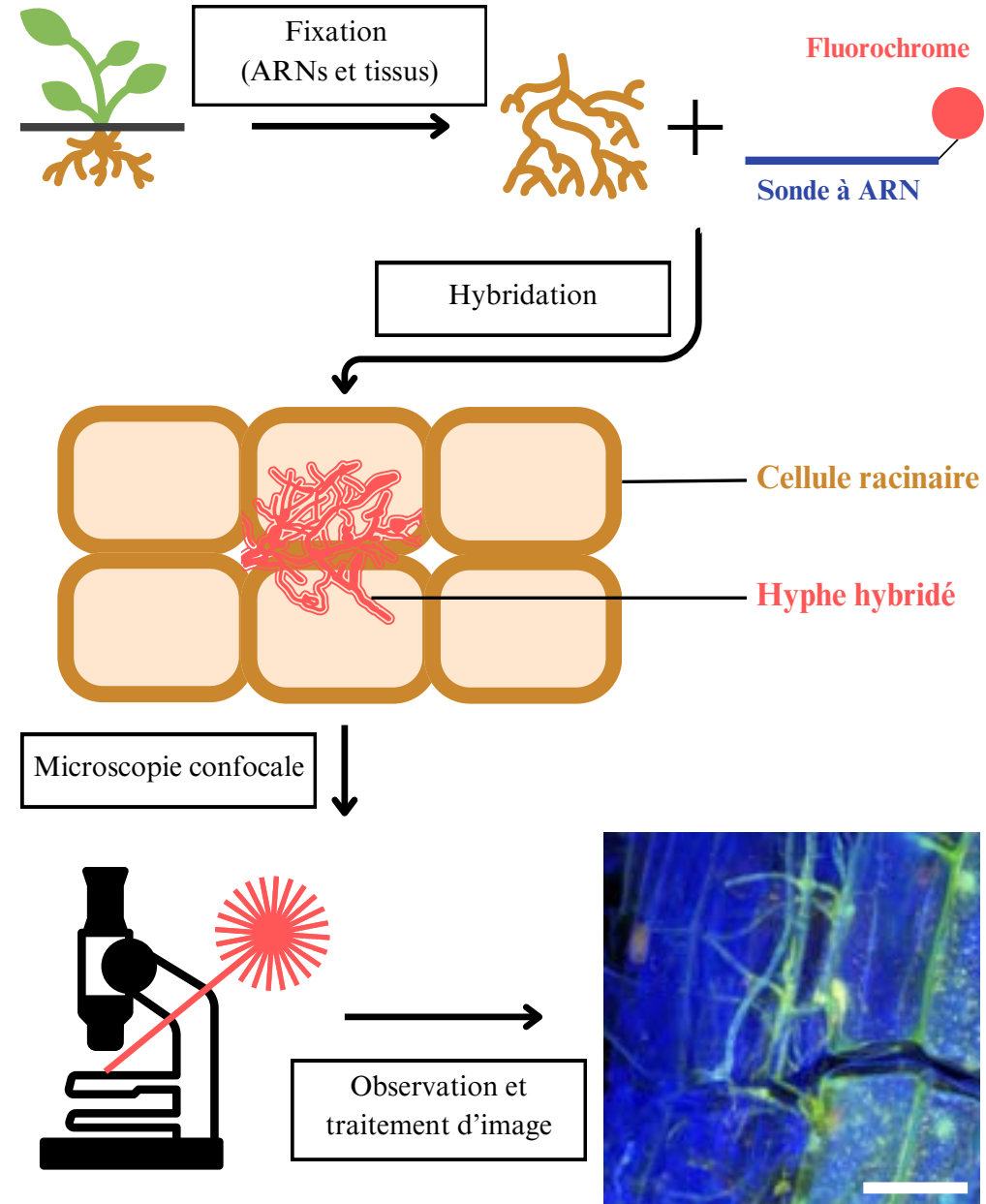
Russula spp., des champignons EcM et endophytes ?



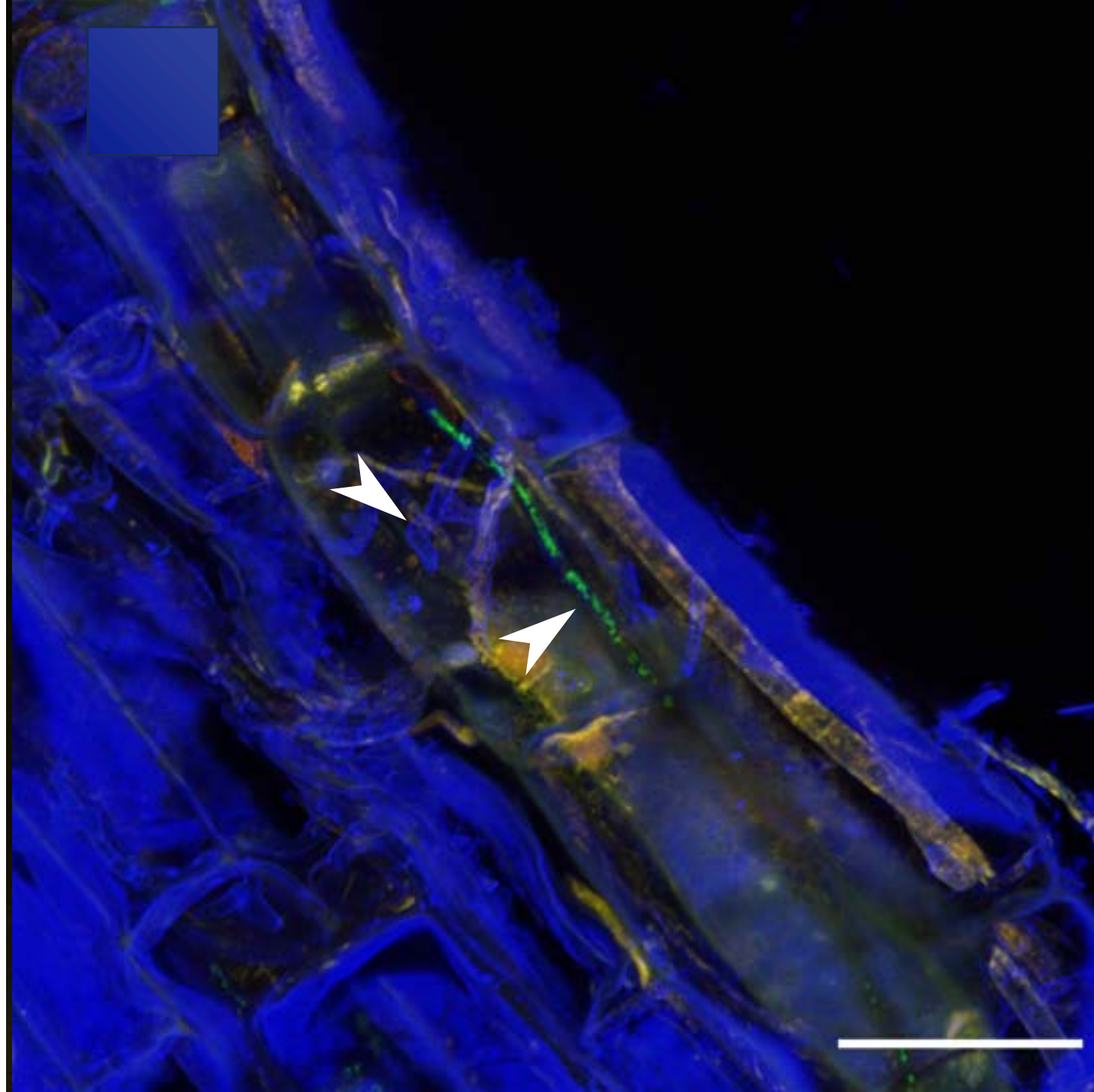
Russula delica & *R. maculata*



Fluorescence *in situ* après hybridation (FISH)



- Parois
- Sonde généraliste



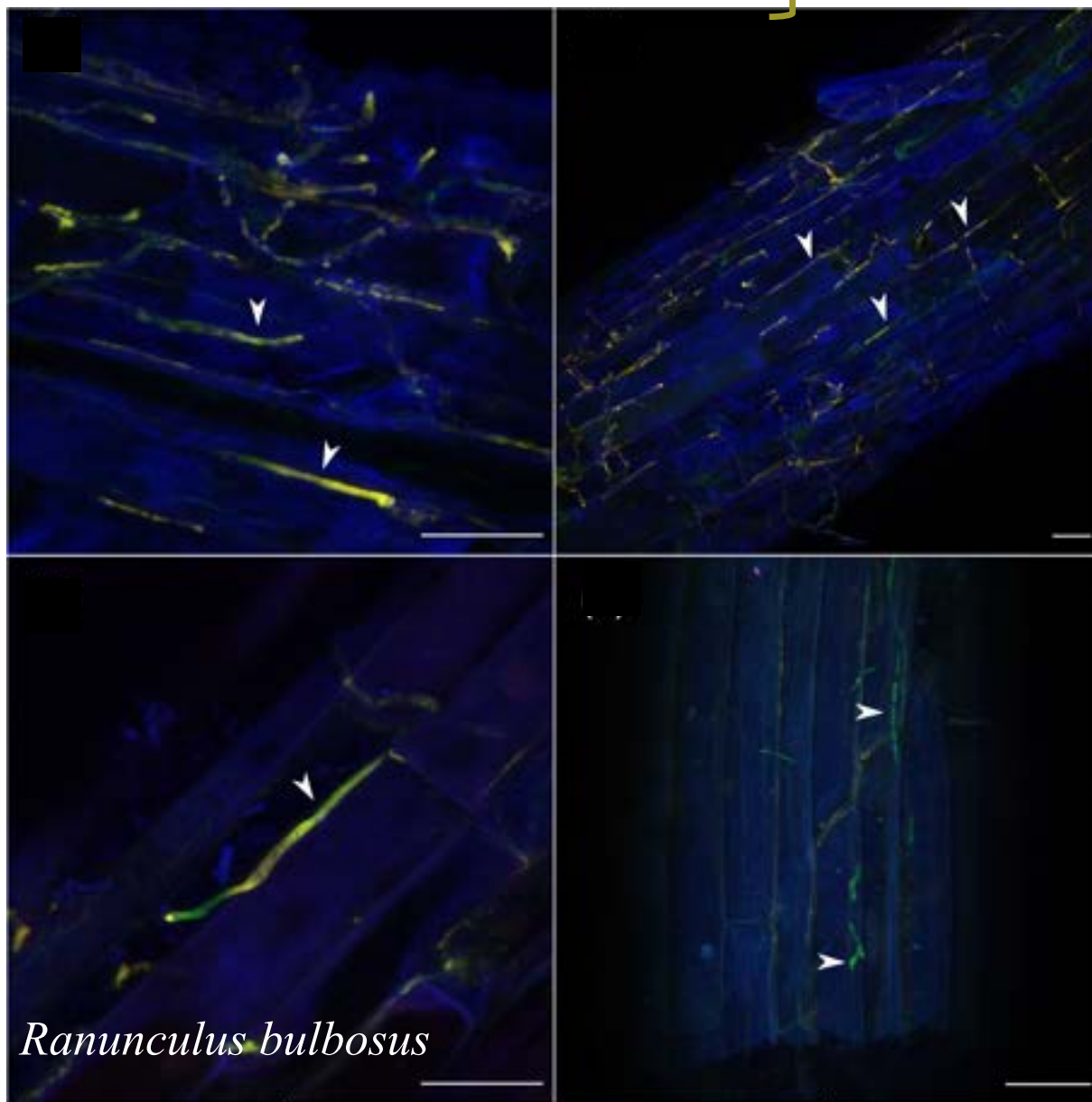


■ Parois

■ Sonde généraliste

■ Sonde spécifique *Russula*

■ Sonde généraliste + *Russula*



Ranunculus bulbosus



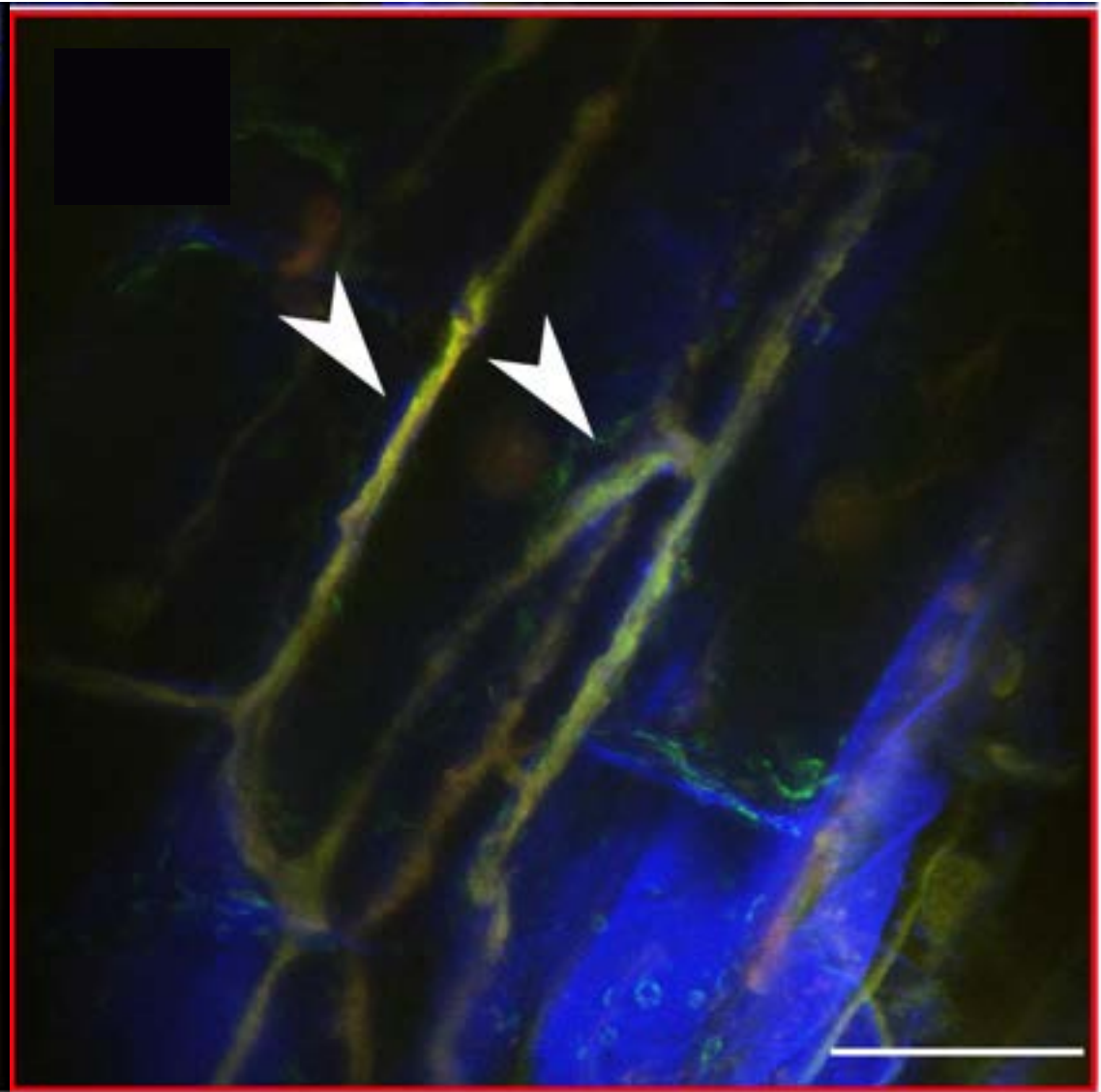
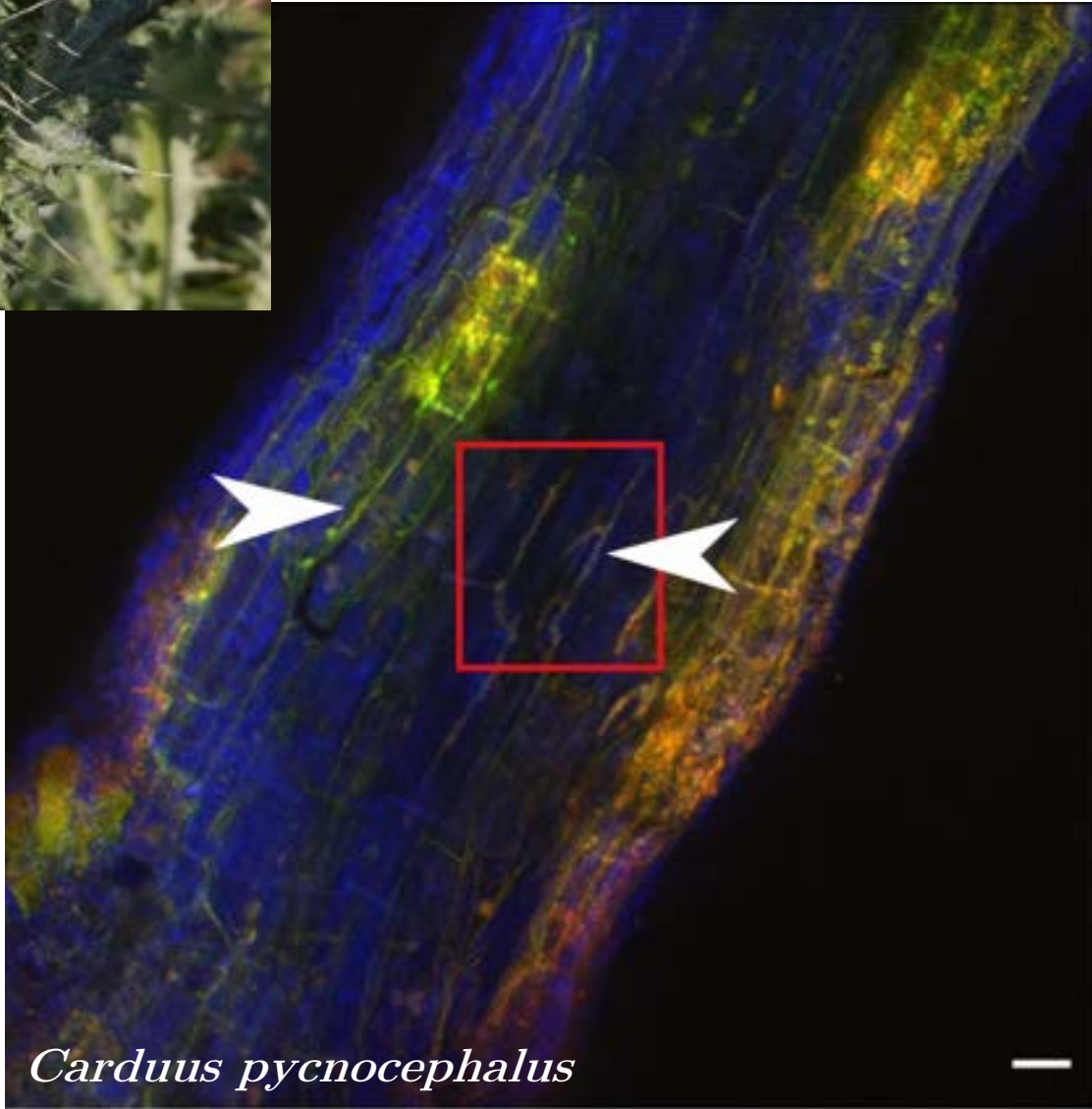
■ Parois

■ Sonde généraliste

■ Sonde spécifique *Russula*



Sonde généraliste + *Russula*



Carduus pycnocephalus

Conclusion (1)

🍄 Plantes non-EcM colonisées par champignons EcM de manière endophytique, surtout à proximité d'hôtes EcM

→ Niche secondaire

Conclusion (1)

🍄 Plantes non-EcM colonisées par champignons EcM de manière endophytique, surtout à proximité d'hôtes EcM

→ Niche secondaire

🍄 Confirmation de l'endophytisme chez *Russula* spp. par microscopie + FISH

→ Hyphes endophytes et métaboliquement actifs

Conclusion (2)

- 🍄 Communautés EcM des racines influencées par identité de la plante.

Conclusion (2)

🍄 Communautés EcM des racines influencées par identité de la plante.

MAIS

🍄 Pas de différences entre rhizosphère et racines (EcM)

Conclusion (2)

🍄 Communautés EcM des racines influencées par identité de la plante

MAIS

🍄 Pas de différences entre rhizosphère et racines (EcM)

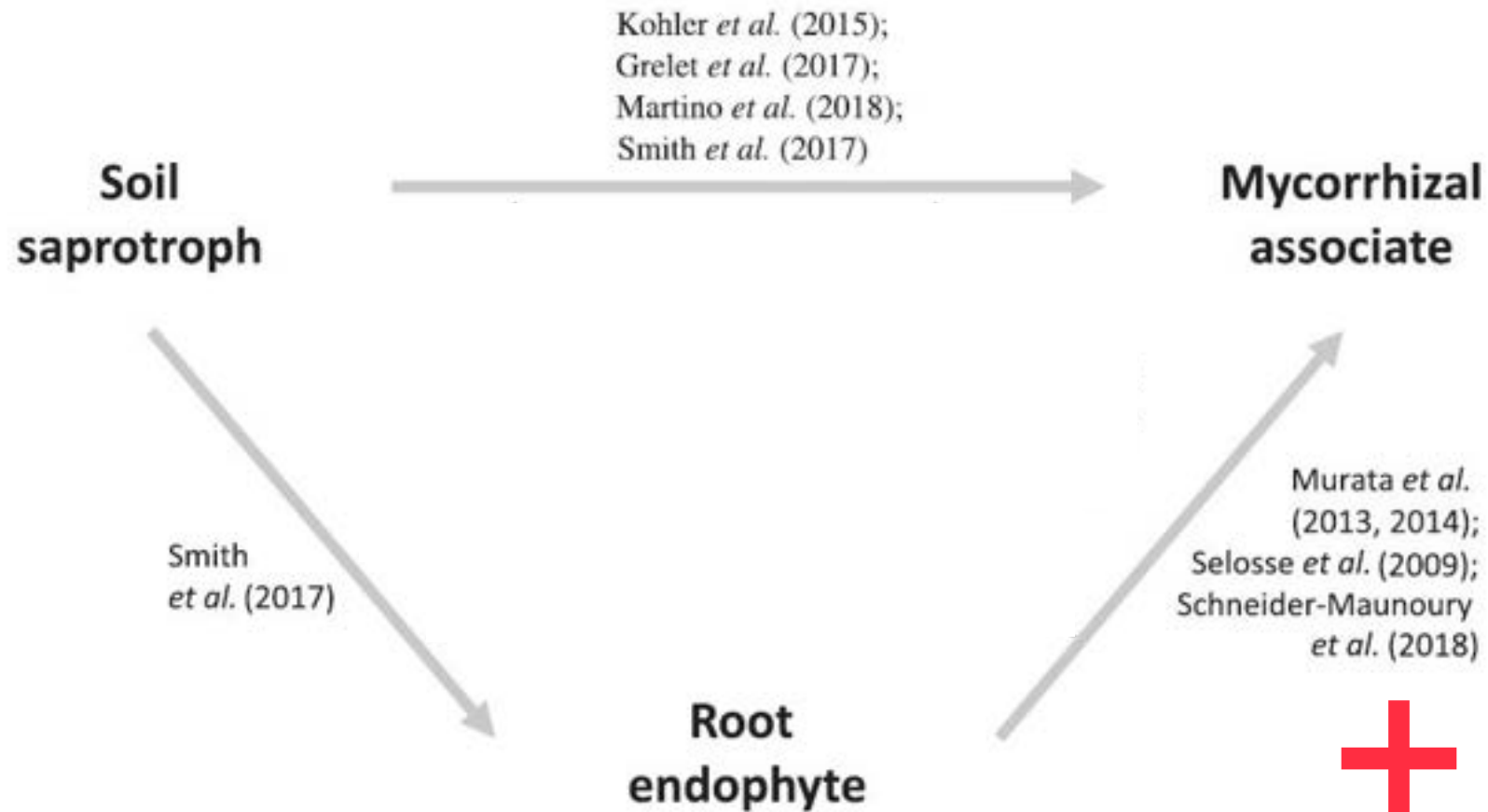


Root exudates ?
(flavanoïdes, abietic
acid...)

L'hypothèse de la « salle d'attente »



L'hypothèse de la « salle d'attente »



Laurent-Webb et *al.* (in prep)

Yung et *al.*, 2021

Merci pour votre attention !

Directeurs de thèse : Marc-André Selosse & Marc Ducousso
Equipe Interaction et Evolution Végétale et Fongique (INEVEF)
Institut de Systématique, Evolution et Biodiversité (ISYEB, UMR7205)



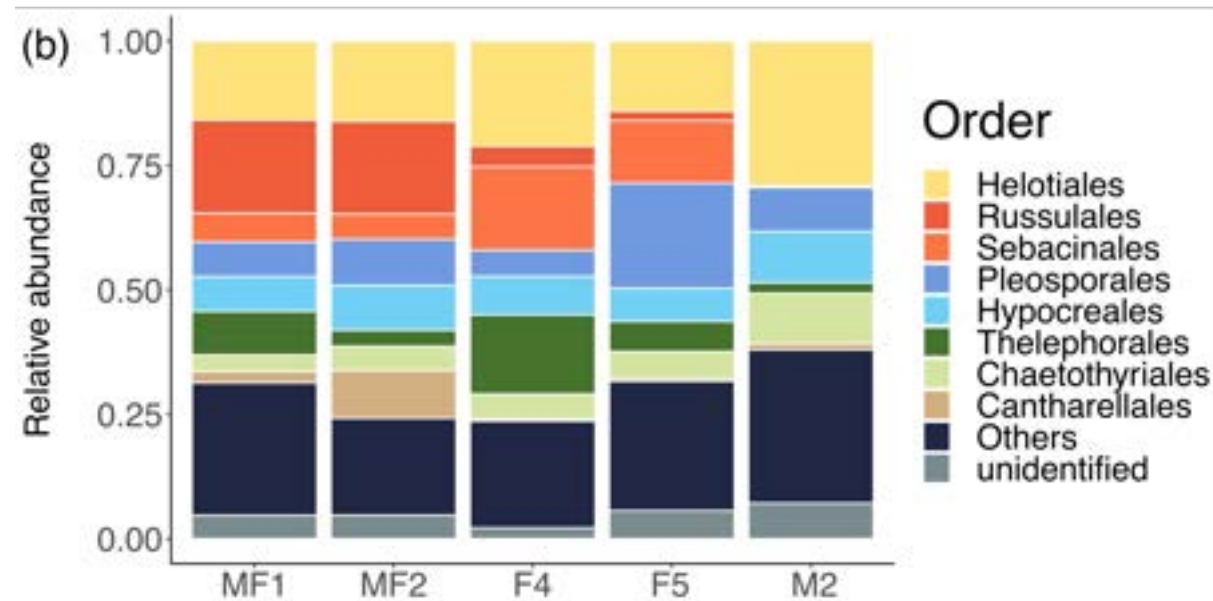
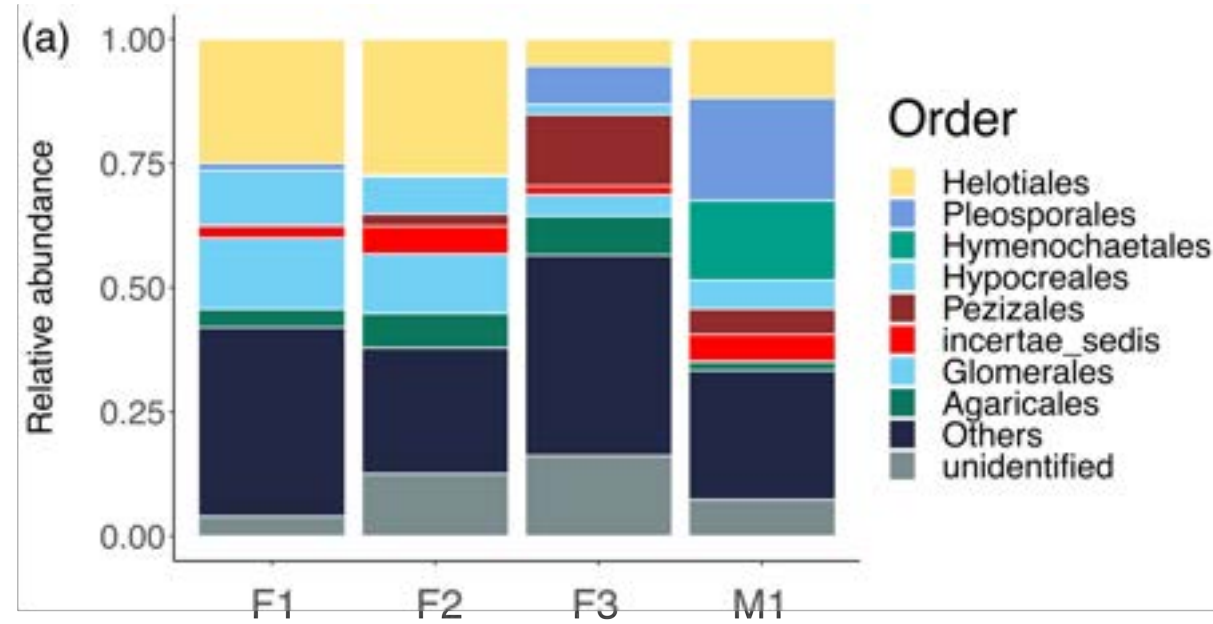
16.01.2024



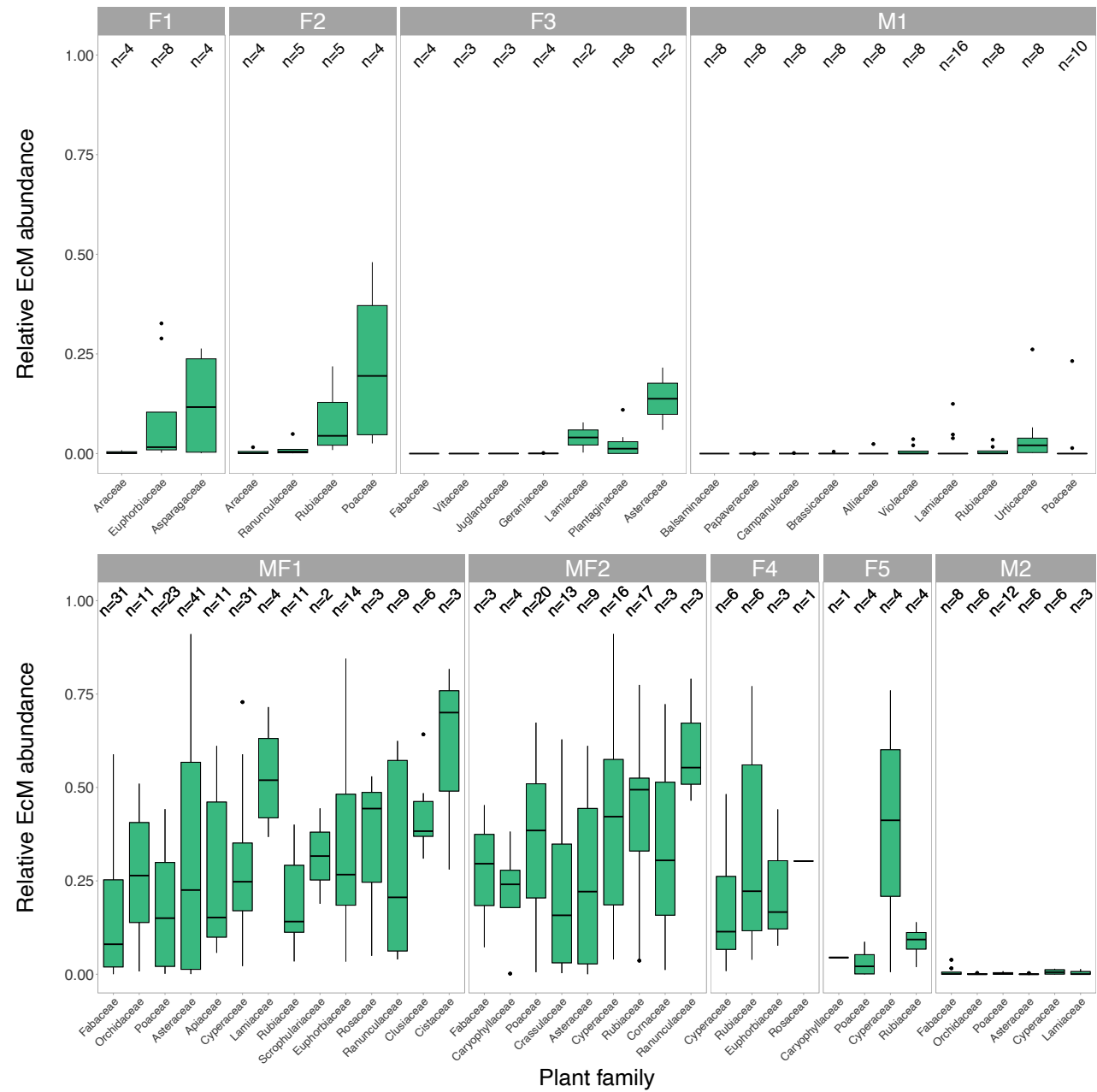
Références

- Brundrett MC, Tedersoo L. 2018.** Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. *New Phytologist* **220**: 1108–1115.
- van der Heijden MGA, Martin FM, Selosse M-A, Sanders IR. 2015.** Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future. *New Phytologist* **205**: 1406–1423.
- Schneider-Maunoury L, Leclercq S, Clément C, Covès H, Lambourdière J, Sauve M, Richard F, Selosse M-A, Taschen E. 2018.** Is *Tuber melanosporum* colonizing the roots of herbaceous, non-ectomycorrhizal plants? *Fungal Ecology* **31**: 59–68.
- Schneider-Maunoury L, Deveau A, Moreno M, Todesco F, Belmondo S, Murat C, Courty P, Jąkalski M, Selosse M. 2020.** Two ectomycorrhizal truffles, *Tuber melanosporum* and *T. aestivum*, endophytically colonise roots of non-ectomycorrhizal plants in natural environments. *New Phytologist* **225**: 2542–2556.
- Selosse M-A, Schneider-Maunoury L, Martos F. 2018.** Time to re-think fungal ecology? Fungal ecological niches are often prejudged. *New Phytologist* **217**: 968–972.
- Selosse M-A, Petrolli R, Mujica MI, Laurent L, Perez-Lamarque B, Figura T, Bourceret A, Jacquemyn H, Li T, Gao J, *et al.* 2021.** The Waiting Room Hypothesis revisited by orchids: were orchid mycorrhizal fungi recruited among root endophytes? *Annals of Botany*: mcab134.
- Yung L, Bertheau C, Tafforeau F, Zappelini C, Valot B, Maillard F, Selosse M-A, Viotti C, Binet P, Chiapusio G, *et al.* 2021.** Partial overlap of fungal communities associated with nettle and poplar roots when co-occurring at a trace metal contaminated site. *Science of The Total Environment* **782**: 146692.

Composition du mycobiote total



Proportion d'EcM par famille de plante et par site

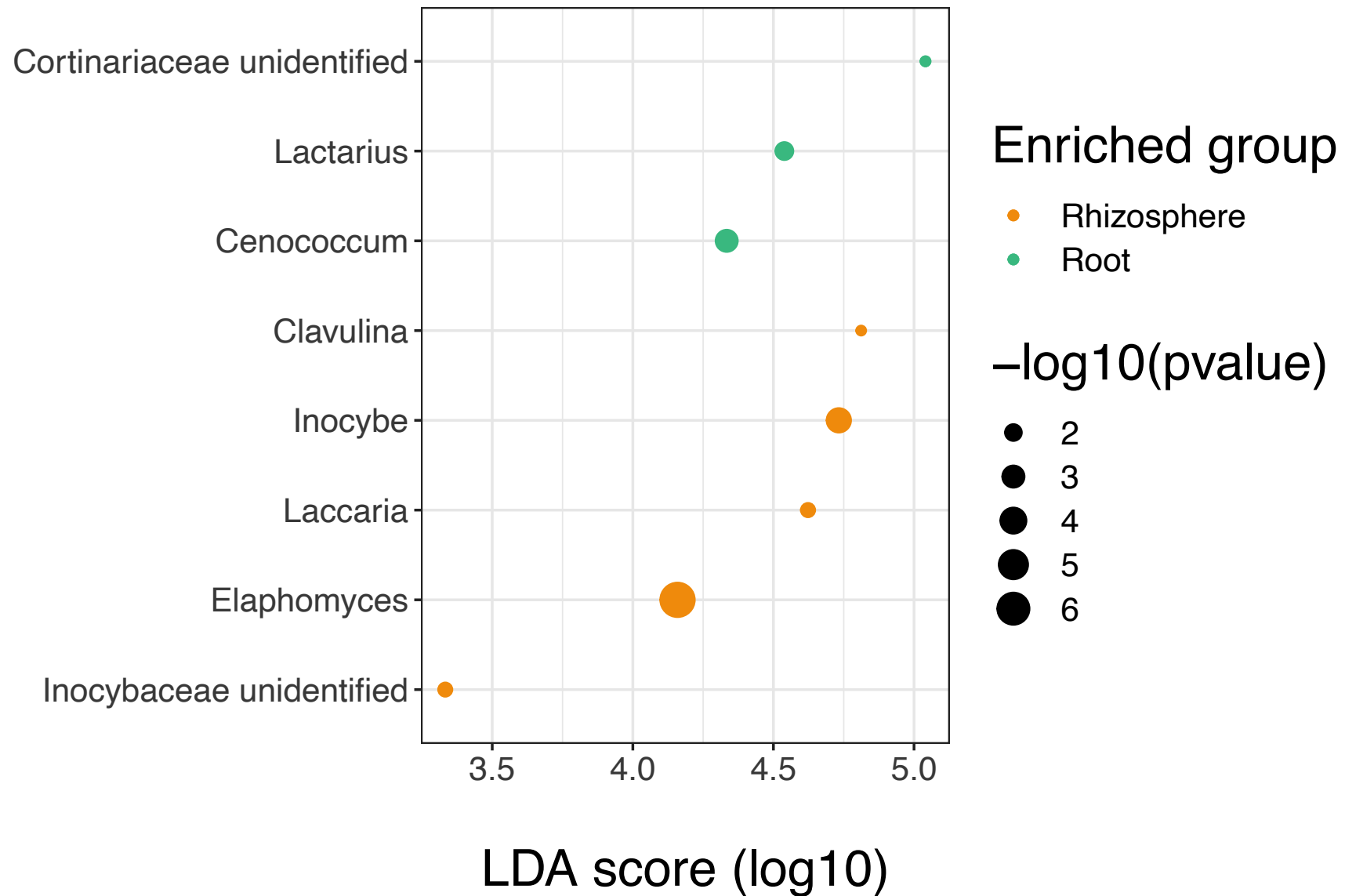


Les communautés EcM diffèrent entre sites et familles

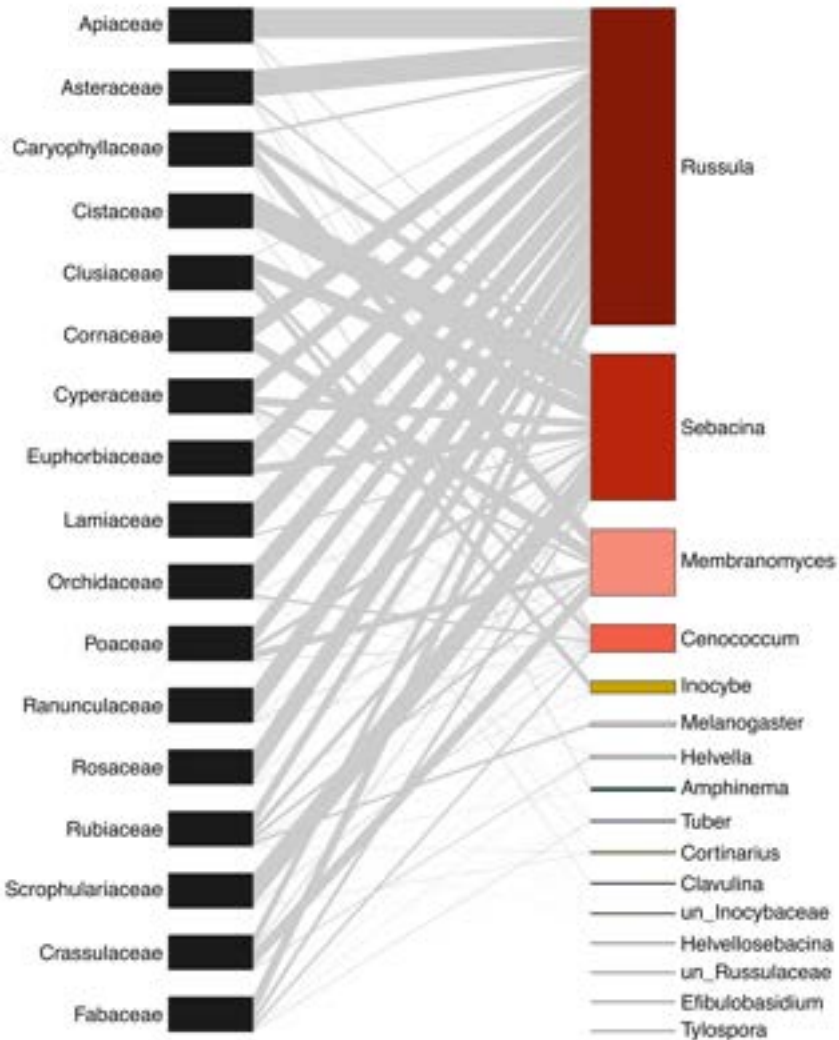
EcM fungal community

Gaillac		R2	p-value	Across France		R2	p-value
Relative abundance	family	0.12	10 ⁻⁴ (***)	Relative abundance	family	0.34	10 ⁻⁴ (***)
	site	0.03	10 ⁻⁴ (***)		site	0.08	10 ⁻⁴ (***)
	interaction	0.04	10 ⁻⁴ (***)		interaction	0.01	0.09
	Residuals	0.82	-		Residuals	0.57	-
Hellinger	family	0.13	10 ⁻⁴ (***)	Hellinger	family	0.36	10 ⁻⁴ (***)
	site	0.04	10 ⁻⁴ (***)		site	0.09	10 ⁻⁴ (***)
	interaction	0.04	10 ⁻⁴ (***)		interaction	0.01	0.05
	Residuals	0.78	-		Residuals	0.57	-

Fluorescence *in situ* après hybridation (FISH)

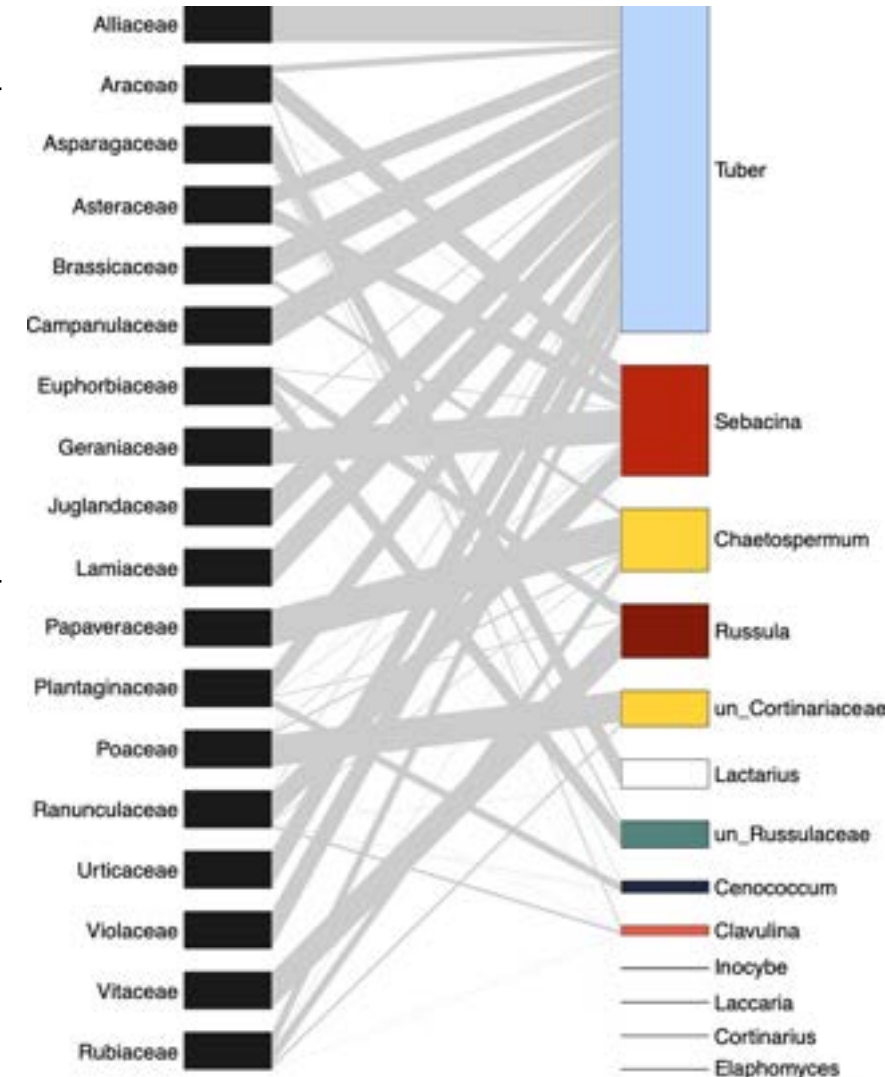


Réseaux bipartites d'interactions

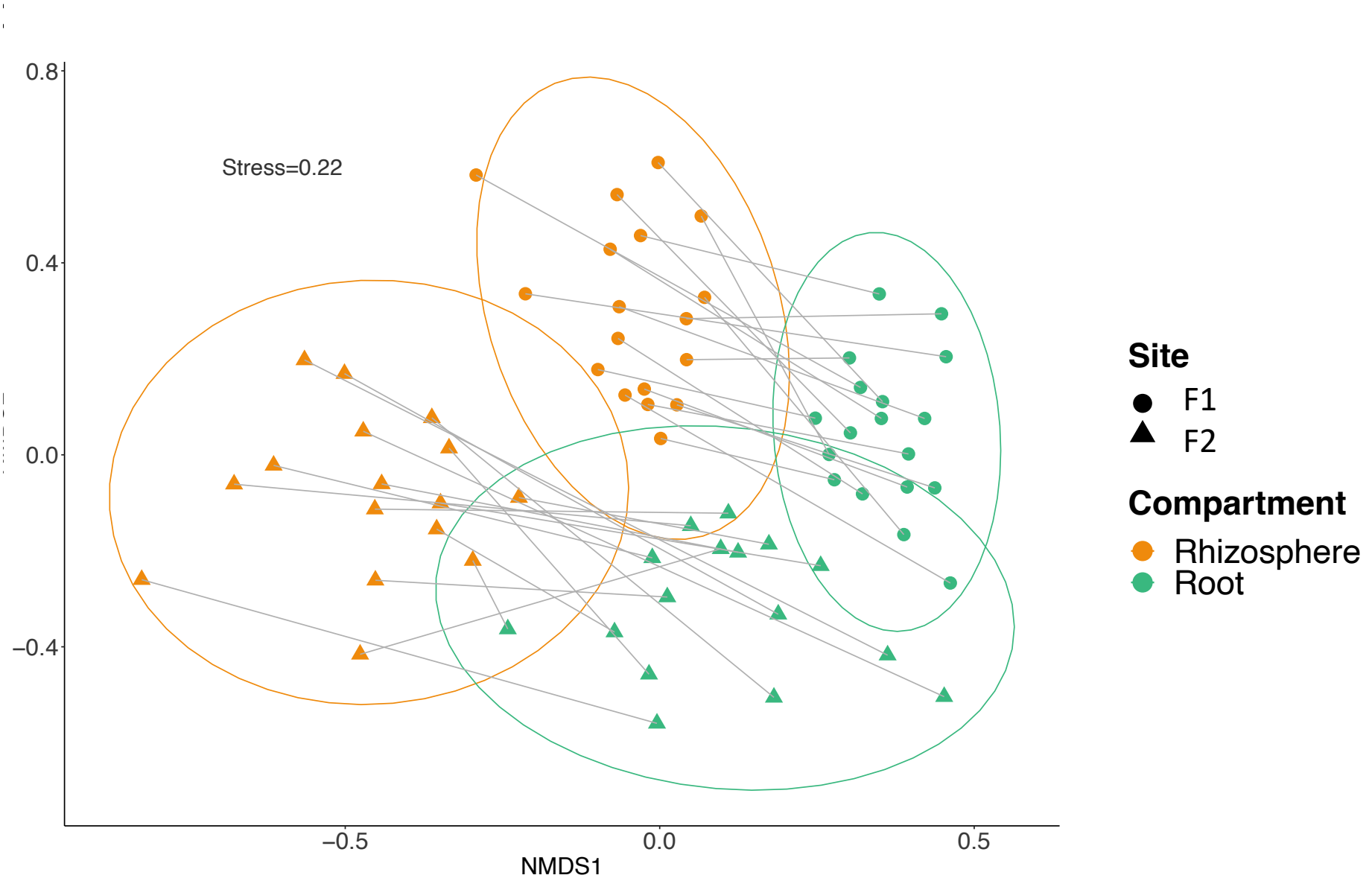


	Genera/Families			
	H_2'	Q	wNODF	C
France	0.80*	0.56*	14.6* (-)	0.27
M1	0.89	0.35	1.35	0.67
F1	0.87*	0.59*	36.7	0.63
F2	0.59	0.41	45.5	0.52
F3	0.88	0.48	32.2* (+)	0.39
Gaillac	0.44*	0.33*	47.5* (+)	0.43
M2	0.53*	0.45*	51.6	0.60
F4	0.50*	0.41*	44.5	0.68
F5	0.85*	0.45*	30.9* (-)	0.63
MF1	0.43*	0.27*	51.3* (+)	0.49
MF2	0.38	0.26	40.6	0.47

	OTUs/Species			
	H_2'	Q	wNODF	C
France	0.85*	0.73*	2.94	0.10
M1	0.82*	0.58*	19.9	0.37
F1	0.65	0.43	5.12	0.48
F2	0.77*	0.51*	5.64	0.47
F3	0.82*	0.52	5.71	0.32
Gaillac	0.64*	0.55*	22.1* (+)	0.20
M2	0.73*	0.59*	8.32	0.28
F4	0.77*	0.52*	9.83	0.52
F5	0.89*	0.72*	4.75	0.30
MF1	0.71*	0.62*	19.7* (+)	0.25
MF2	0.69*	0.58*	22.7* (+)	0.40



Des communautés totales différentes entre rhizosphère et racines



Des communautés totales différentes entre rhizosphère et racines

