



HAL
open science

Les nouveaux systèmes de culture pour favoriser la synchronisation sol/plante

Camille Cros, Gaël Alvarez, Frida Keuper, Sandrine Revaillet, Sébastien
Fontaine

► To cite this version:

Camille Cros, Gaël Alvarez, Frida Keuper, Sandrine Revaillet, Sébastien Fontaine. Les nouveaux systèmes de culture pour favoriser la synchronisation sol/plante. 15ème Rencontre des Microbiologistes Clermontois, Laboratoire Microorganismes : Génome et Environnement - UMR 6023 Laboratoire Microorganismes : Génome et Environnement - UMR 6023., Apr 2018, Clermont-Ferrand, France. hal-02790302

HAL Id: hal-02790302

<https://hal.inrae.fr/hal-02790302>

Submitted on 5 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.

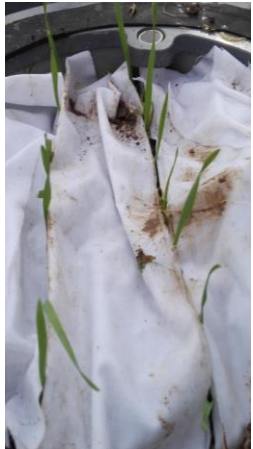
L'augmentation du CO₂ atmosphérique induit une accélération de la minéralisation du carbone organique du sol atténuée par la présence de légumineuse



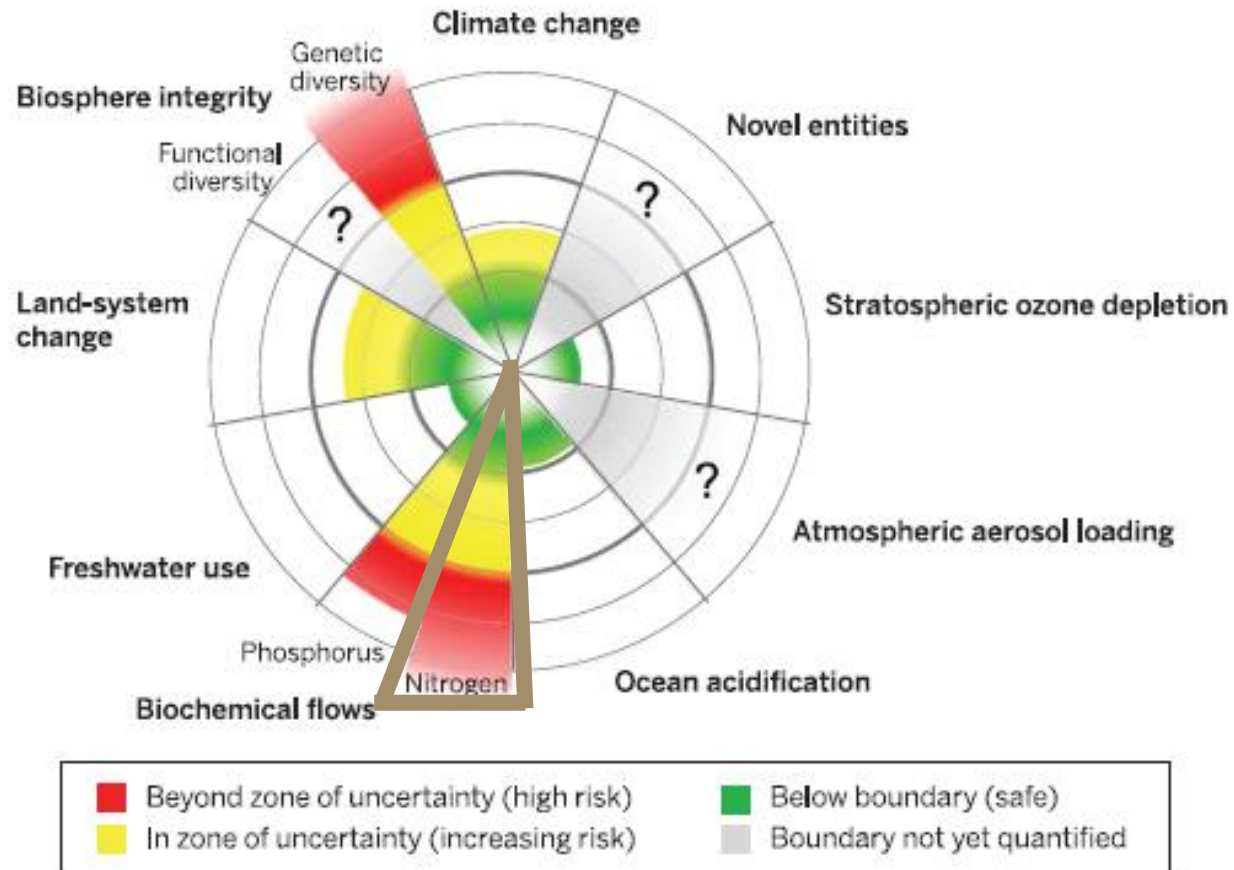
1

CROS Camille, ALVAREZ Gaël, KEUPER Frida, REVAILLOT Sandrine,
FONTAINE Sébastien

Les nouveaux systèmes de culture pour favoriser la synchronisation sol/plante

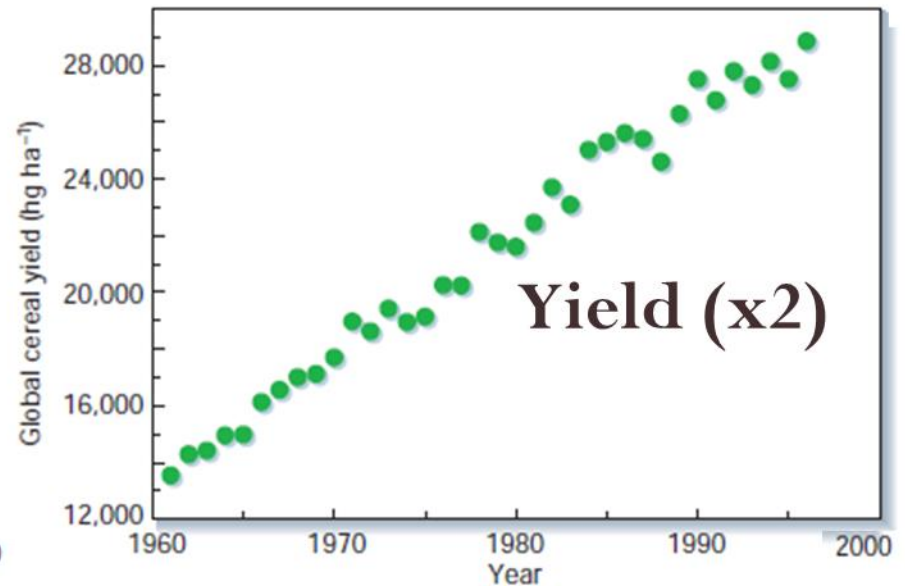
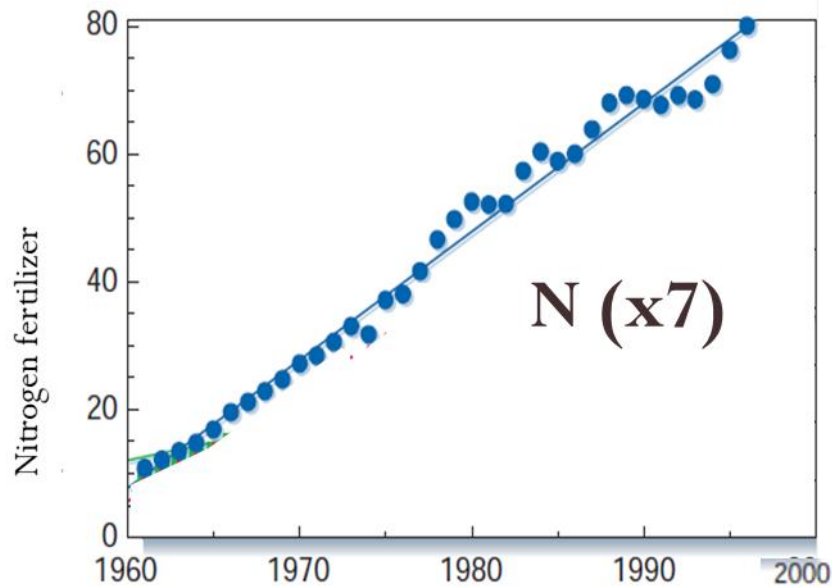


Impact de l'utilisation de la fertilisation N en agriculture



Efficiences de la fertilisation N

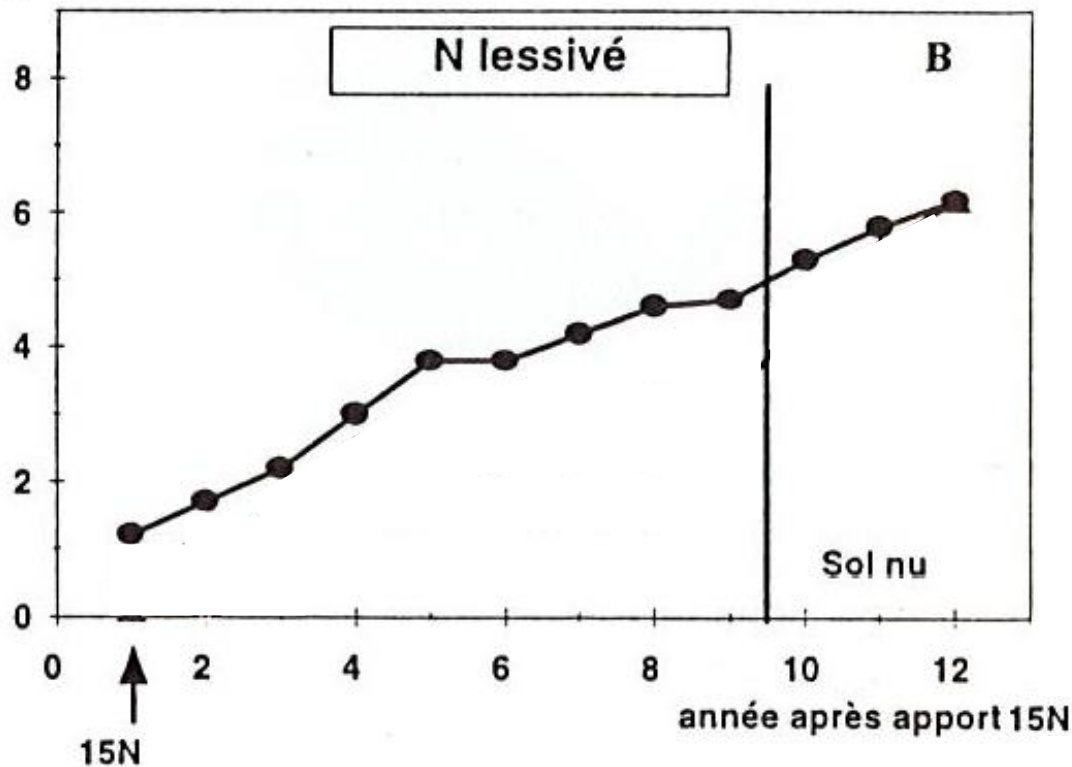
- L'utilisation croissante de fertilisant N n'est plus suivie par une augmentation de la production



Conséquence de ce manque d'efficacité

- Lixiviation importante → perte de N dans l'environnement
 - dépendance à la fertilisation
 - désynchronisation offre du sol et demande de la plante en N

% N apporté cumulé



Hypothèses

Pouvons nous créer de nouveaux systèmes de cultures pour résoudre le problème de désynchronisation entre la demande de la plante en N et l'offre du sol des cultures conventionnelles ?

Recous *et al.*, 1997

Chabbi & Lemaire, 2007

Culture conventionnelle

- Période de sol nu → lixiviation
- Activité et biomasse microbienne faible
- Faible potentiel d'immobilisation du N → Déstockage des MOS

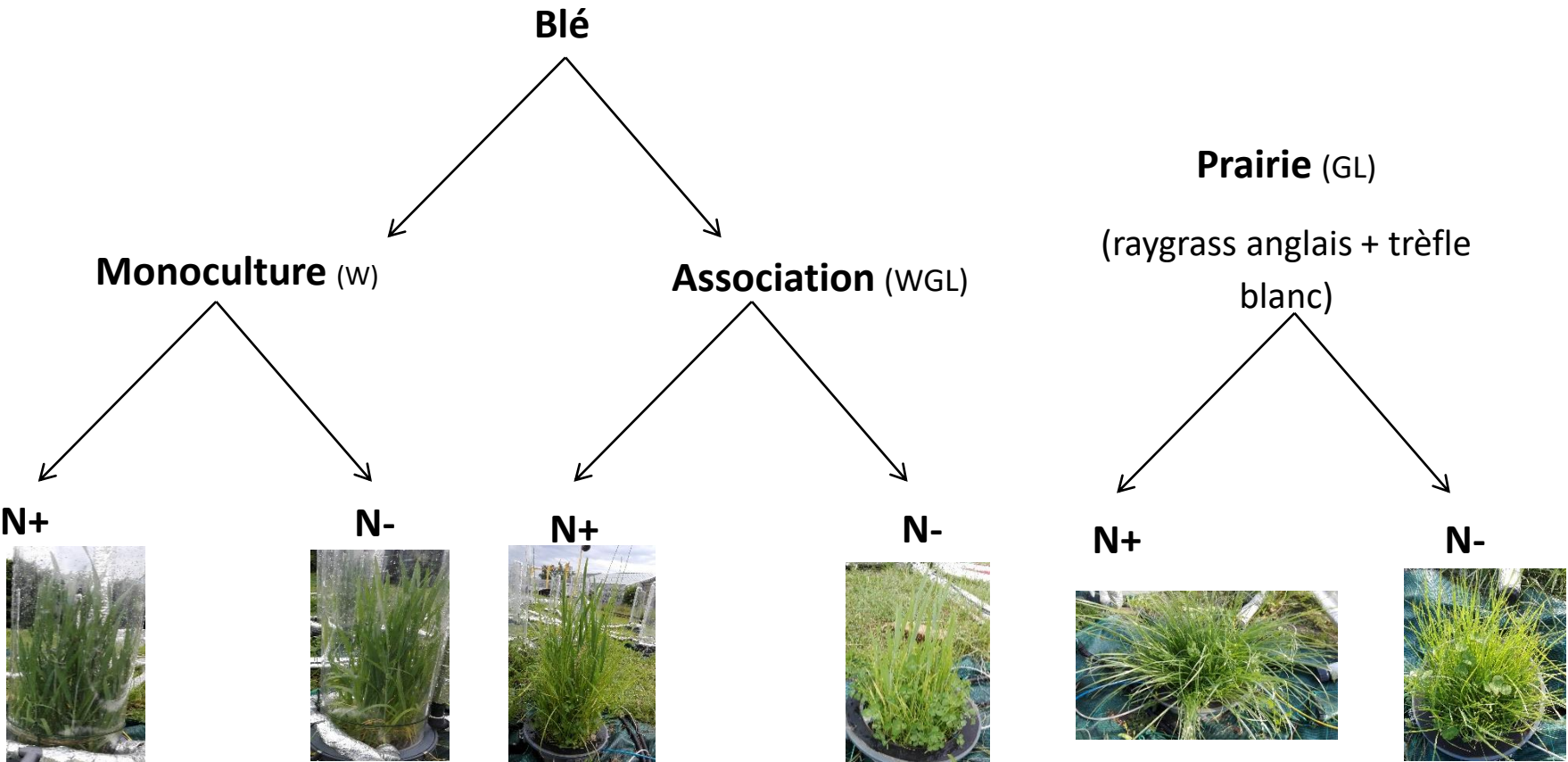
↘ **pouvoir de synchronisation**
entre la demande de la plante et
l'offre du sol

Prairie

- Espèce pérennes
→ Apport continu de C
- Forte activité et biomasse microbienne
→ pouvoir de régulation
- Fort potentiel d'immobilisation du N → Stockage de MOS

↗ **pouvoir de synchronisation**
entre la demande de la plante et
l'offre du sol

Les traitements



← **Intensité de gestion** →

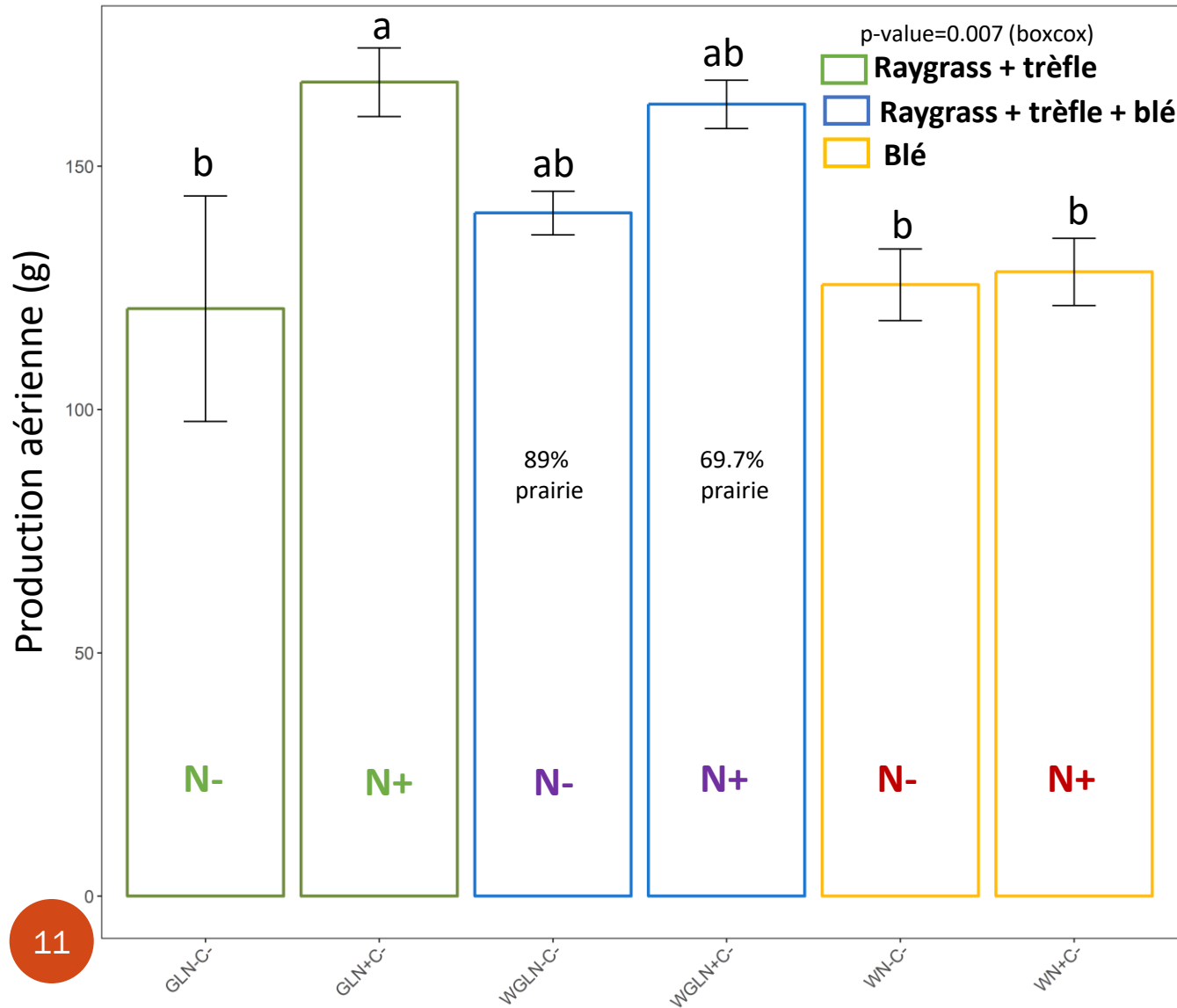
Plateforme expérimentale

- **Mésocosmes clos avec système de production d'air**
 - Marquage continu au ^{13}C
- **Serre commune**
 - Récoltes destructives
(N minéral, biomasse microbienne, minéralisation et immobilisation brute du N)



Production de biomasse

Production aérienne sur 1 an



- Pas d'effet de la fertilisation sur la production sauf en prairie
- Tendance à avoir plus de production en association comparé au blé seul

Rendement

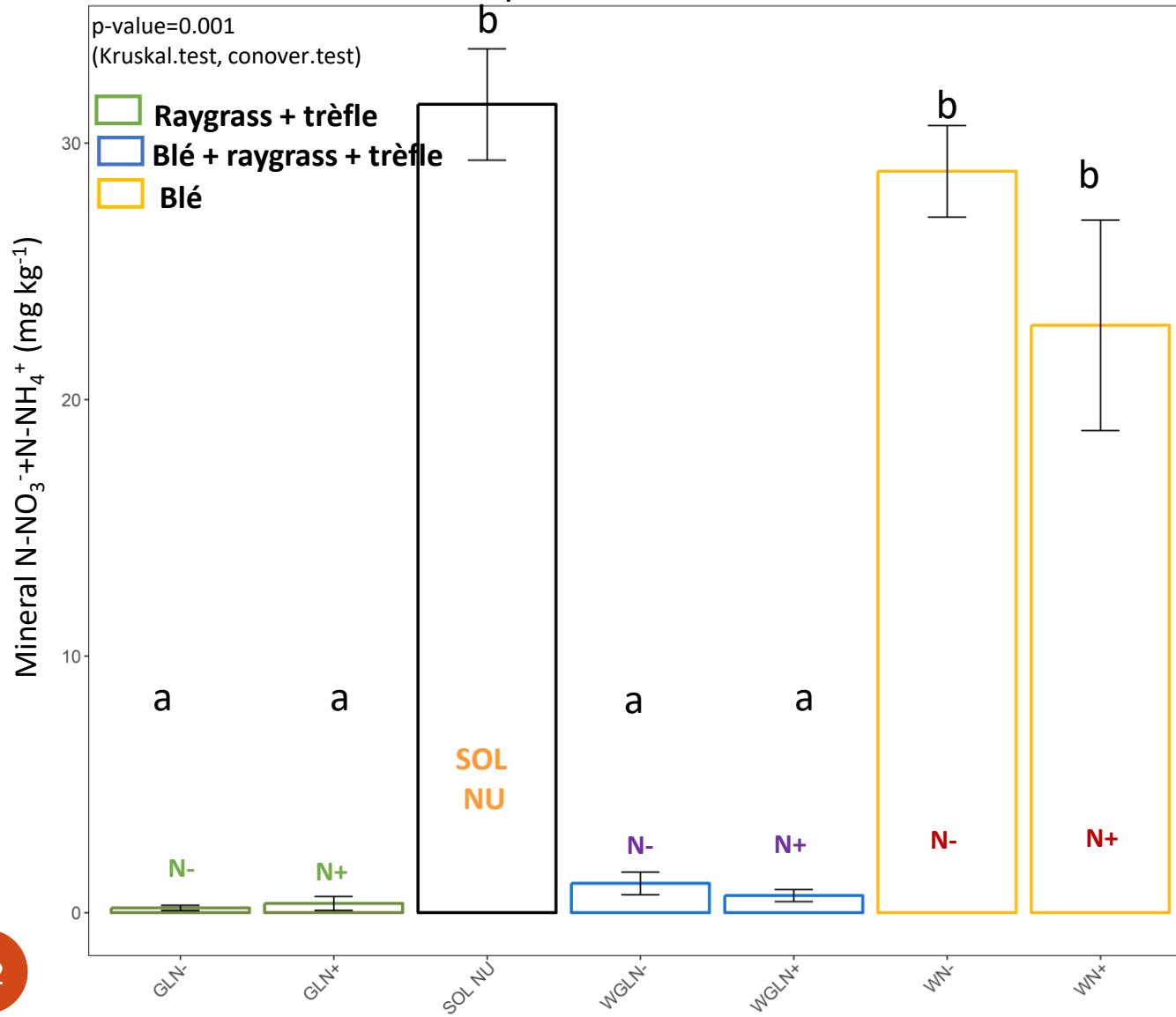
Rendement après un an de production (novembre 2016 –novembre 2017)

Traitements	Prairie + paille (t MS ha ⁻¹)	Grain de blé (q ha ⁻¹)
Raygrass+ trèfle N-	24.87	
Raygrass+ trèfle N+	30.88	
Raygrass+ trèfle+ blé N-	27.16 25.38 (prairie) 1.78 (paille)	14.82
Raygrass+ trèfle+ blé N+	28.36 23.18 (prairie) 5.18 (paille)	48.48
Blé N-	15.14	92.50
Blé N+	15.71	116.09

- Blé associé: maintien de la production de prairie + production blé

Azote minéral disponible dans le sol

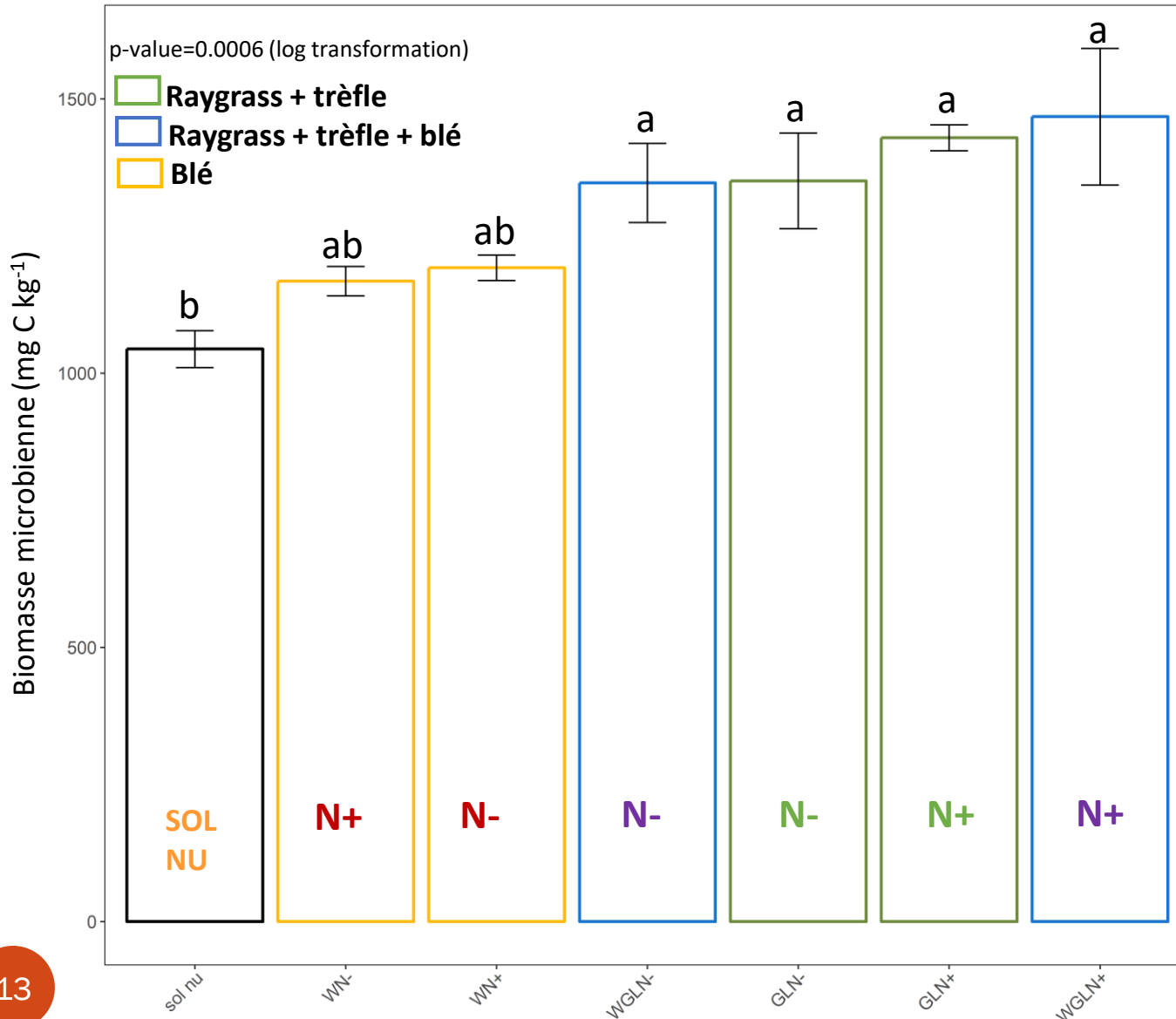
Concentration en N minéral dans le sol de surface après un an d'implantation



- Concentration N minéral haute en blé seul
→ **Haut potentiel de lixiviation**
- Diminution de la concentration N minéral avec prairie
→ **Faible potentiel de lixiviation**

Proxy du pouvoir de régulation

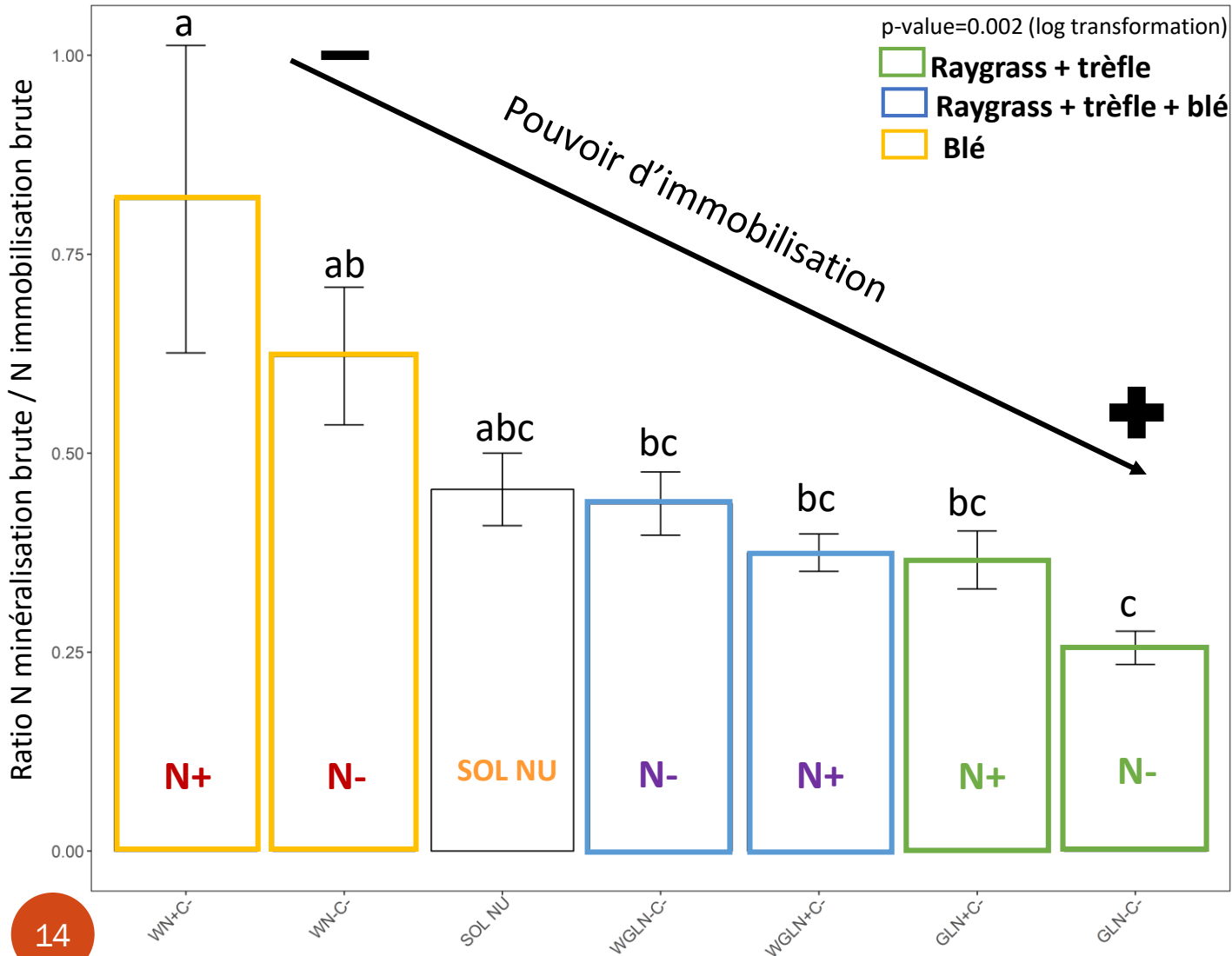
Biomasse microbienne après un an d'implantation



- Biomasse microbienne plus élevée en présence de plante
 - Mais non significatif en blé seul
- **Potentiel de régulation par les microorganismes supérieur en présence de prairie**

Potentiel d'immobilisation

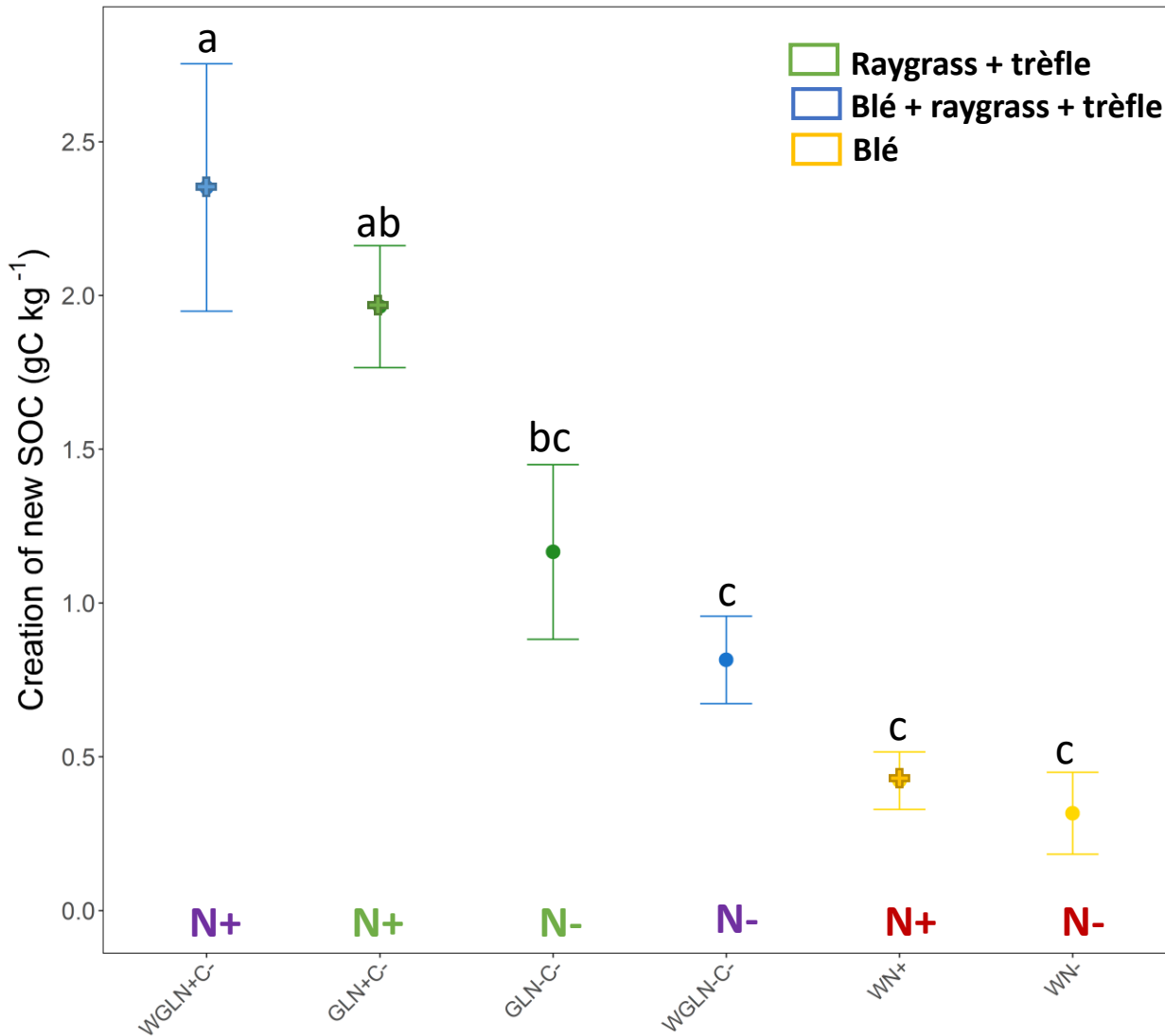
Ratio minéralisation brute/ immobilisation brute



- Minéralisation et immobilisation inférieure en blé seul (non montré)
→ **Faible activité microbienne**
- Faible pouvoir d'immobilisation en blé seul
→ **Faible pouvoir de régulation et potentiel stockage**
- Atténuation dans les systèmes innovants
→ **Plus fort potentiel de régulation et stockage**

Potentiel de stockage

Formation de nouvelles matière organique dans le sol



- Peu de formation de nouvelles SOM en blé seul

→ **Faible potentiel de stockage**

- Formation de SOM supérieure en présence de prairie accentué par la fertilisation N+

→ **Fort potentiel de stockage**

Conclusion

Culture conventionnelle

- Potentiel de lixiviation important
 - Activité et biomasse microbienne plus faible
 - Faible potentiel de stockage
- Diminution des ressources par perte dans l'environnement + faible potentiel de stockage
- Ecosystème dépendent à la fertilisation

↘ pouvoir de synchronisation
entre la demande de la plante et
l'offre du sol

Prairie

- Potentiel de lixiviation faible → plantes pérennes → absorption continue
 - Activité et biomasse microbienne plus forte
 - Fort potentiel de stockage
- Potentiel de régulation
- Ecosystème indépendant à la fertilisation

↗ pouvoir de synchronisation
entre la demande de la plante et
l'offre du sol

Conclusion

Et les nouveaux systèmes de cultures ?

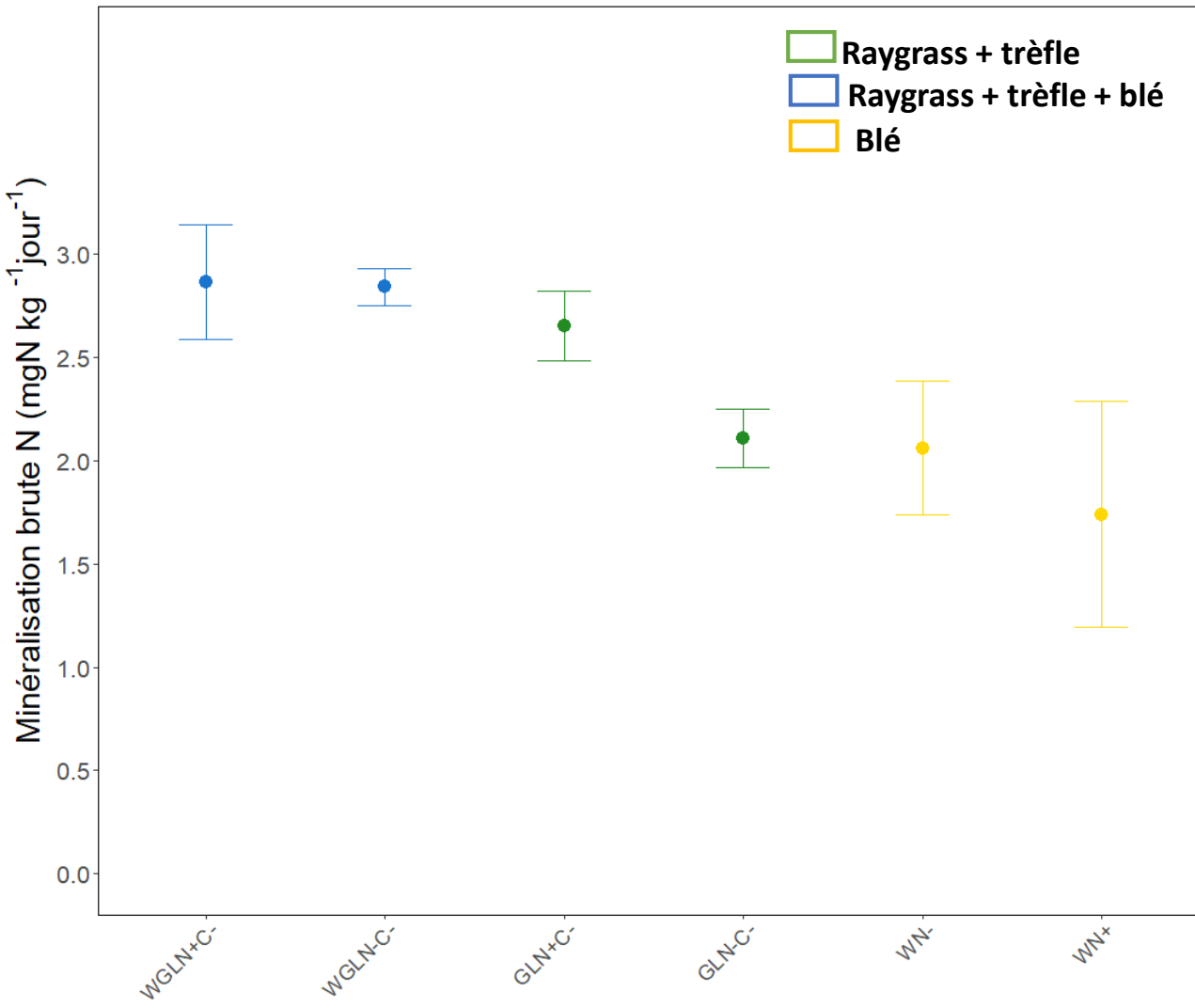
- Faible potentiel de lixiviation
→ présence de plantes pérennes
- Biomasse microbienne élevée
- Potentiel d'immobilisation de N moyen et humification forte
→ Potentiel de stockage
- **Potentiel de régulation augmenté comparé à la monoculture**
- **Maintien de la productivité de la prairie avec ajout d'un rendement supplémentaire**

↗ **pouvoir de synchronisation**
entre la demande de la plante et
l'offre du sol



Merci de votre attention 😊

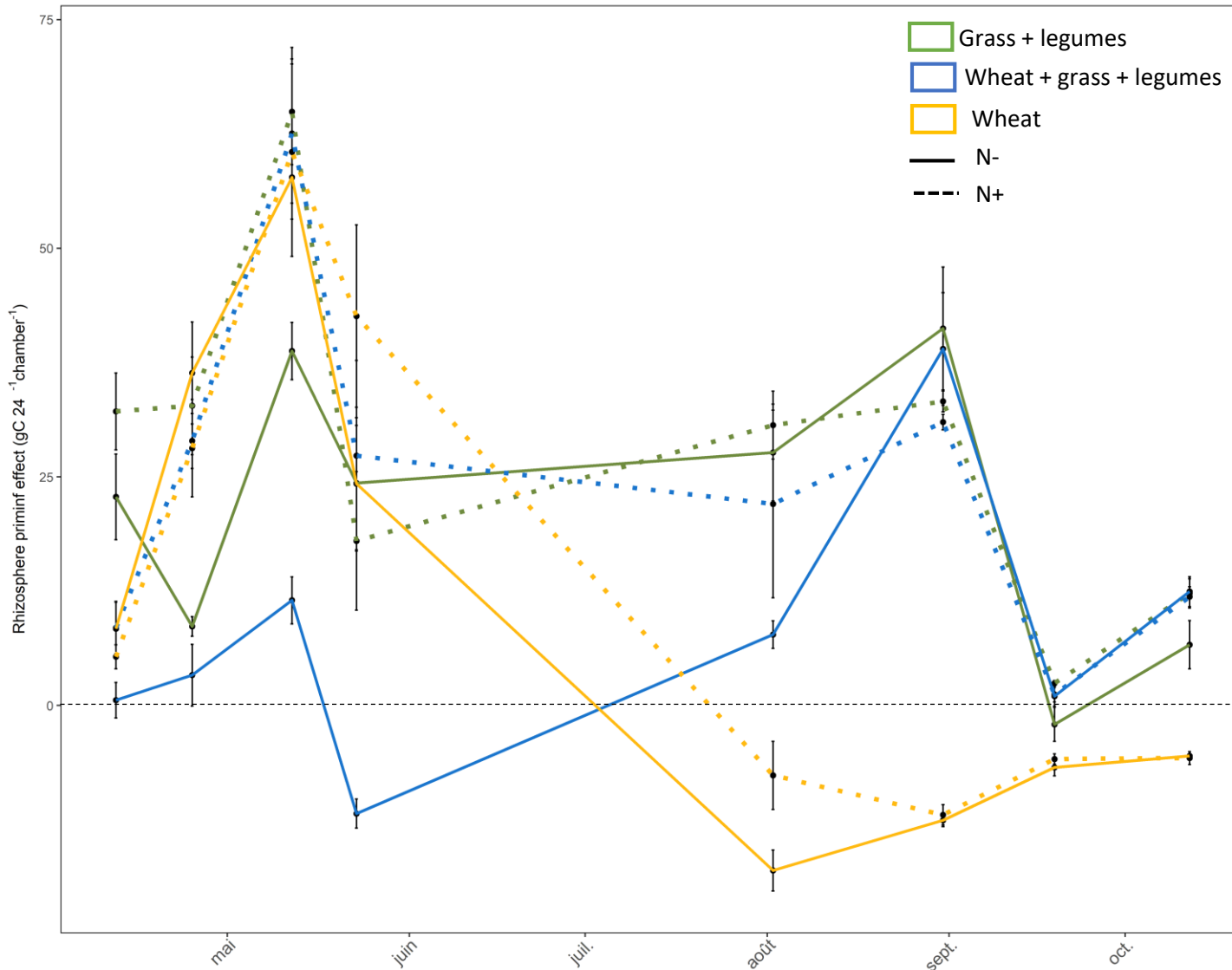
Minéralisation brute du N



- Minéralisation inférieure en blé seul
→ **Faible activité microbienne**
- Forte minéralisation dans les systèmes innovants

RPE dynamics depending on N demand

Rhizosphere priming effect across time



During fertilization period : higher RPE in N+ in presence of grassland

→ Higher biomass production
→ Higher N demand

During the wheat growth period: high RPE while N min was high in monocrop

→ No efficiency in N utilisation

Experimental devices

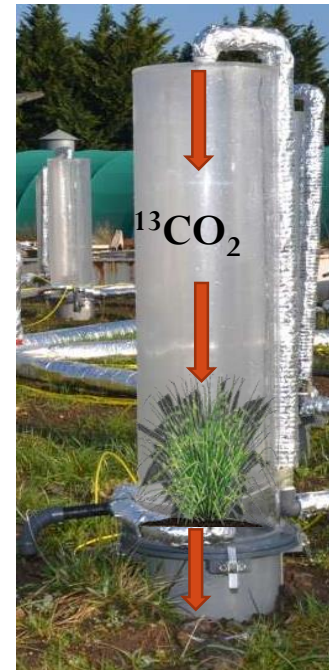
Labeling platform ($^{13}\text{CO}_2$)



^{13}C -depleted CO_2 of fossil-fuel origin



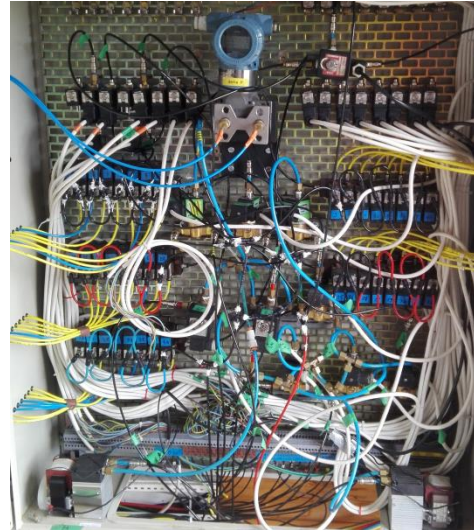
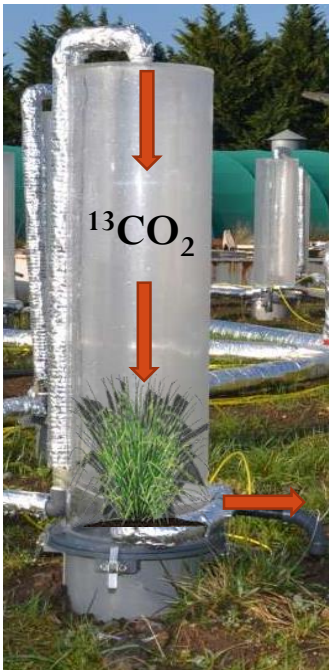
Tracing source of respired carbon in presence of living plants



Follow humification and Rhizosphere Priming Effect

Experimental devices

Gaz exchanges measurements



- Measure of differential $^{13}\text{CO}_2$ each 30 minutes on each pots
- Calculation of net ecosystem exchange
- Deduction of ecosystem respiration and photosynthesis

air flux

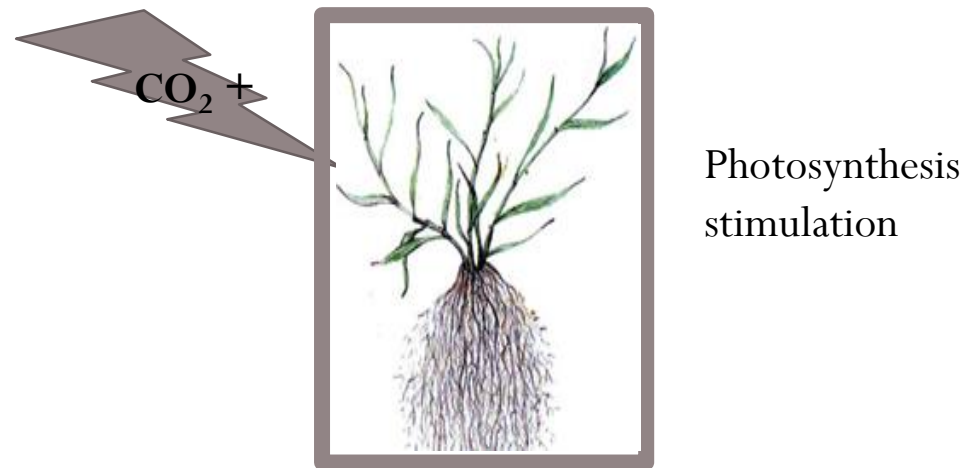


L'augmentation du CO₂ atmosphérique induit une accélération de la minéralisation du carbone organique du sol atténuée par la présence de légumineuse



Hypothesis

What is the consequences of modification of plant functioning due to CO_2 increase on soil processes ?



1

Biomass
increasing
(+ root exsudation)

2

Decrease of
mineral N

3

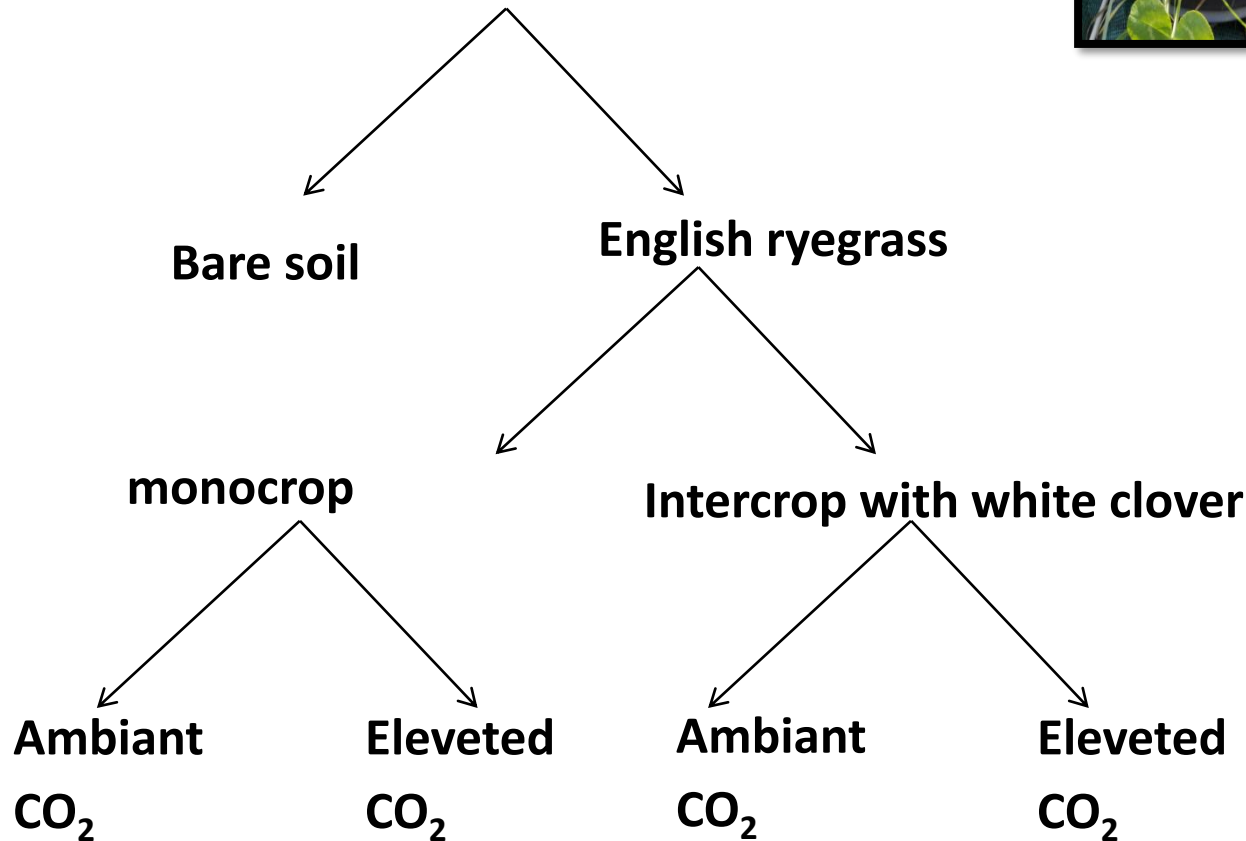
RPE increasing

4

Destocking
SOM

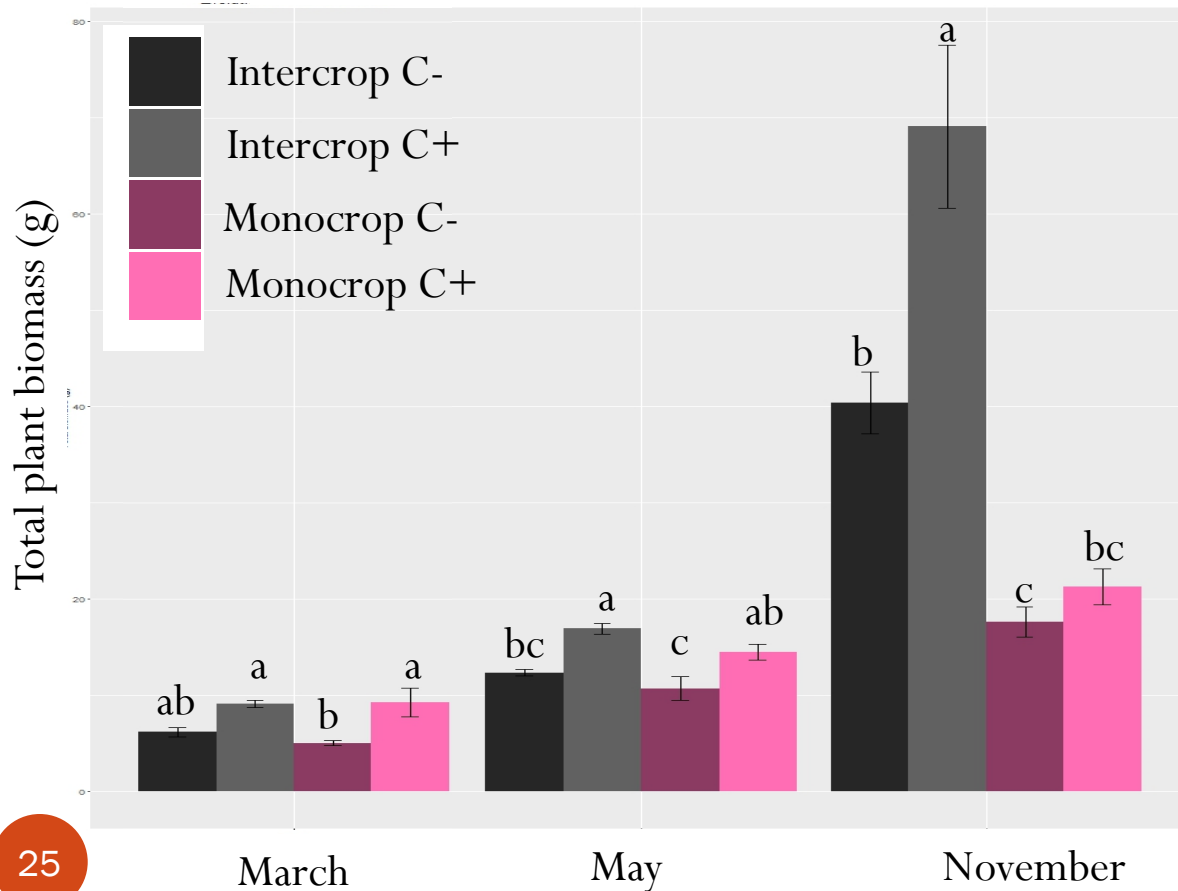
Design

- 2 species
- Sown in September 2016
- CO₂ levels (C ambient: 400 ppm; C elevated: 700 ppm)
- 4 replicates
- 3 plants destructives harvests



Effect of elevated CO₂ on total plant production

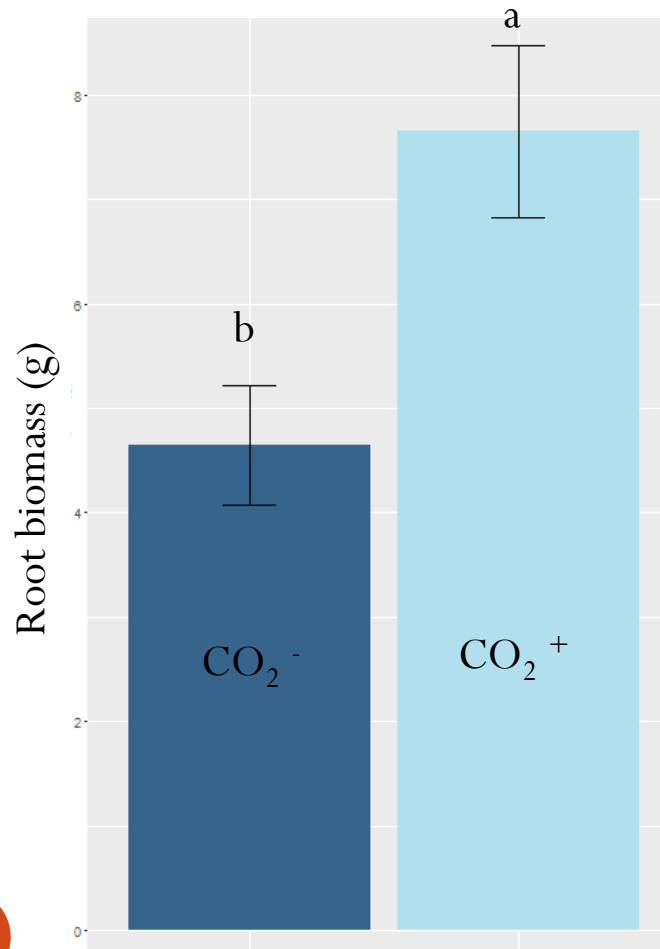
Shoot + root biomass along the year



- Globally higher plant production in elevated CO₂ (p-value=0,04)
- After summer, no significant difference in monocrop
- After one year, higher production in intercrop than monocrop

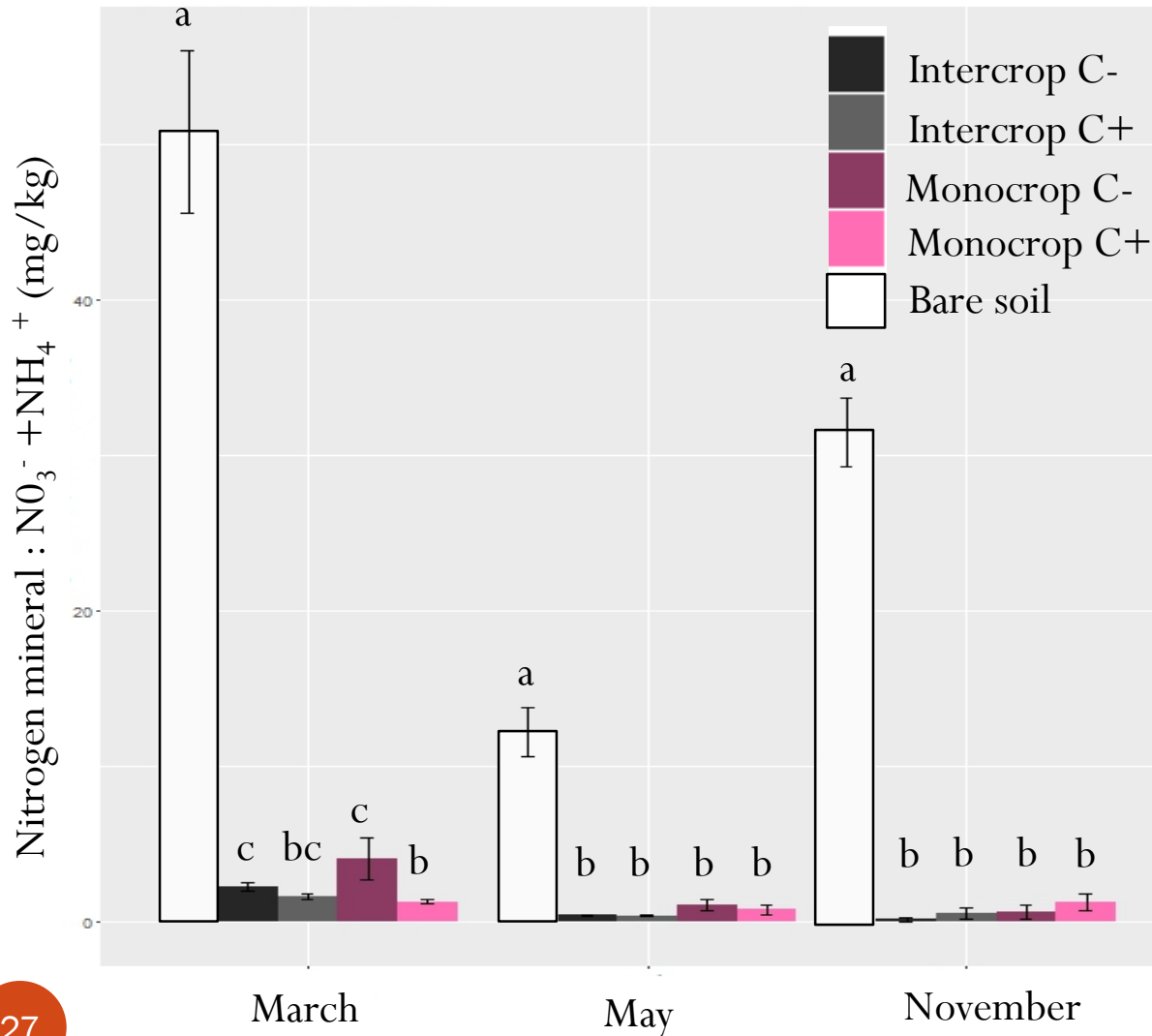
Effect of elevated CO₂ on roots production

Root biomass production including the 3 harvests



- On one year, higher root production in elevated CO₂ (p-value=0,002)
- **The higher plant production is especially due to higher root investment**
- **Higher soil exploration in elevated CO₂**

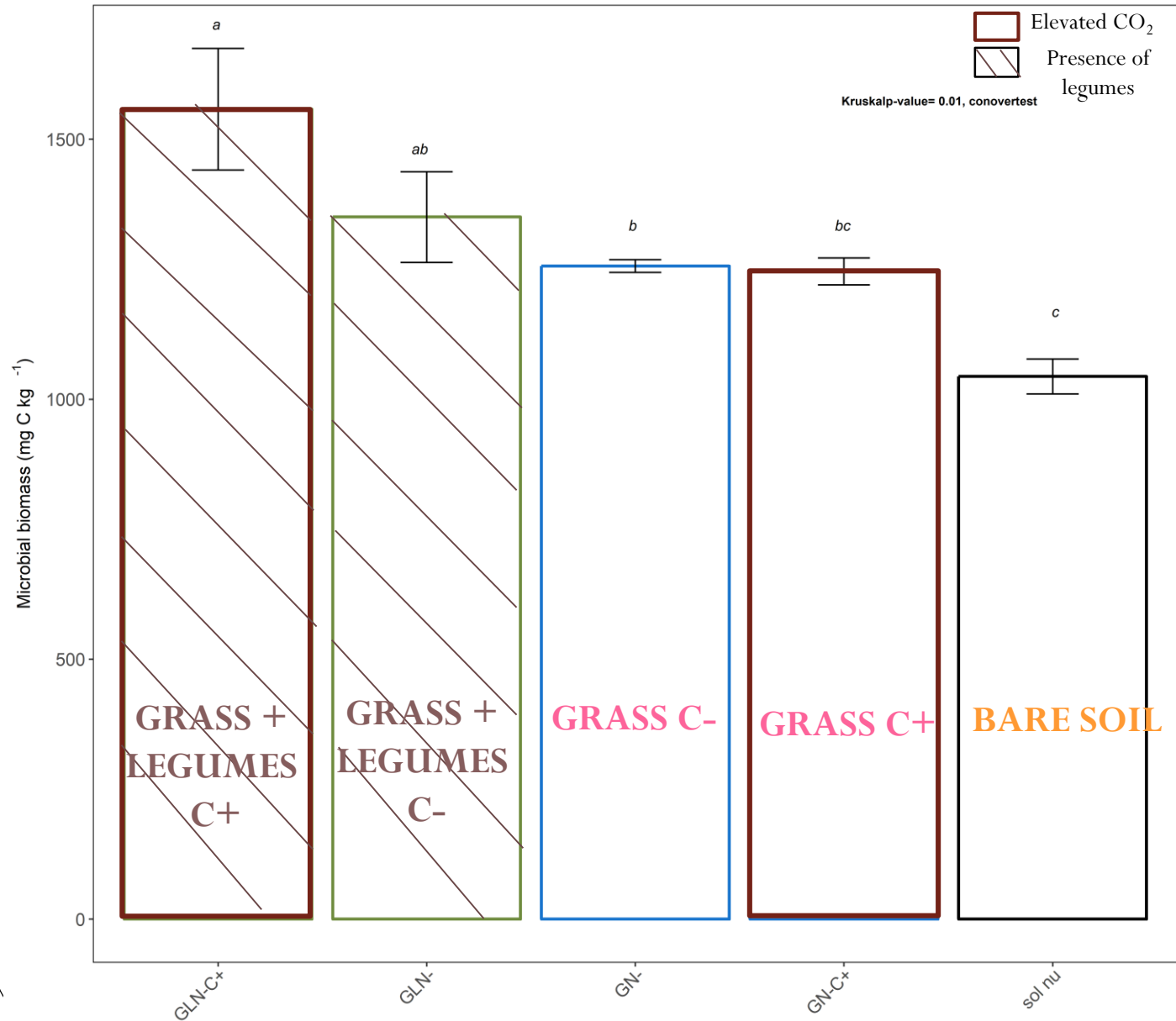
Consequences of root exploration on mineral N in soil



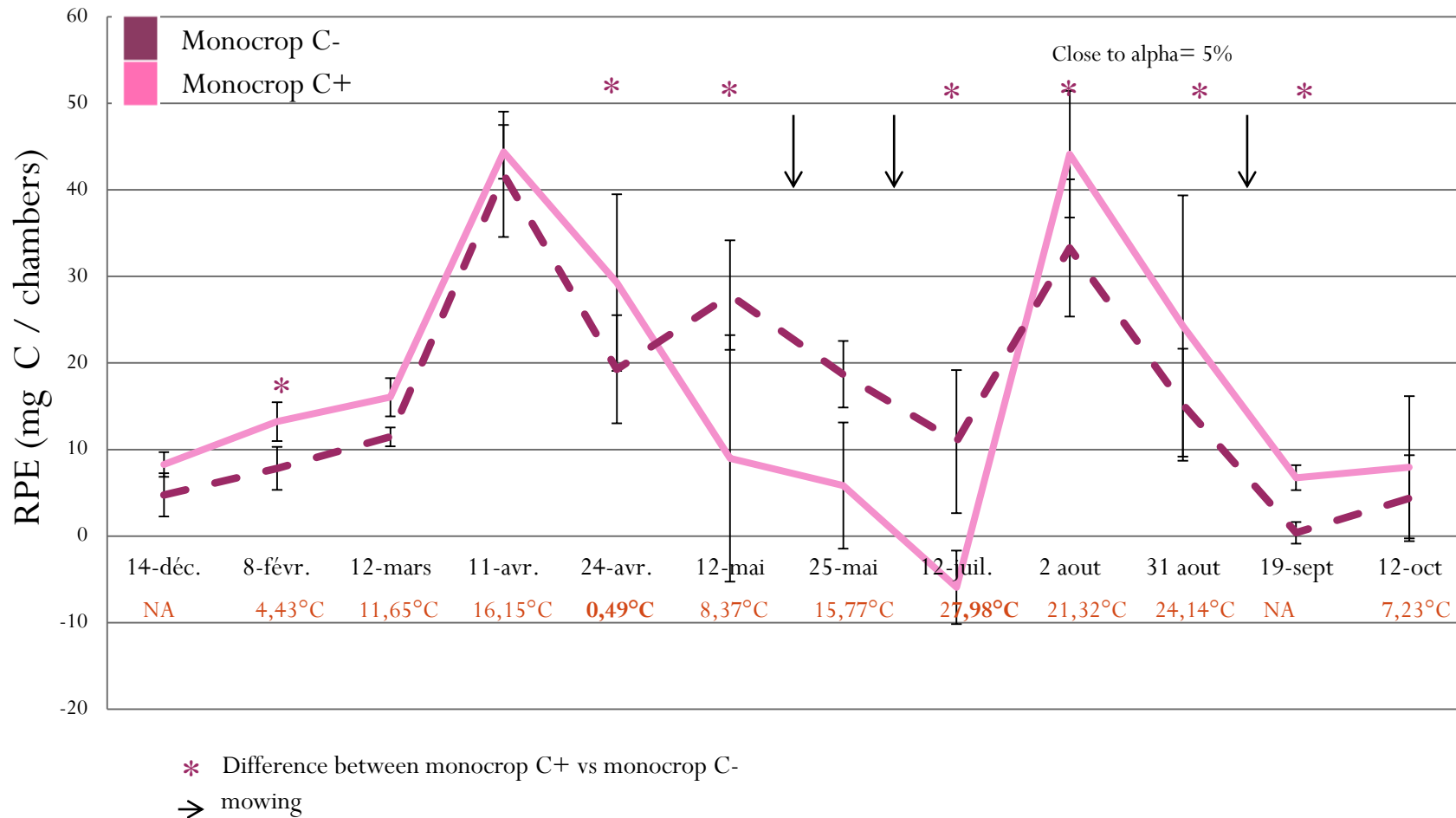
- Planted effect
- Fastly mineral N exhaustion in monocrop elevated CO₂

→ In november , absence of biomass difference due to N limitation ?

Elevated CO₂ effect

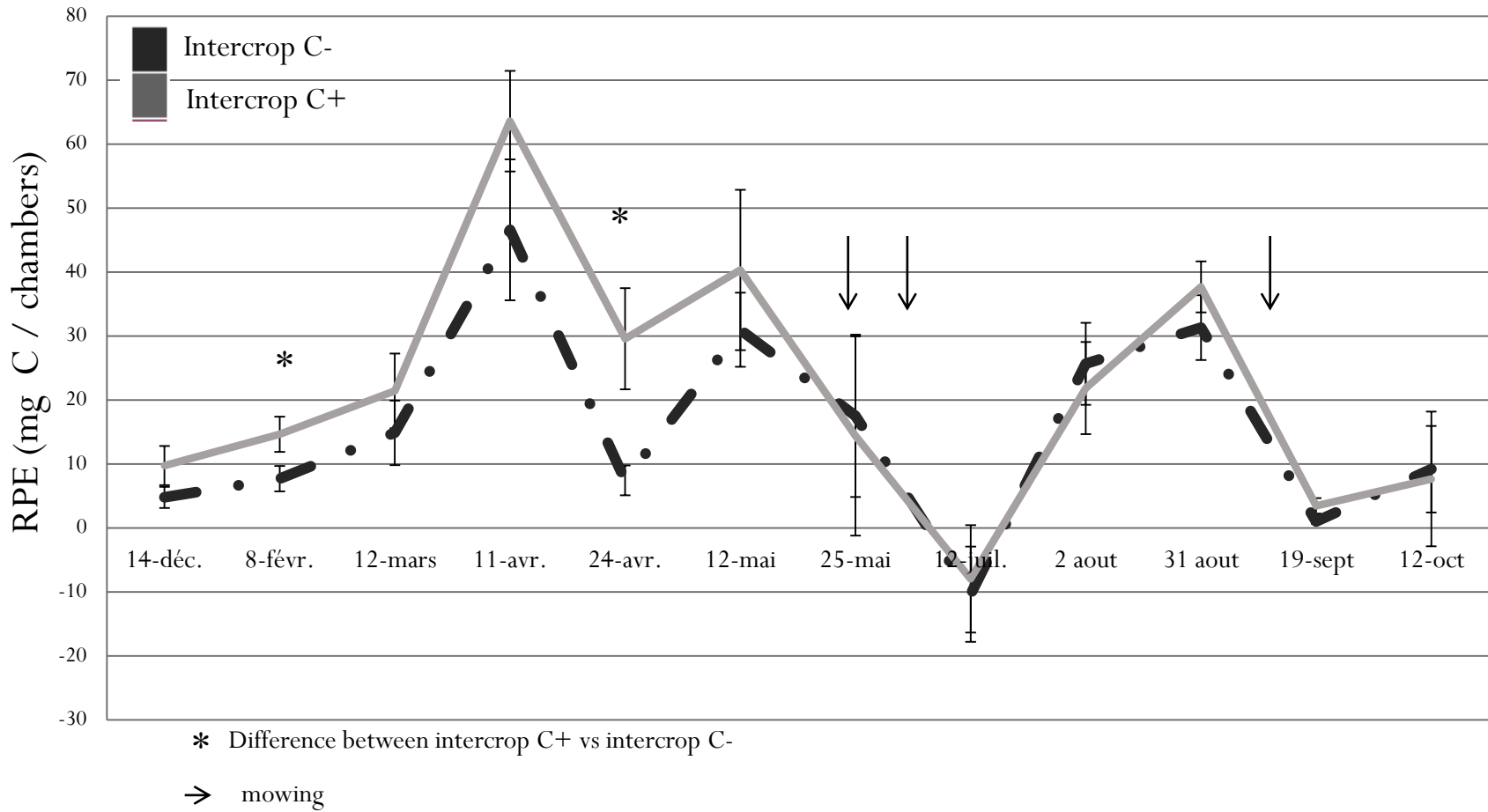


Consequences of N limitation on RPE



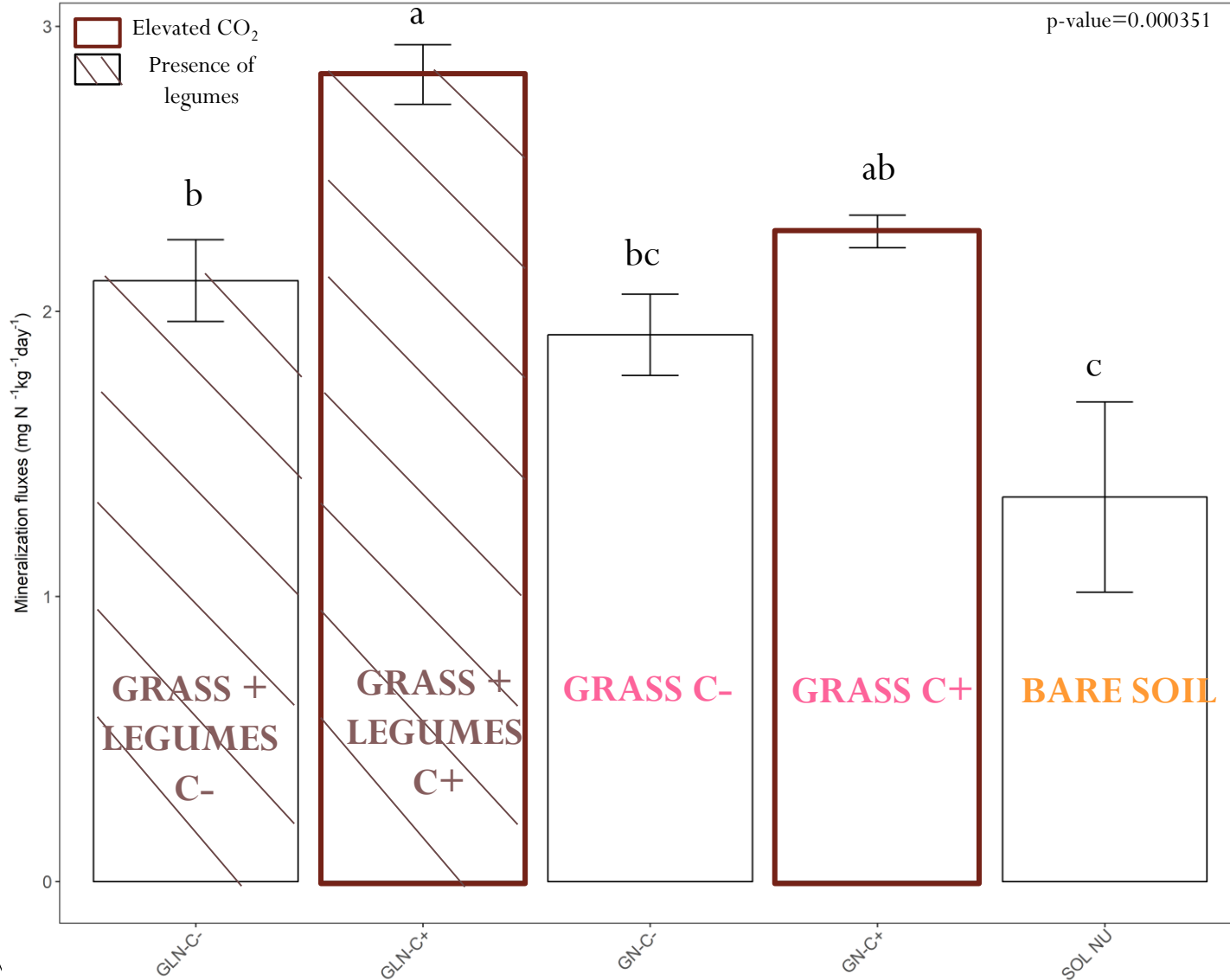
- Globally higher RPE in monocrop C+ compared to monocrop C-
- Sensitivity of extreme temperature higher in monocrop C+ compared to monocrop C-

Consequences of N limitation on RPE

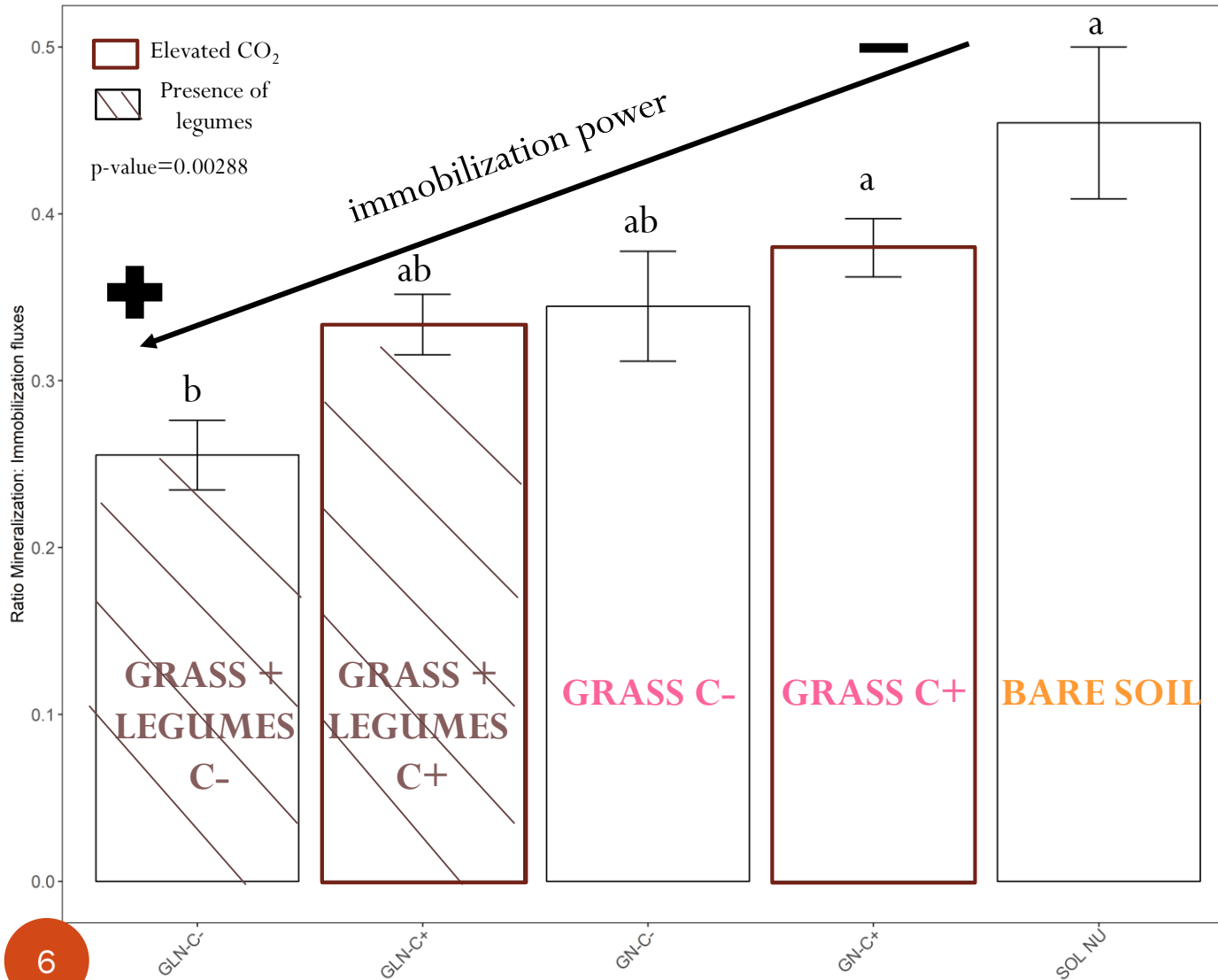


- Globally no difference of RPE in intercrop

Elevated CO₂ effect



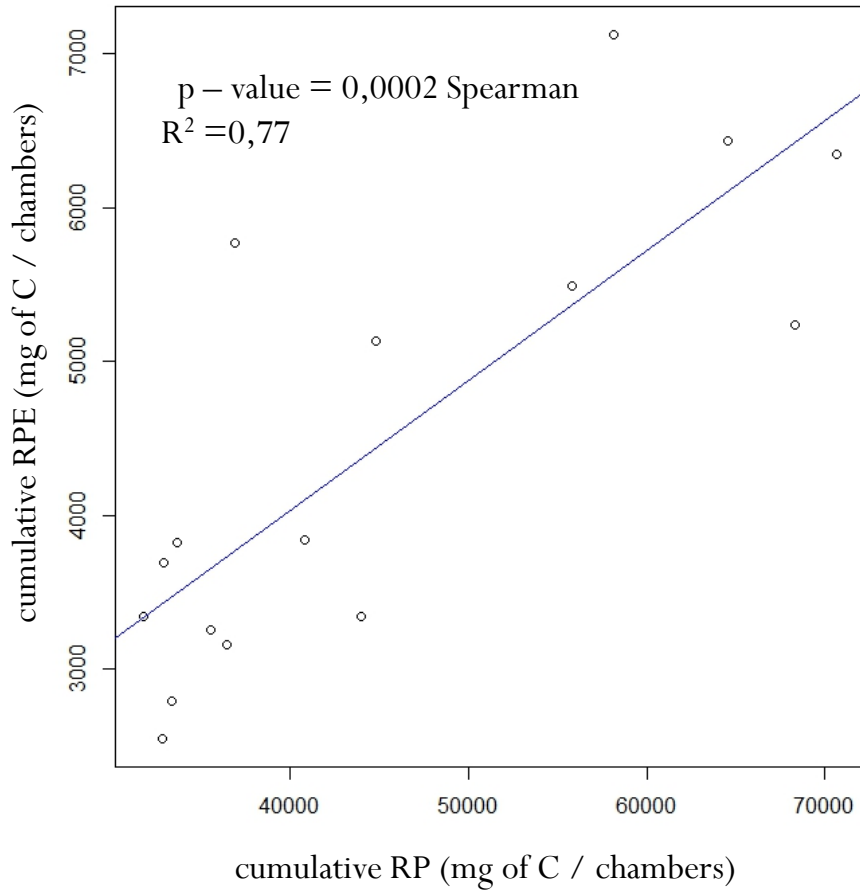
Ratio mineralization and immobilization



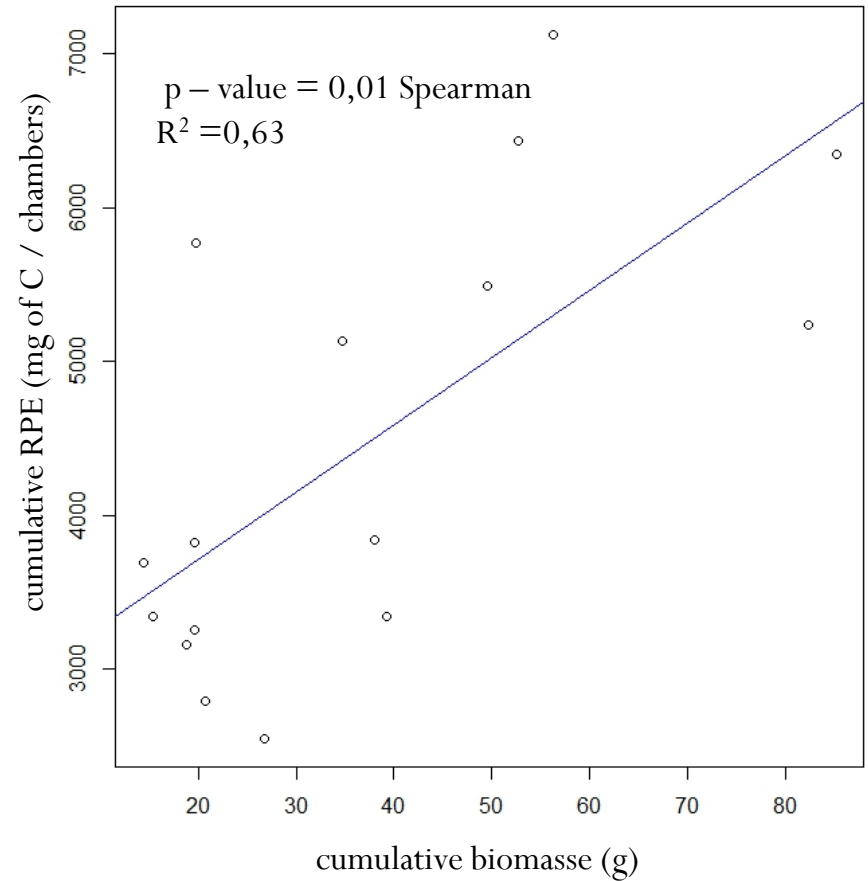
- Less power of immobilization in elevated CO₂
- Gradient of immobilization capacity
- Higher in presence of legumes
- Probably higher storage capacity

Correlation between photosynthesis proxy and RPE

cumulative RP vs cumulative RPE



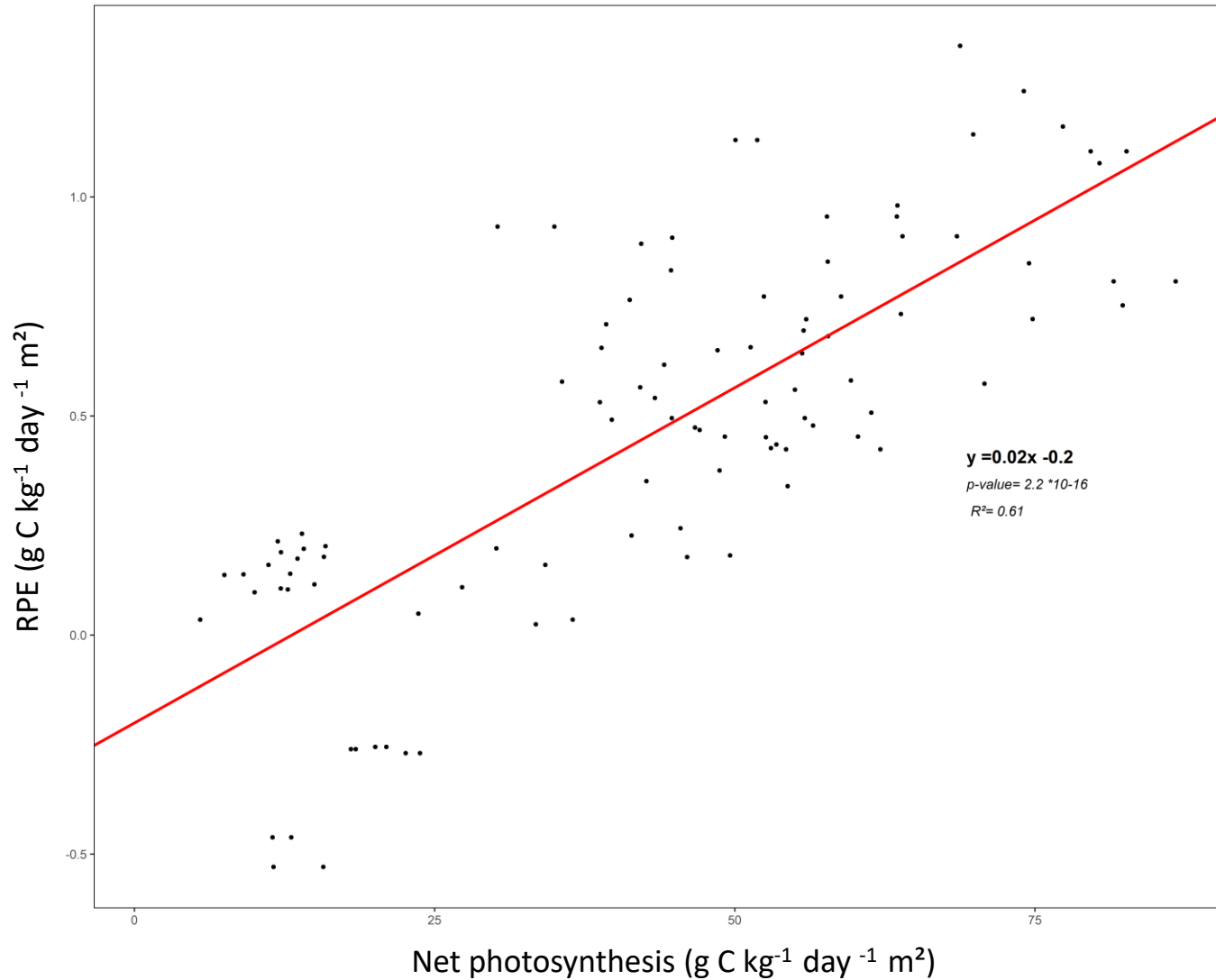
cumulative biomass vs cumulative RPE



More biomass = more RPE

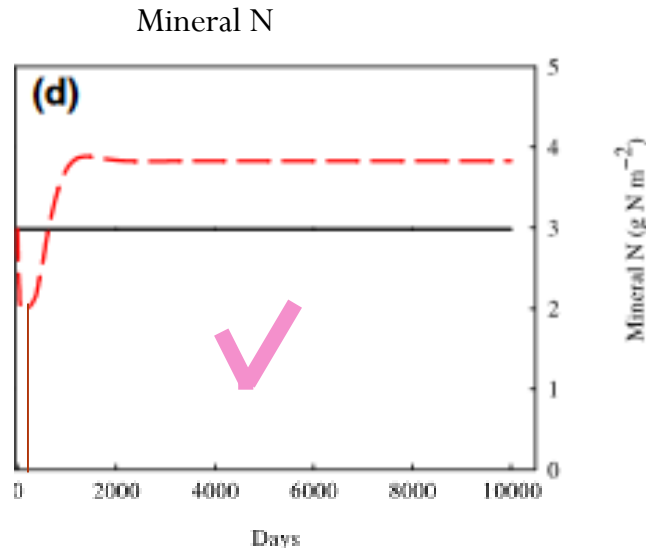
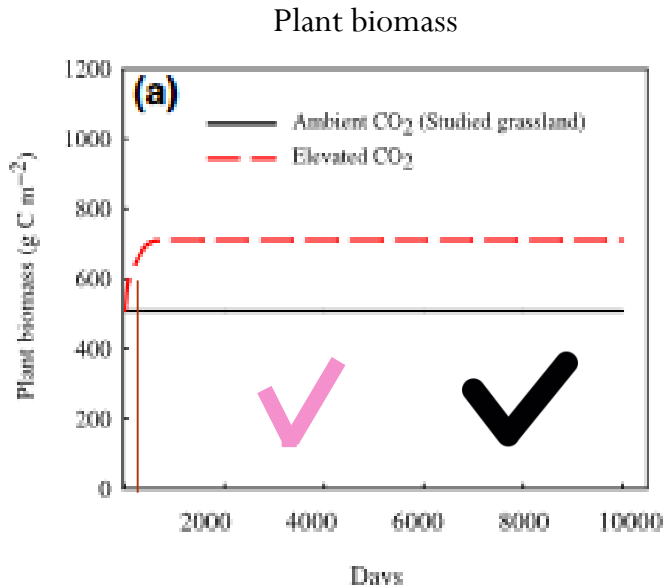
→ Destocking in monocrop elevated CO₂

Interesting perspectives: be able to estimate RPE through primary production



Conclusion

Our results in front of others papers



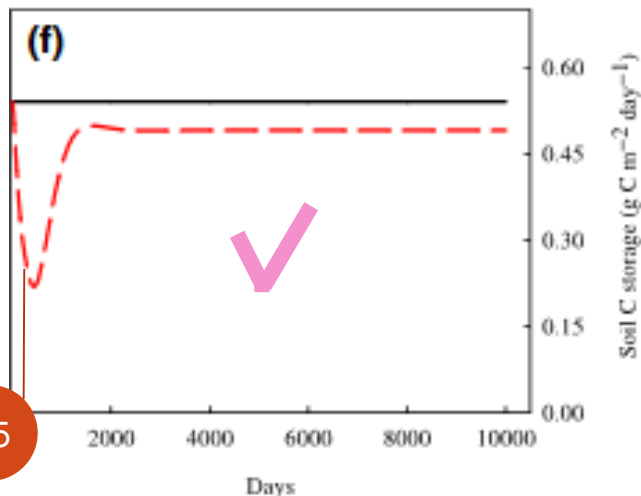
Effect of elevated CO₂ in adequation

✓ In monocrop

✓ In intercop

Adapted from Perveen *et al.*, 2014

Soil C storage



- In long term, increase of SOM decomposition
→ decrease of soil stock
- Attenuation with legumes