



HAL
open science

L'écologie microbienne des sols ou comment apprendre à gérer la banque de nutriments des sols pour une production stable et efficace

Sébastien Fontaine, Aziza Aamor, Catherine Hénault, Pierre-Alain Maron, Annick Oudin, Sandrine S. Revaillet, Vincent Tardy

► To cite this version:

Sébastien Fontaine, Aziza Aamor, Catherine Hénault, Pierre-Alain Maron, Annick Oudin, et al.. L'écologie microbienne des sols ou comment apprendre à gérer la banque de nutriments des sols pour une production stable et efficace. Ingénierie des Ecosystèmes, Groupe d'Application de l'Ingénierie des Ecosystèmes. FRA., Dec 2008, Paris, France. 22 p. hal-02816432

HAL Id: hal-02816432

<https://hal.inrae.fr/hal-02816432v1>

Submitted on 6 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

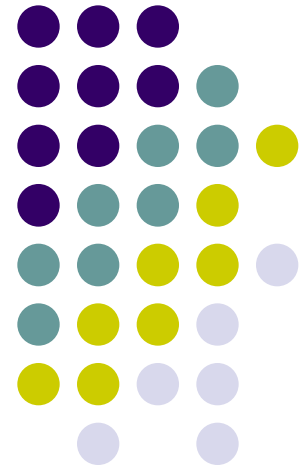
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

L'écologie microbienne des sols ou comment apprendre à gérer la banque de nutriments des sols pour une production stable et efficace.

Sébastien Fontaine

UREP

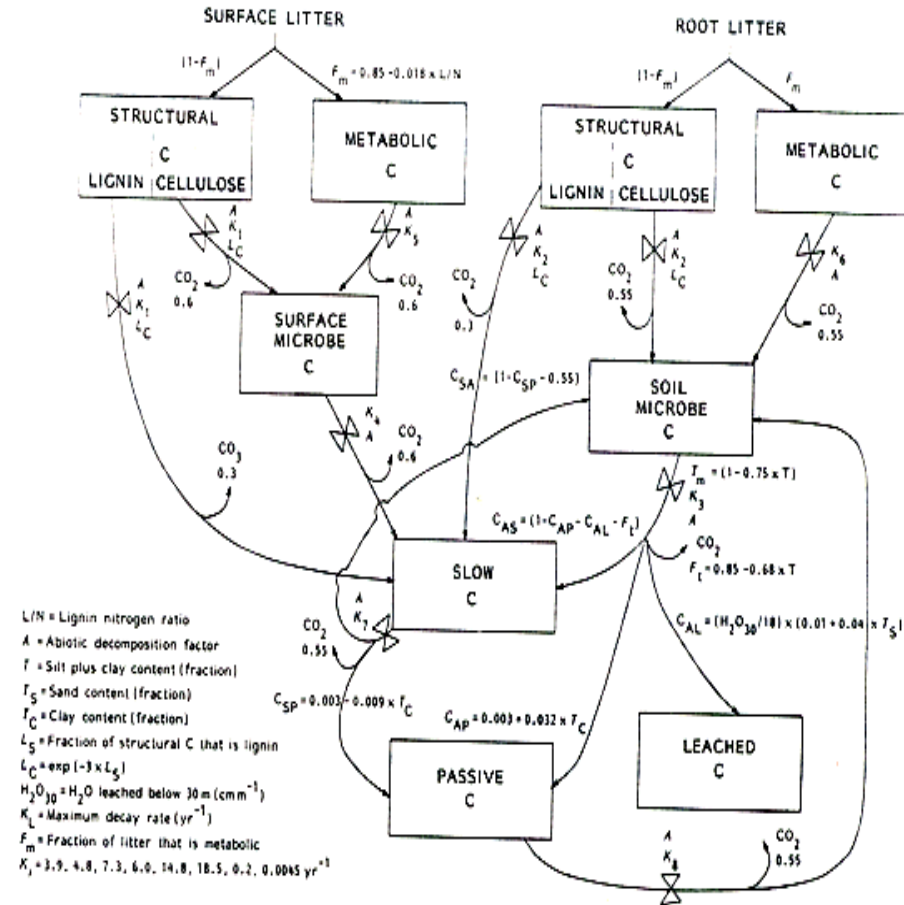
INRA Clermont Ferrand



L'écologie microbienne est-elle nécessaire pour prévoir le stockage de C et la fertilité des sols?



- Dans les modèles:
 - la biomasse microbienne n'est pas toujours représentée,
 - la diversité microbienne est absente,
 - la biomasse microbienne ne contrôle pas la vitesse de décomposition.



Modèle "Century"

La décomposition est assimilée à un processus physique.

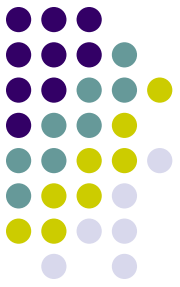


$$\frac{dC}{dt} = -kC \quad (\text{Jenny, 1941})$$

La vitesse décomposition est limitée par la taille et la qualité de la matière organique.

Postulat: l'activité, la taille et la diversité des microbes ne sont pas des facteurs limitants.

De plus en plus de résultats indiquent une limitation microbienne.



- < 2-3% des MO humifiées des sols est colonisé.
- La stimulation des microbes par un apport de MO fraîche accélère la décomposition des MO humifiées (priming).
- Nécessité de considérer 2 types de MO et de limitation:
 - MO fraîches: litières et exsudats.
 - MO humifiées.

Bingemann et al., 1953; Jenkinson et al., 1985; Dalenberg & Jager 1989; Paul & Clarck, 1989; Fontaine et al., 2003.

La prise en compte de la limitation microbienne change-t-elle les prévisions des modèles?



- Théorie alternative de dynamique des MOS.

$$\frac{dCh}{dt} = -A * BM$$

Complexification croissante
(prise en compte de fonctions
fondamentales des écosystèmes).

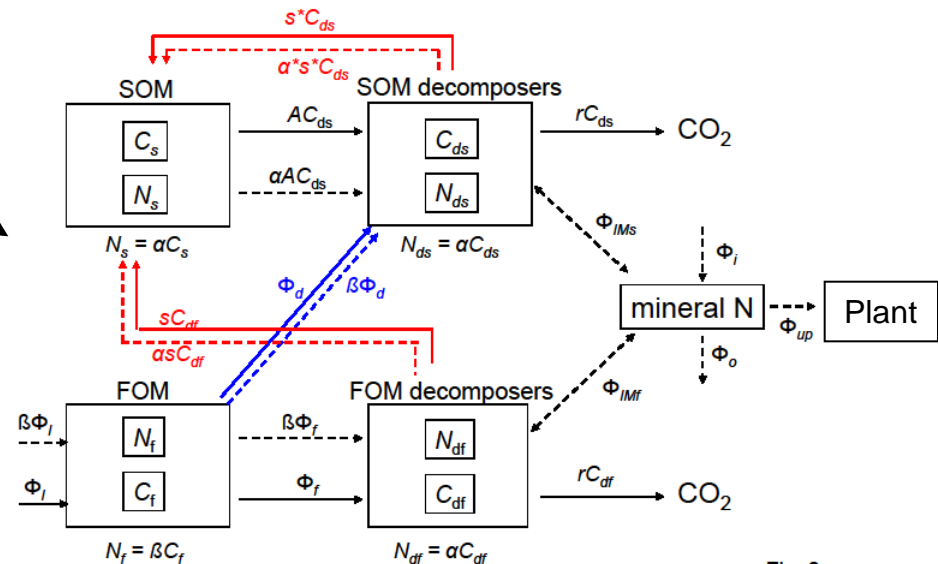


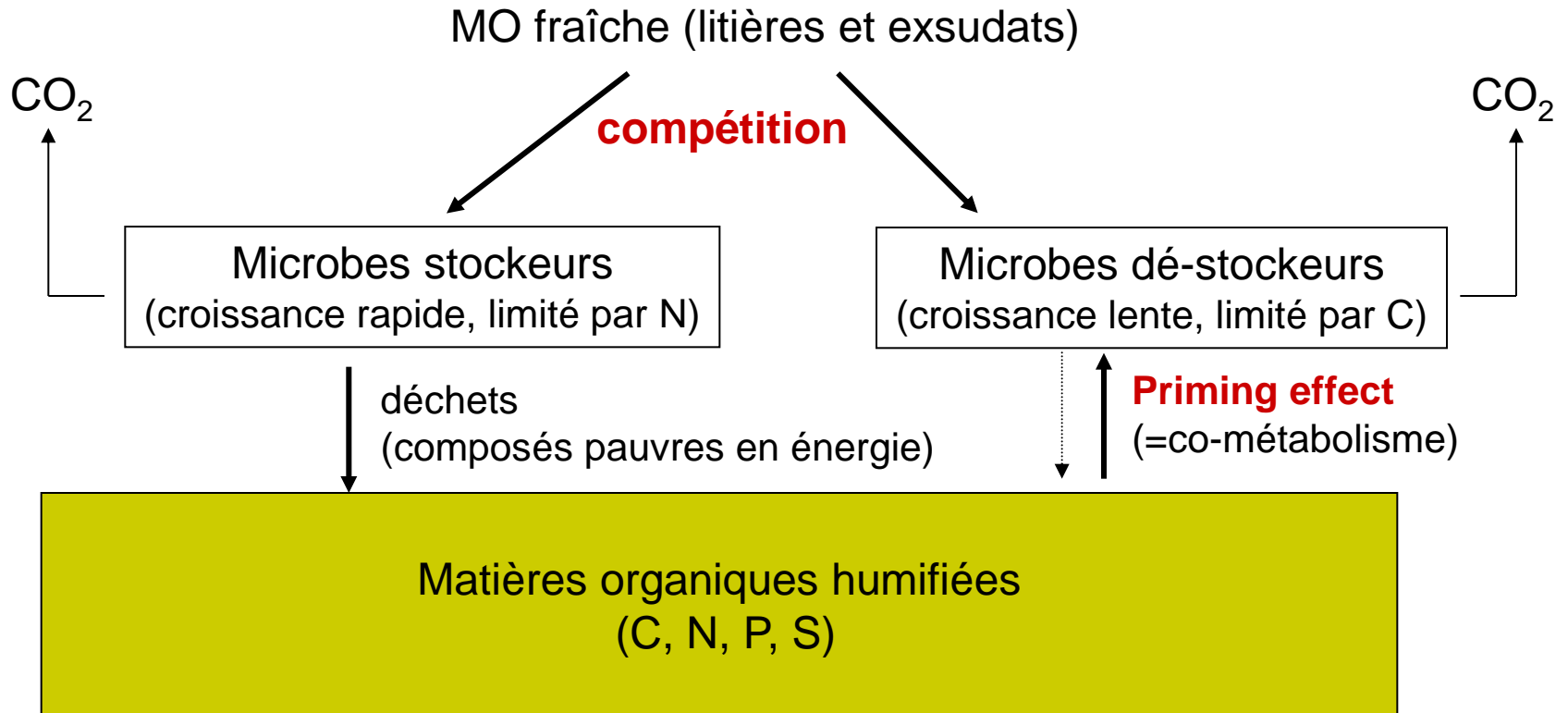
Fig. 2

Inclure la limitation microbienne change les prévisions des modèles.



- Une capacité illimitée des sols à accumuler du carbone.
- **Le (dé)stockage du carbone dépend de la compétition entre deux groupes fonctionnels microbiens.**

Théorie alternative





Objectifs

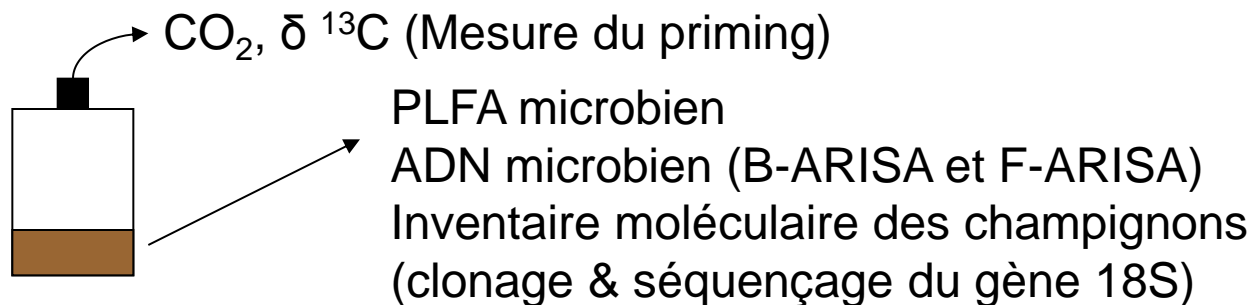
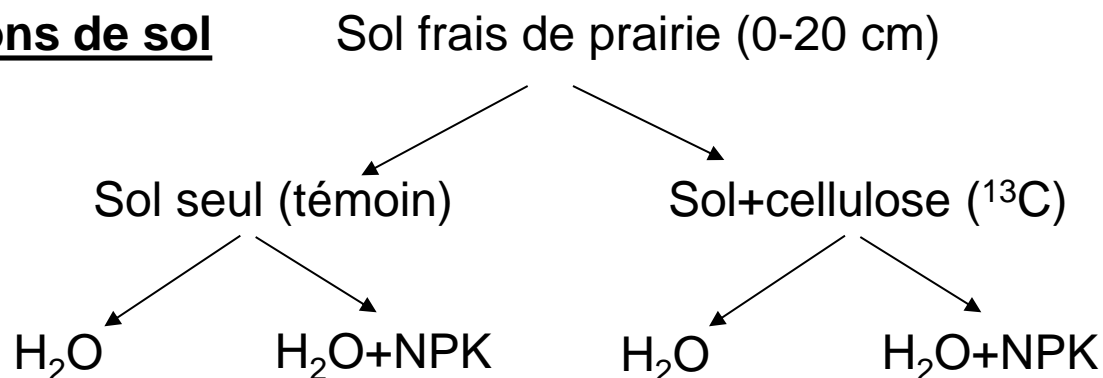
- Les objectifs de l'expérimentation sont:
 - d'identifier les populations microbiennes impliquées dans le priming,
 - de tester la théorie de la "compétition" en identifiant des fonctions différentes parmi ces populations microbiennes.

Une approche en deux étapes



- **Expérimentation 1:** identifier les populations microbiennes dominantes se produisant pendant le priming.

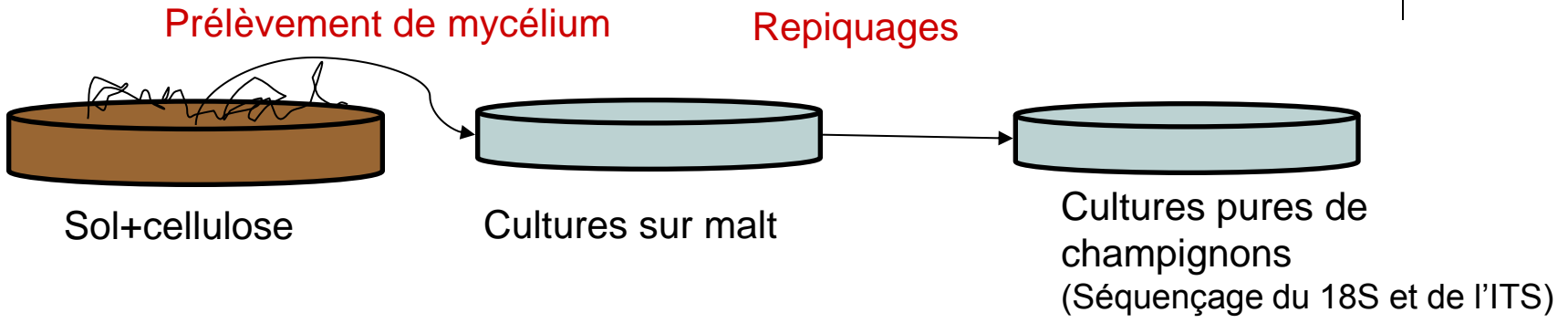
Incubations de sol



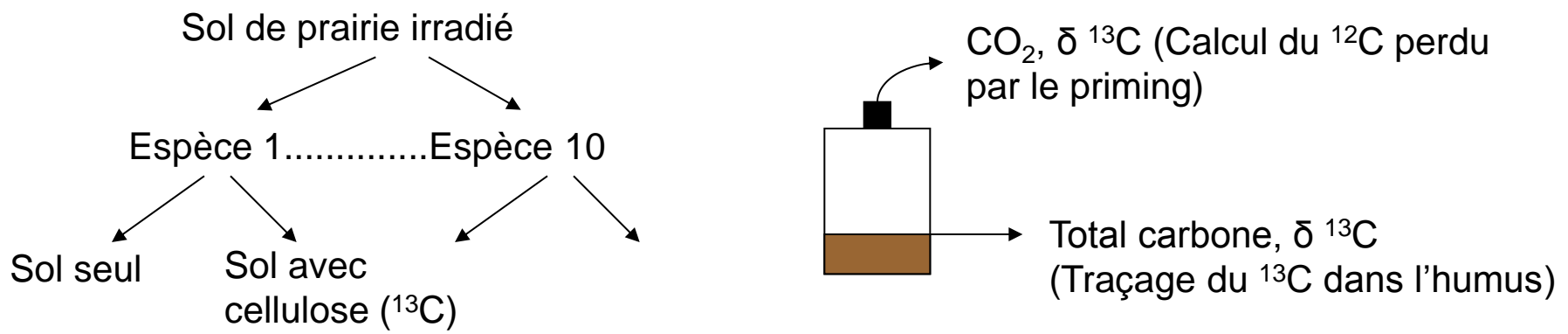


● Experimentation 2: qui fait quoi?

a/ Isolation et identification des champignons cellulolytiques

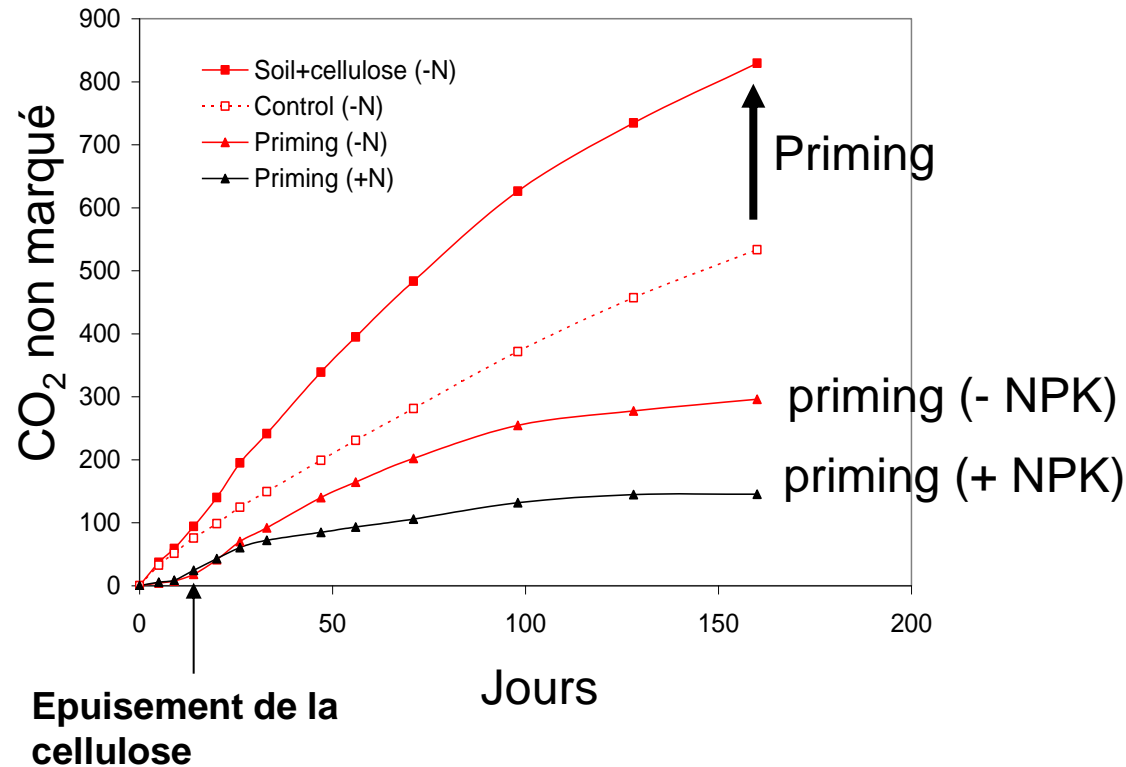


b/ Ré-inoculation des champignons afin de déterminer leur rôle (stockage/déstockage)





L'apport de cellulose induit un priming effect.



- ✓ Les décomposeurs cellulolytiques déstockent le C humifié du sol.
- ✓ Le déstockage est 2X plus important lorsque la disponibilité en NPK est faible.



Quel est l'effet de l'apport de cellulose sur le stock de C humifié du sol?

	Traitements nutriments	
	+ NPK	- NPK
C humifié nouveau (^{13}C)	232 ± 17	235 ± 21
C humifié ancien (^{12}C) libéré par le priming	-145 ± 16	-296 ± 9
Bilan de C	+87	-61

en mg C kg⁻¹ après 1000 mg kg⁻¹ de cellulose en fin d'incubation (160 jours).

- ✓ L'apport de C peut diminuer le stock de C des sols.
- ✓ La disponibilité des nutriments détermine le sens de variation du stock d'humus.



Quel est l'effet de l'apport de cellulose sur les flux et stock d'N humifié sol?

	Traitements nutriments	
	+ NPK	- NPK
N fixé dans l'humus nouveau	29 ± 2	29 ± 3
N libéré par le priming	-18 ± 2	-37 ± 1
Bilan de N	+11	-8

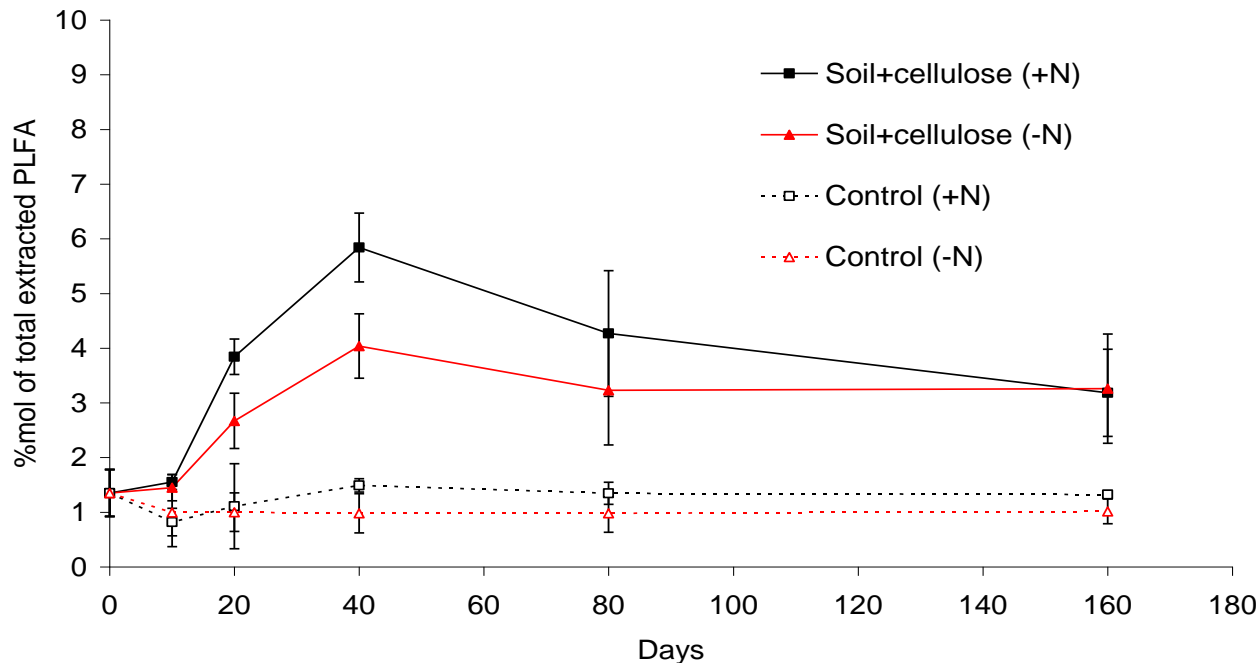
en mg N kg⁻¹ après 1000 mg kg⁻¹ de cellulose en fin d'incubation (160 jours). C/N de l'humus = 8.

✓ **Les microbes séquestrent les N minéraux dans l'humus lorsqu'ils sont en excès dans la solution du sol, et les libèrent en cas de pénurie.**
(flux potentiel = 90 kg ha⁻¹ an⁻¹)



Analyse des PLFA microbiens

Marqueur des champignons (18:2w6c)



✓ Les champignons sont les acteurs clés de la décomposition de la cellulose et du priming induit.



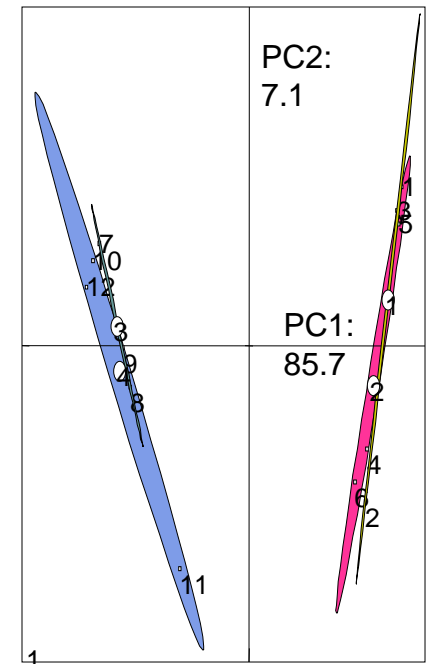
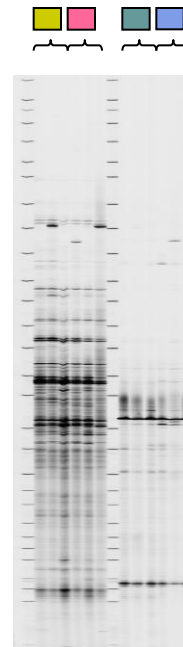
Résultats du B- et F-ARISA

Résultats du F-ARISA au jour 40

1./ Le profil de bandes du B-ARISA n'est pas affecté par l'apport de cellulose.

2./ Le profil de bandes du F-ARISA est profondément affecté par l'apport de cellulose.

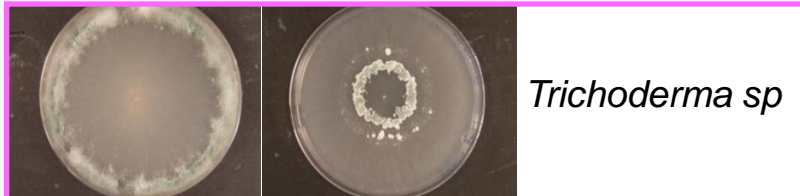
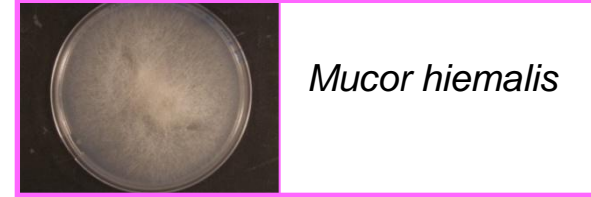
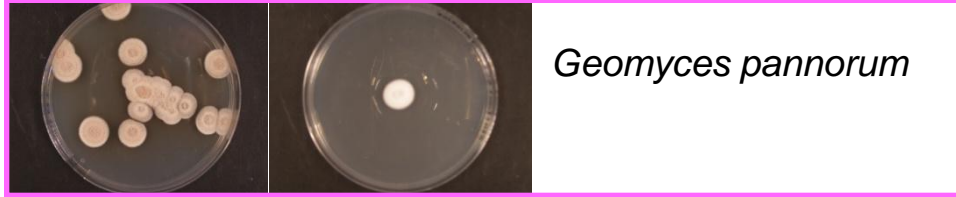
Control (-N) Soil+cellulose (-N)
Control (+N) Soil+cellulose (+N)



- ✓ Cela suggère que peu de populations de champignons sont impliquées.
- ✓ L'inventaire moléculaire a identifié deux populations majoritaires: *Geomyces pannarum*, *Humicola fuscoatra* (Résultats non montrés).



Isolement de 17 souches (6 genres)



Les espèces isolées ont des vitesses de croissance contractées, allant de 2 mm j⁻¹ pour *Humicola fuscoatra* à 12 mm j⁻¹ pour une espèce de *Trichoderma*.



Qui fait quoi?

	Cellulose respirée (% du total)	^{12}C libéré par le priming (mg C kg⁻¹)
<i>Fusarium oxysporum</i>	21 ± 0.2	33 ± 11
<i>Bionectria ochroleuca</i>	22 ± 1	-3 ± 5

Respiration de la cellulose et ^{12}C du sol libéré par le priming à 16 jours.

✓ Ces résultats préliminaires supportent l'existence de décomposeurs déstockeurs (*Fusarium oxysporum*) et stockeurs d'humus (*Bionectria ochroleuca*).



Conclusions & perspectives

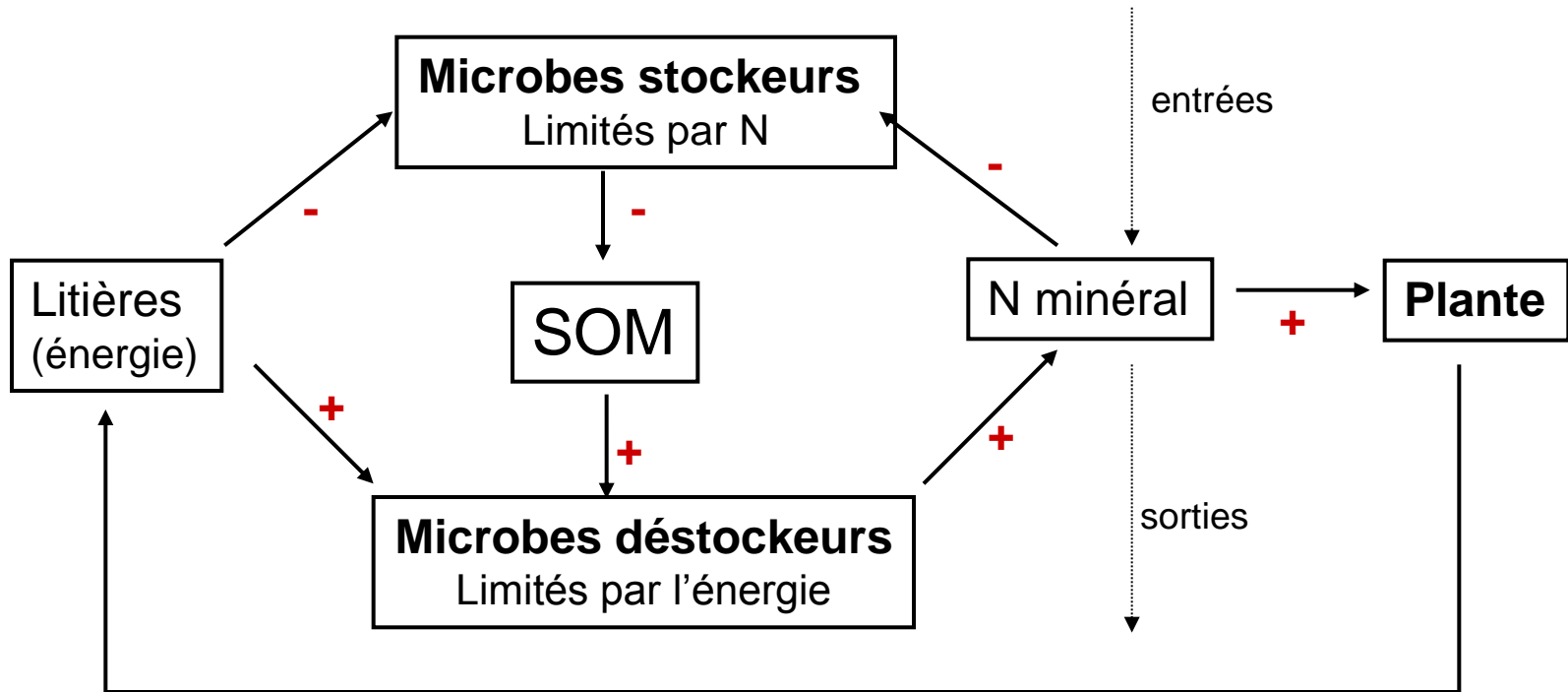
- L'apport de C dans un sol peut augmenter ou diminuer le stock de C du sol.
- Les champignons sont les acteurs clés du priming.
- Les premiers résultats supportent l'idée que la compétition entre 2 types fonctionnels microbiens contrôle le (dé)stockage de carbone du sol.
- La réduction de la diversité microbienne dans les sols cultivés modifie-t-elle cet équilibre?

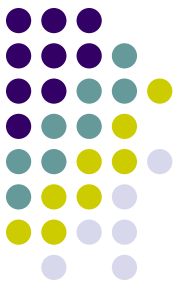


Conclusions & perspectives

- Des investigations sont en cours pour comprendre l'impact de la disponibilité des N sur le priming.
- Quelle lien avec le fonctionnement des plantes?

Sols: banque de nutriments pour les écosystèmes.





Avantages de ce mécanisme microbien.

- Réduit considérablement la dépendance des plantes aux entrées/sorties d’N = stabilité de la production primaire
- Ajuste la fourniture en N des sols aux besoins des plantes
 - Diminue la limitation par les N et maximise la production primaire.
 - Limite les pertes de nutriments = production efficace
- Stockage de C dans les sols.

Comment intensifier ce mécanisme microbien dans les sols agricoles ?



- A court terme (à l'attention des agriculteurs et de la société):
 - Augmenter les entrées de C frais: recyclage des résidus, couverture végétale la plus permanente possible.
 - Recyclage des nutriments des produits exportés (sinon pillage des sols).
- A long terme (à l'attention de l'INRA et du CNRS):
 - Produire des protéines et des carbonates (amidon, cellulose) à partir de plantes pérennes.