



Couplage des cycles du carbone et de l'azote dans les sols

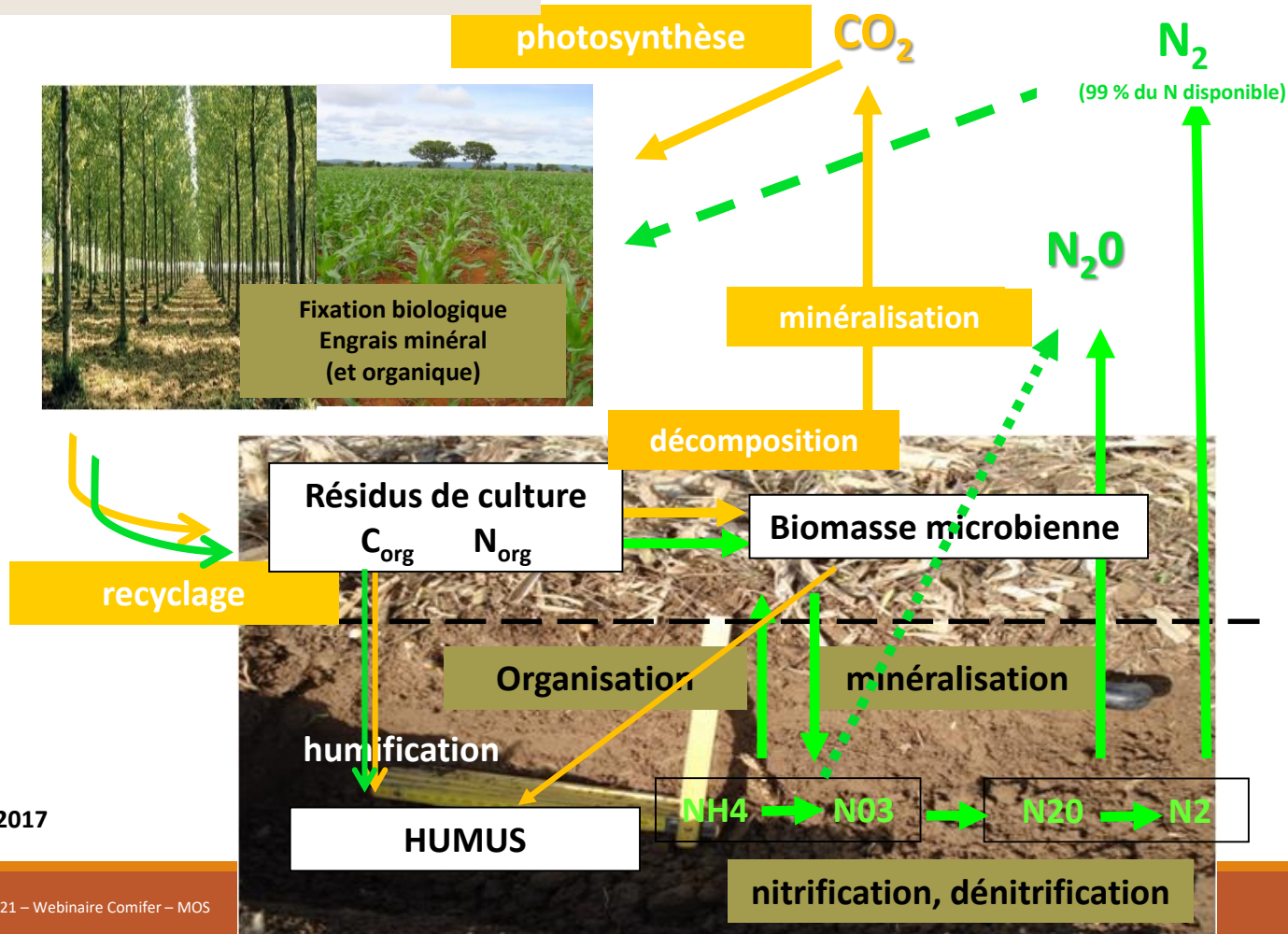
Sylvie Recous, Gwenaëlle Lashermes

INRAE, UMR FARE, Reims



Plan de la présentation

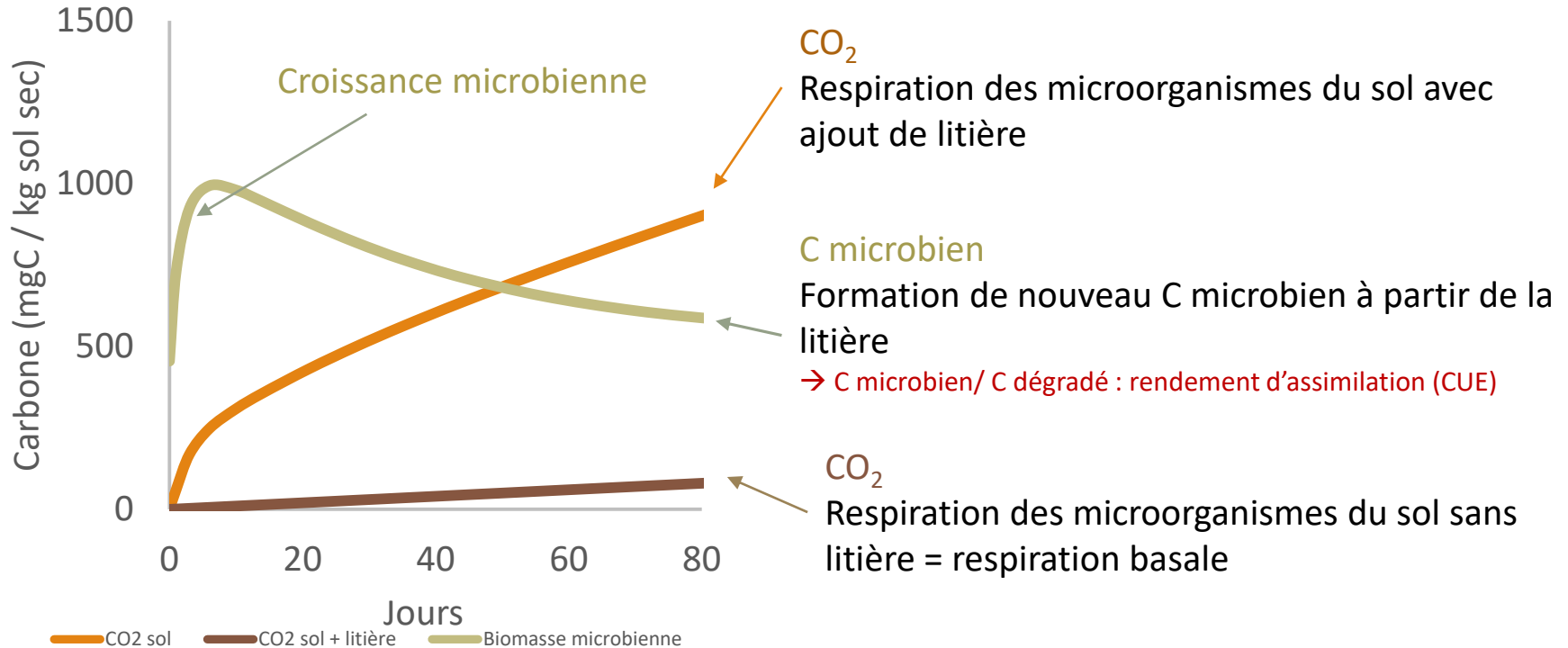
- # Couplage des cycles du carbone (C) et de l'azote (N) dans les sols
- # Rôle des microorganismes hétérotrophes et processus microbiens impliqués (efficacité d'utilisation du carbone, stœchiométrie)
- # Disponibilité de N et décomposition des résidus de culture
- # Pratiques culturales et « héritage microbien »
- # Interactions carbone-azote et émissions de N_2O
- # Conclusion



Recous et al., 2017

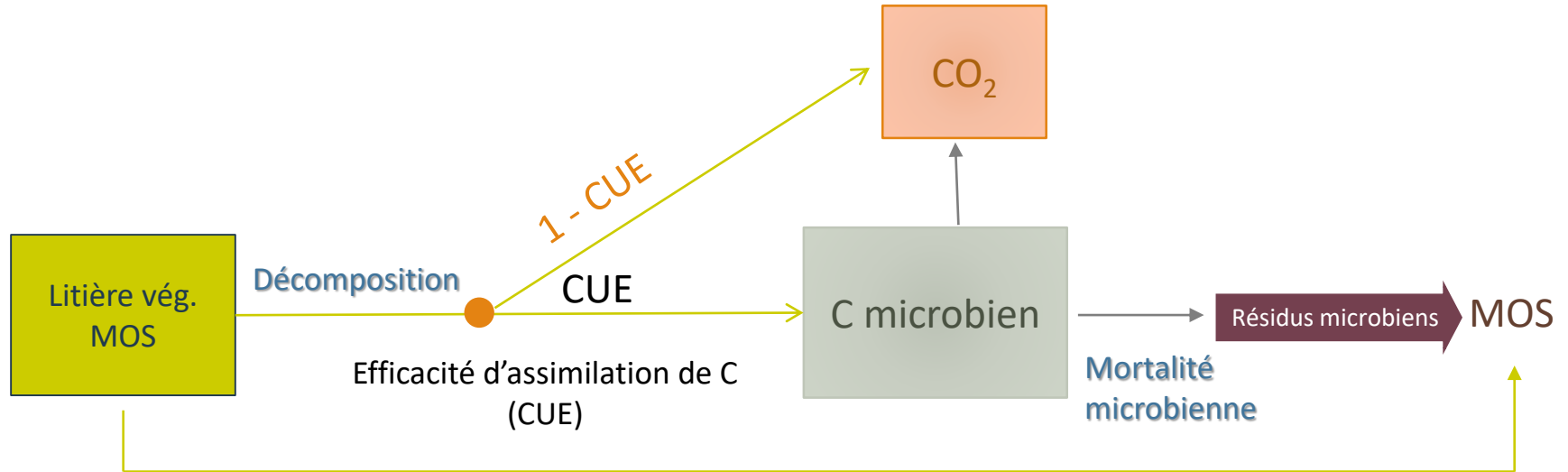


Le carbone organique issu des MOS et résidus végétaux est soit transformé en nouveau carbone microbien soit respiré (CO₂) en fonction des facteurs.





Le rendement d'assimilation (CUE) dépend de la nature des substrats (investissement de l'énergie vers la production d'enzymes) et des communautés microbiennes impliquées (bactéries, champignons) .

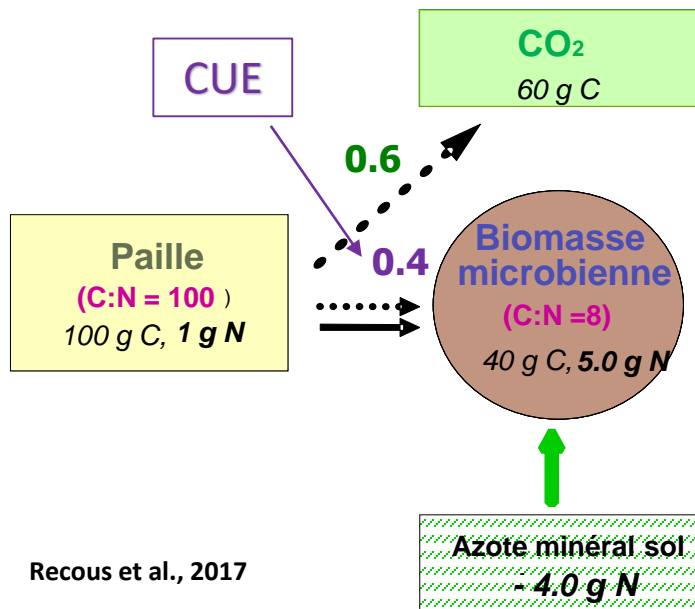


Lashermes et al. 2016

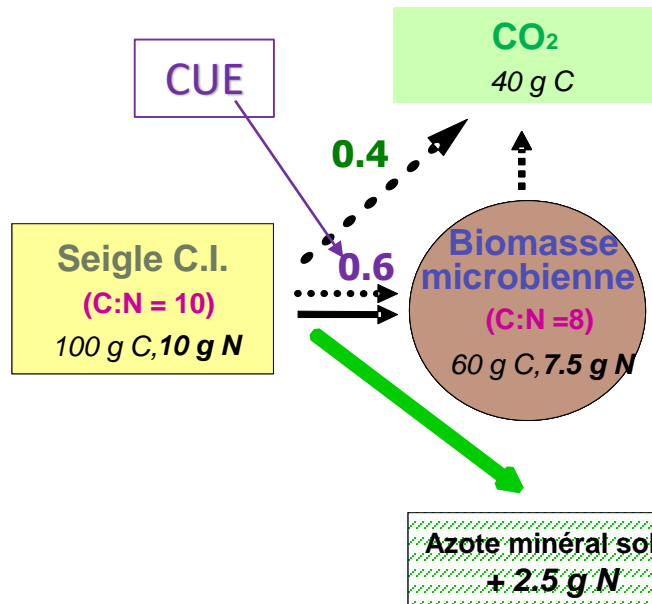


Les flux de nutriments pilotés par les rapports carbone/nutriments des substrats et des consommateurs (stœchiométrie, rapports C:N:P:S)

- Ex: la décomposition d'une paille provoque une organisation nette d'azote



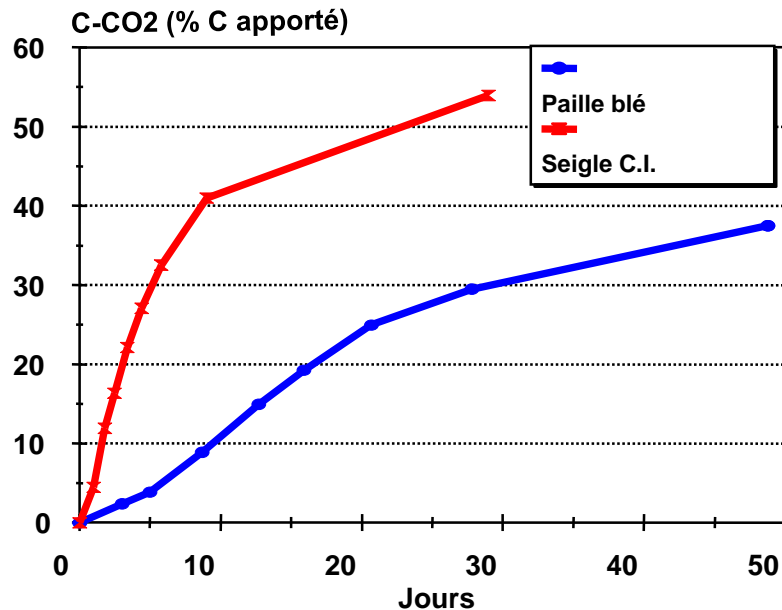
- Ex: la décomposition de résidus CIPAN provoque une minéralisation nette d'azote



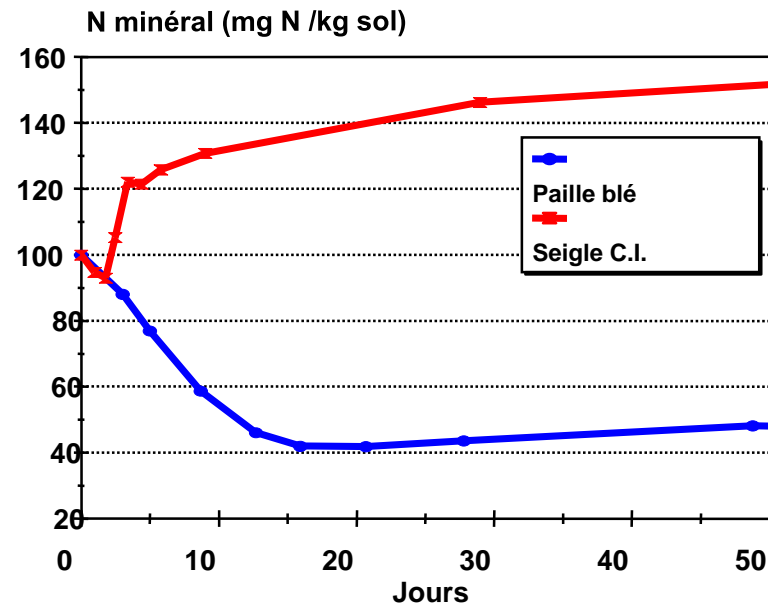


Dynamique du C and N au cours de la décomposition de résidus végétaux :
deux exemples contrastés (paille de blé C:N =100, Seigle cult. Inter. C:N=10)

Minéralisation cumulée C



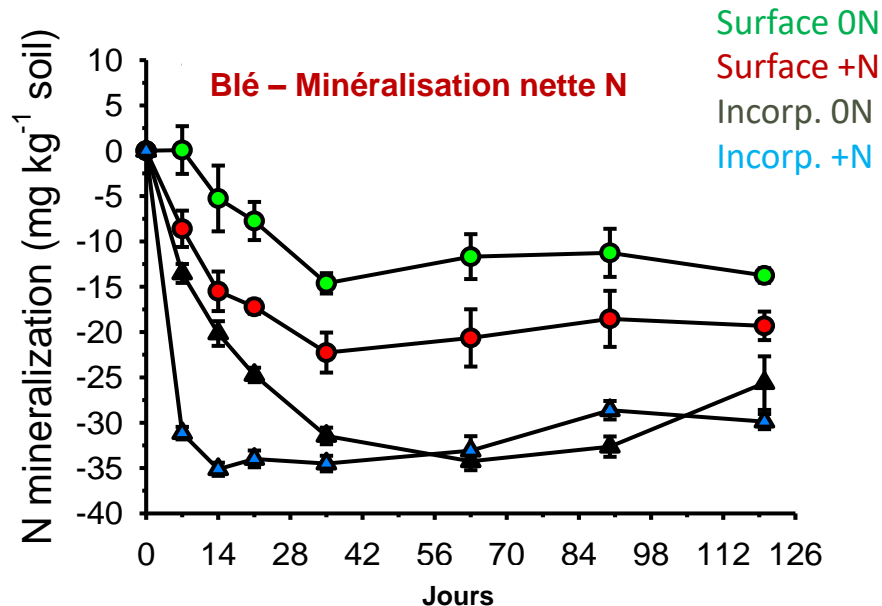
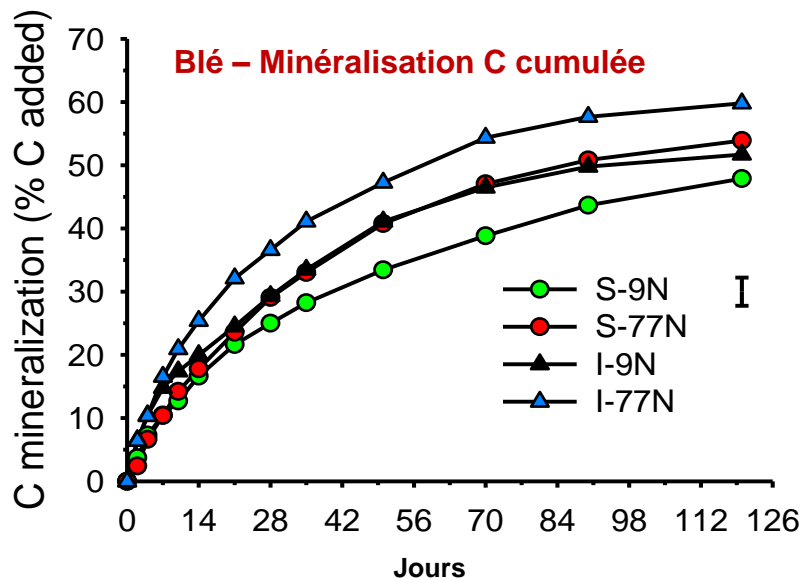
Azote minéral dans le sol



Recous et al. 2017

Le type de résidu (qualité chimique) et leur C:N influencent la dynamique de décomposition et la minéralisation nette N

Localisation des résidus et disponibilité de N minéral
exemple d'une paille de blé (C:N=90)



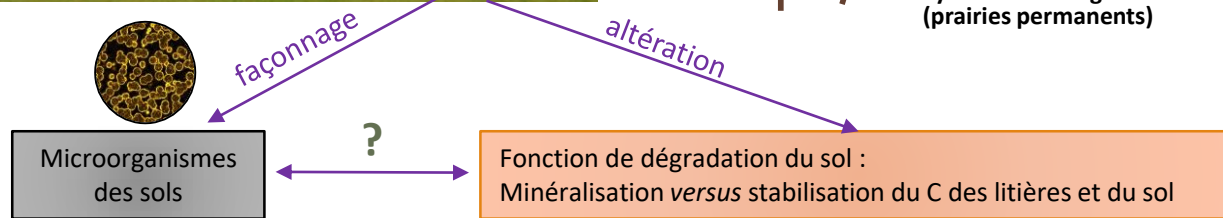
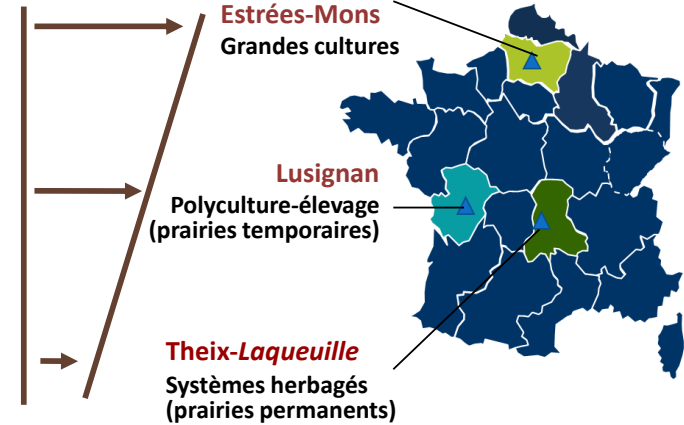
Surface 0N
Surface +N
Incorp. 0N
Incorp. +N

La localisation et la disponibilité de N minéral influencent la vitesse de minéralisation de la paille de blé, et la minéralisation nette N

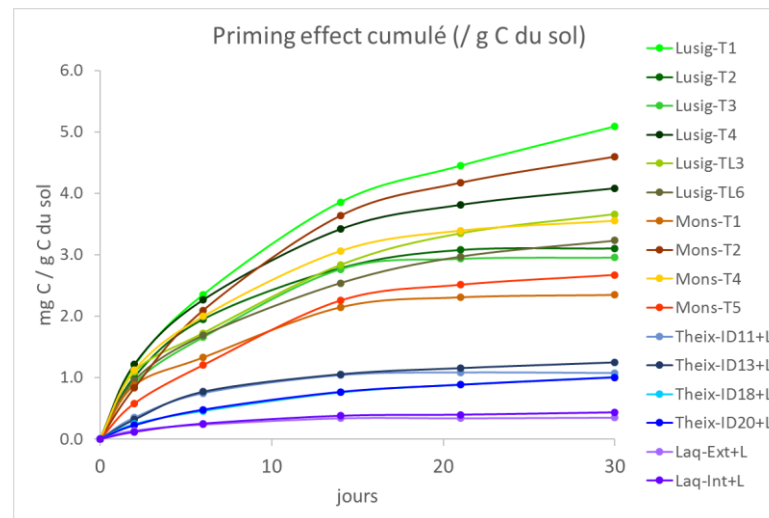
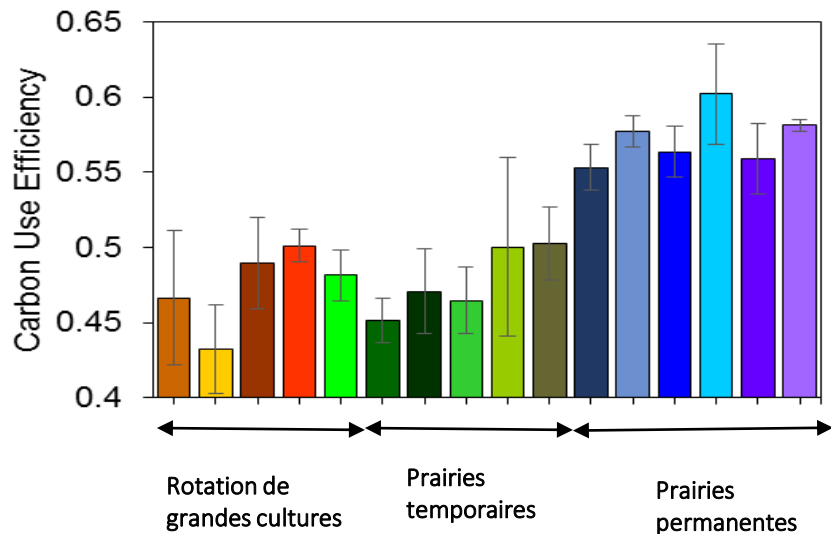
Héritage microbien: exemple sur un gradient d'anthropisation d'agrosystèmes (1)



Gradient d'anthropisation



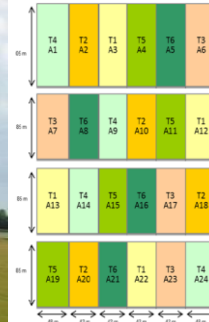
Lashermes et al. 2017



Lashermes et al. 2017

Les traitements avec une faible anthropisation (prairies permanentes) favorisent les communautés microbiennes avec une efficacité d'utilisation de C (CUE) élevée et un priming effect (PE) faible, favorisant la stabilisation du carbone organique.

Héritage microbien: exemple sur le labour et le travail du sol réduit (1)



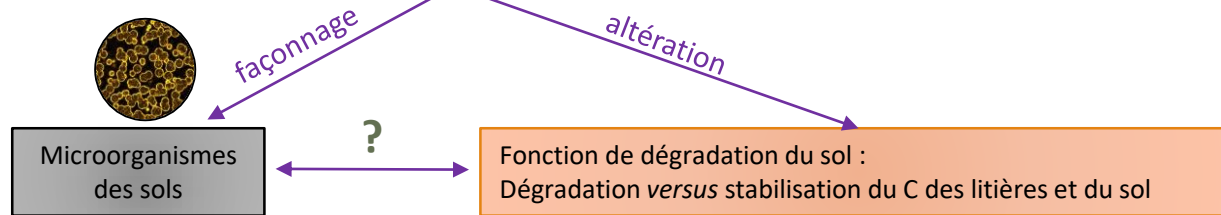
2 Pratiques culturales différenciées depuis 2010 :

- **Labour conventionnel** (28 cm)
- **Travail du sol réduit** (7cm)

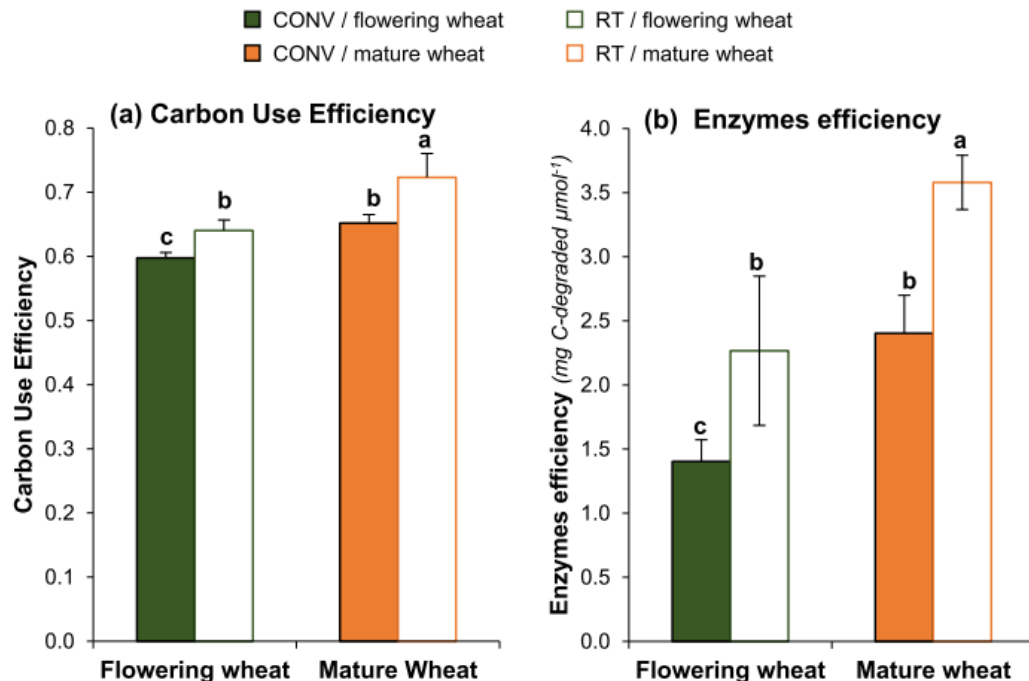
2 « héritages » microbiens

2 litières marquées ^{13}C :

- Blé jeune
- Blé mature

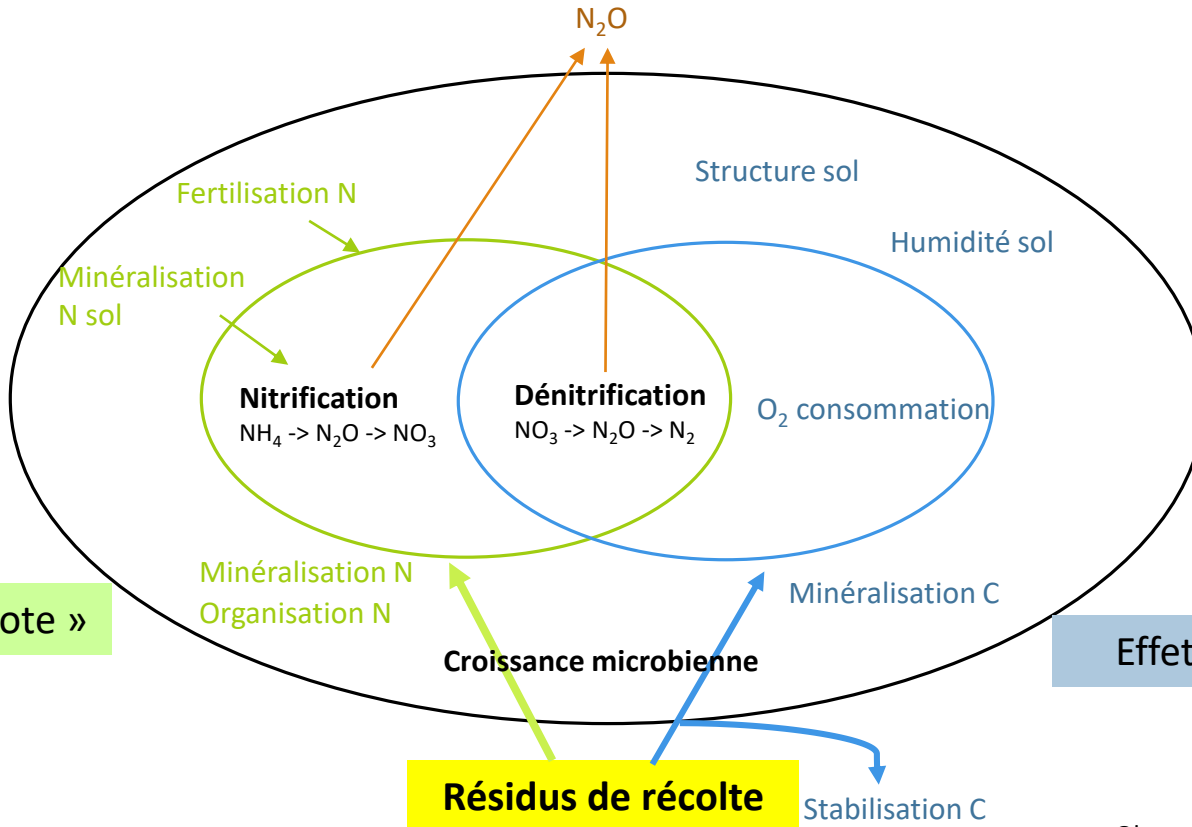


Sauvadet et al. , 2018



Sauvadet et al. , 2018

Les résidus plus matures et le travail du sol réduit, favorisent les communautés microbiennes (champignons) avec une efficacité d'utilisation de C (CUE) et une efficacité enzymatique plus élevées, favorisant la stabilisation du carbone organique



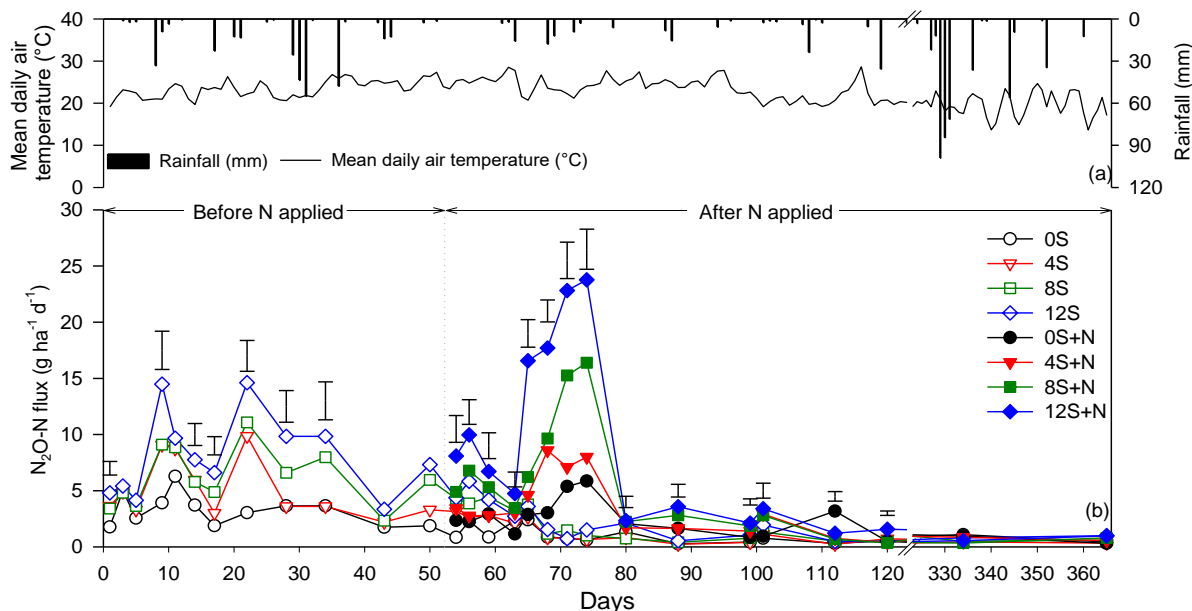
Effets « azote »

Effets « carbone »

Résidus de récolte

Olesen et al. , *ResidueGas*, comm. personnelle

Emissions de N₂O en présence de paillis de masse croissante (canne à sucre) et interaction avec la fertilisation N



8 Traitements: 0S, 0S+N, 4S, 4S+N, 8S, 8S+N, 12S, 12S+N

Quantité paille: 0, 4, 8, 12 t MS ha⁻¹

Fertilisation N: 0 et 100 kg urea N ha⁻¹, appliqué au jour 52 après récolte et application du paillis.

Pinheiro et al. , 2019

L'accroissement de la masse de paillis augmente l'émission de N₂O et d'autant plus que l'azote est disponible

Conclusions

☞ **Les cycles du carbone et de l'azote sont étroitement couplés par la dynamique des matières organiques des sols, via les communautés hétérotrophes qui les transforment**

- **La qualité (physique et chimique)** des MOS impacte l'efficacité d'assimilation du C des décomposeurs, et les rapports stœchiométriques déterminent alors les besoins et surplus en N
- **La distribution spatiale des MO exogènes** et la **richesse en azote** du milieu modifient l'accessibilité à N des microorganismes, impactent les vitesses de dégradation et les relations carbone-azote au cours de la décomposition. Ceci est en interaction forte avec la qualité des résidus
- **Les pratiques culturales** (court et long terme), **façonnent les communautés des sols**, et impactent en retour leurs fonctions de biodégradation (CUE, PE,..). C'est ce que l'on cherche à qualifier grâce à des indicateurs (-> voir *Microbioterre par ex.*).

☞ **Les couplages C-N sont au cœur des émissions de gaz à effet de serre (ex. N₂O),**

- **Complexité des interactions et effets « carbone » et « azote »** parfois antagonistes (qui expliquent les résultats différents dans la littérature) . Ces interactions doivent être étudiées, notamment dans des situations à risque (hot spots et hot moments).



Merci pour votre attention !

Remerciements à
INRAE ECOSERV BISE, ANR SOFIA, ERA-GAS ResidueGas



Références citées

- Bertrand I., Viaud V., Daufresne T., Pellerin S., Recous S., Stoichiometry constraints challenge the potential of agroecological practices for the soil C storage. A review. *Agronomy for Sustainable Development* **2019**, 39 (6). <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0599-6>
- Lashermes G., Gainvors-Claisse A., Recous S., Bertrand I. Enzymatic strategies and carbon use efficiency of a litter-decomposing fungus grown on maize leaves, stems, and roots. *Frontiers in Microbiology* **2016**, 7, 1315. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01315>
- Lashermes G., Alavoine G., Bloor J., Carrere P., Charrier X, Gastal F, Hedde M, Klumpp K, Louault F, Mary B, Pommier T, Vitte G, Recous S. Réponses des fonctions microbiennes de dégradation des matières organiques des sols à un gradient d'anthropisation d'agrosystèmes. TEBIS (Traits Ecologiques et Biologiques des organismes des Sols) VI; Metz, France, 02-04/10/2017. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02785780/>
- Pinheiro P. L., Recous S., Dietrich G., Weiler D. A., Schu A. L., Bazzo H. L. S., Giacomini S. J. N₂O emission increases with mulch mass in a fertilized sugarcane cropping system. *Biology and Fertility of Soils* **2019**, 55 (5), 511-523. <https://doi.org/10.1007/s00374-019-01366-7>
- Recous S., Lashermes G., Bertrand I. Couplages et contrôles du carbone et de l'azote par les communautés microbiennes dans les sols. In *Les sols: un enjeu majeur en agroécologie*, Briat, J.-F.; Job, D., Eds. Editions Quae Synthèses –Académie d'Agricultures de France, **2017**, pages 43-62 Versailles, France. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01543489/document>
- Recous, S. Quels rôles ont les paillis végétaux de surface sur les cycles du carbone et de l'azote dans les sols. Webinaire 46, 16 Janvier 2020, Association Française d'Etude du Sol, <https://vimeo.com/channels/webinairesafes>
- Sauvadet M., Lashermes G., Alavoine G., Recous S., Chauvat M., Maron P.-A., Bertrand I. High carbon use efficiency and low priming effect promote soil C stabilization under reduced tillage. *Soil Biology and Biochemistry* **2018**, 123, 64-73. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.04.026>