



Manhattan LEBRUN, Domenico MORABITO, Sylvain BOURGERIE
Université d'Orléans, LBLGC INRAE USC1328, rue de Chartres, BP 6759, 45067 Orléans Cedex 2, France

INTRODUCTION

L'augmentation de la population a entraîné une intensification de l'agriculture, avec la mise en place de monocultures, ainsi que l'utilisation intensive de l'eau et de fertilisants chimiques, ce qui a eu des effets négatifs sur les sols, avec notamment une diminution de leur fertilité et de leur rendement, mais également une contamination des eaux souterraines due au lessivage des nutriments, en particulier le nitrate. Une solution pour résoudre ce problème est d'appliquer des amendements, organiques ou inorganiques, au sol, tel que le charbon actif. Le charbon actif est un produit issu de la pyrolyse de matières premières, minérale ou végétale, qui a ensuite subi une activation chimique ou physique. Le charbon actif présente un potentiel intéressant pour améliorer les propriétés des sols agricoles de par sa capacité à retenir les éléments chargés, tels que les nitrates, ainsi que sa forte rétention en eau.

Dans ce contexte, une étude en mésocosme a été réalisée, utilisant deux sols agricoles aux propriétés contrastées, amendés avec un charbon actif, sélectionné parmi un panel de huit charbons actifs en se basant sur des tests de sorption, visant à évaluer leur capacité à sorber les ions nitrates. Par ailleurs des tests en colonnes ont permis d'évaluer la capacité des charbons actifs à réduire le lessivage des éléments chargés. De plus, du blé a été cultivé sur ces sols différemment amendés, afin d'évaluer l'effet d'un amendement au charbon actif sur (i) le lessivage des ions, en particulier l'azote, et (ii) le rendement du blé.

MATERIEL ET METHODES

2 sols agricoles :
- Saugy (18)
- Tournais (45)

1 charbon actif :

- Base : minérale
- Activation : physique

1 plante :

- Blé dur
- Variété : Anvergur

Par sol :

- 3 modalités d'amendement : 0, 0,5 et 1% (m/m)
- 2 modalités de végétalisation : sans blé / avec blé

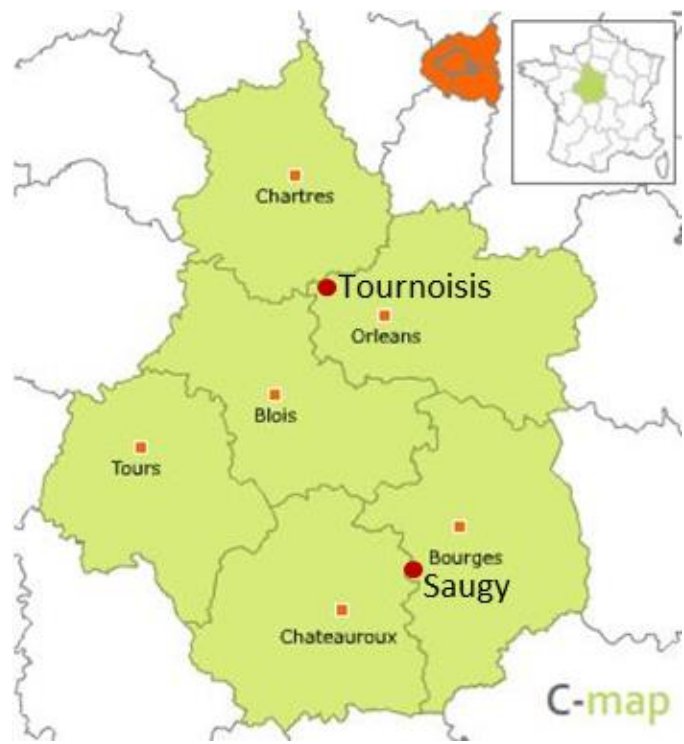
Analyses



Plantes : biomasse, taux de protéine

Sol : Capacité d'échange cationique, matière organique, activité microbienne

Percolat : [azote]



Propriétés du charbon actif	Charbon actif
pH	10,5 ± 0
Conductivité électrique (µS.cm ⁻¹)	122 ± 18
Surface spécifique (m ² .g ⁻¹)	1060
Volume total des pores (cm ³ .g ⁻¹)	1,77
Diamètre des pores (nm)	15
C (%)	85,12 ± 0,78
H (%)	0,04 ± 0,03
N (%)	2,85 ± 0,46



RESULTATS ET DISCUSSION

Sols au début de l'expérience

Caractéristiques des sols de Saugy (S) et Tournais (T), amendés avec 0, 0,5 et 1% de charbon actif. MO = matière organique, CEC = capacité d'échange cationique, FDA = activité hydrolytique de la fluorescéine diacétate, AWCD = changement de couleur moyenne des puits (test Biolog®). Les lettres indiquent une différence significative entre les doses d'amendement, au sein d'un même sol.

	Sol de Saugy			Sol de Tournais		
	S	S0,5%	S1%	T	T0,5%	T1%
MO (%)	9,6 ± 0,3 a	9,4 ± 0,2 a	9,2 ± 0,3 a	11,4 ± 0,3 a	12,3 ± 0,3 b	11,7 ± 0,2 ab
CEC (cmol.kg ⁻¹)	8,8 ± 0,3 a	8,9 ± 0,1 a	8,8 ± 0,1 a	12,1 ± 0,1 a	11,8 ± 0,3 a	11,6 ± 0,2 a
FDA (nmol.min ⁻¹ .g ⁻¹)	37 ± 3 a	16 ± 1 b	15 ± 1 b	35 ± 3 a	13 ± 1 c	24 ± 3 b
β-glucosidase (nmol.min ⁻¹ .g ⁻¹)	10,3 ± 0,7 a	7,9 ± 0,6 b	7,9 ± 0,6 b	11,0 ± 0,7 a	7,5 ± 0,2 b	8,1 ± 1,0 b
AWCD	1,12 ± 0,06 a	1,08 ± 0,03 a	1,13 ± 0,04 a	1,25 ± 0,02 a	1,20 ± 0,04 a	0,99 ± 0,04 b

Sol de Saugy

- ✓ Pas d'effet sur la MO, la CEC et l'AWCD
- ✓ Diminution des activités enzymatiques

Sol de Tournais

- ✓ Pas d'effet sur la CEC
- ✓ Augmentation de la MO
- ✓ Diminution des activités enzymatiques et de l'AWCD

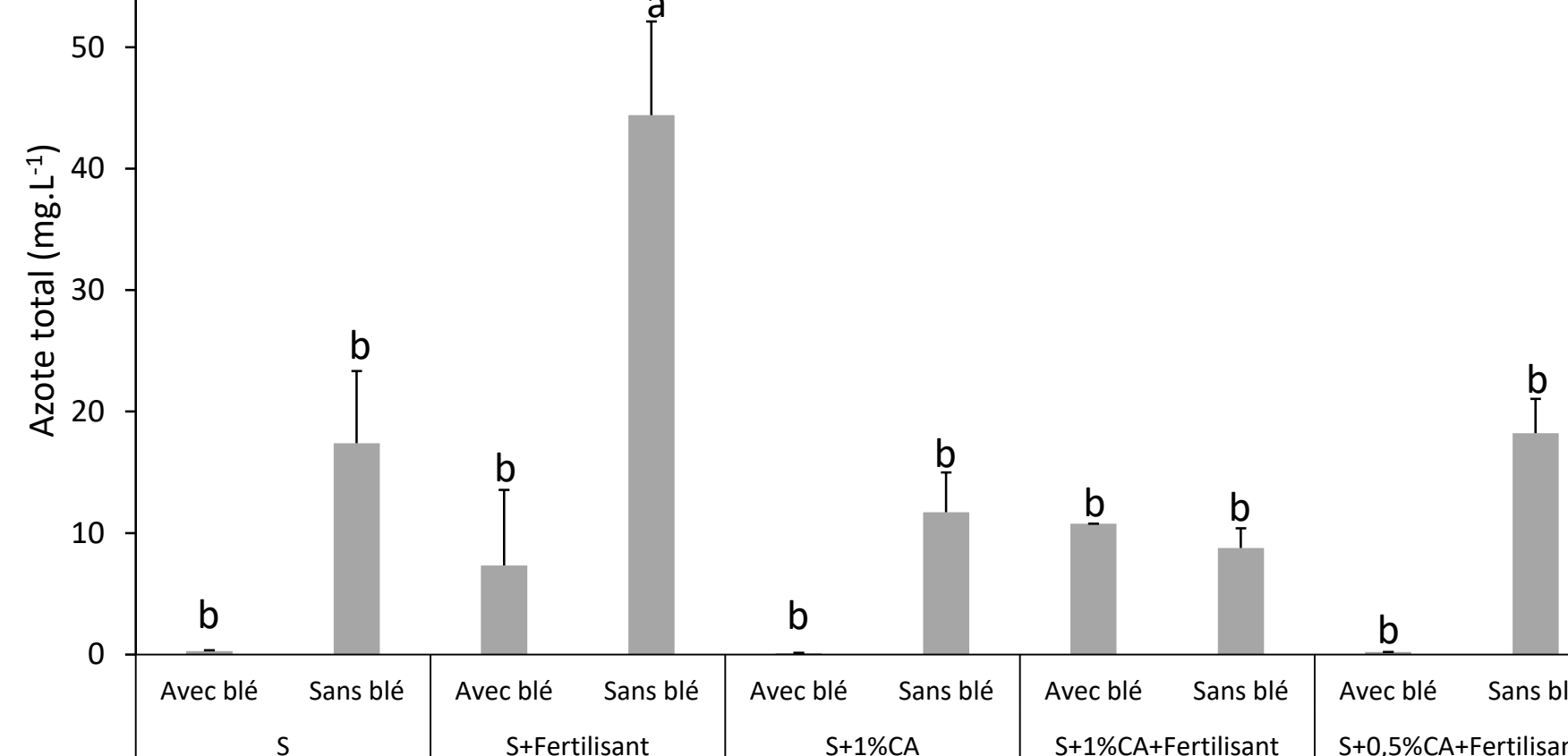
- Pas d'effet sur les propriétés du sol
- Diminution de l'activité microbienne

➔ Réaction primaire de la communauté microbienne à l'ajout d'un substrat riche en carbone récalcitrant

Percolat à 213 jours :

Taux d'azote

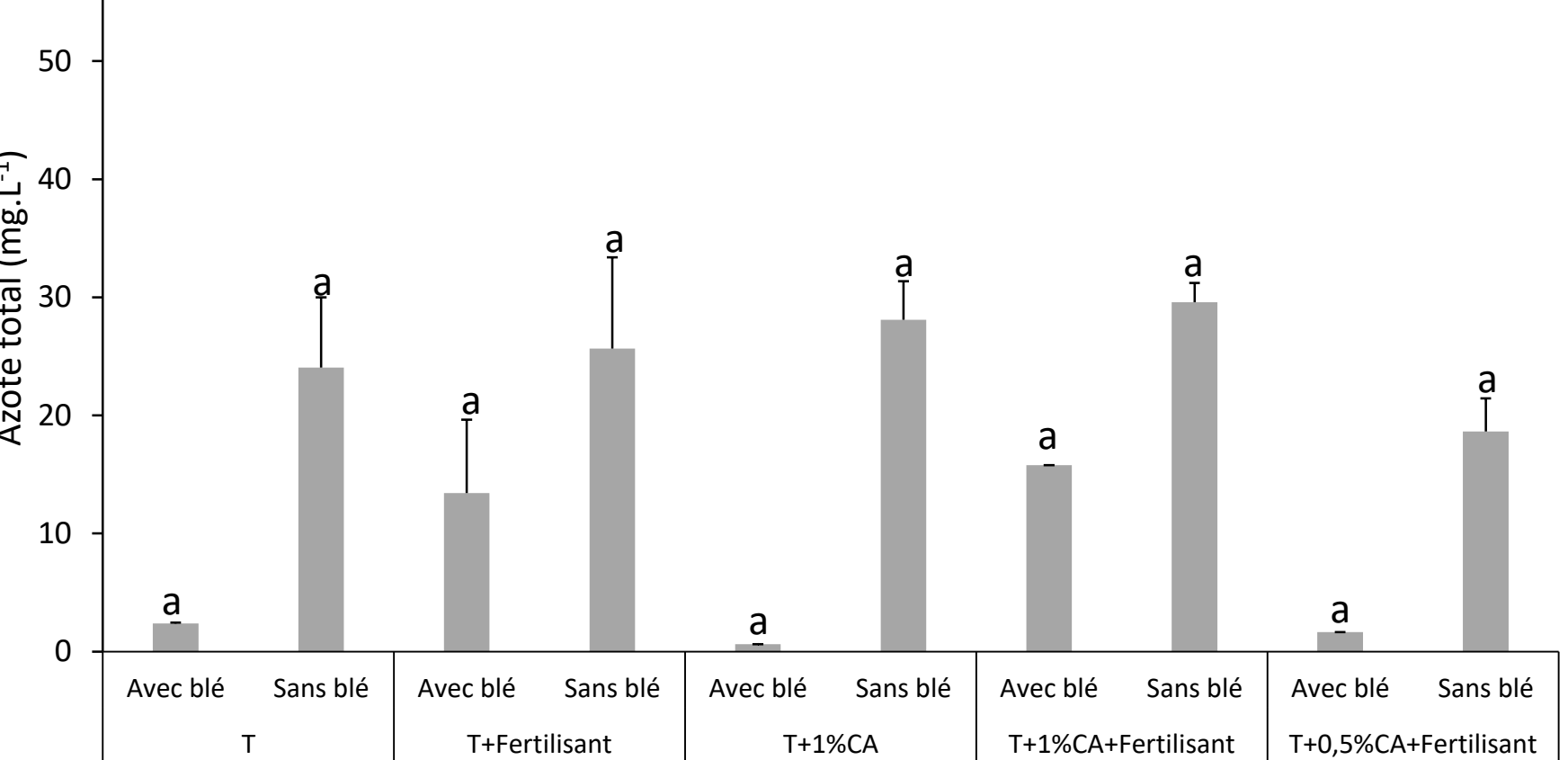
Sol de Saugy



Quantité d'azote percolée (mg.L⁻¹ sol) au 213^{ème} jour dans le sol de Saugy (gauche) et de Tournais (droite) amendé avec 0, 0,5 et 1% de charbon actif (CA), fertilisé ou non à l'azote et végétalisé ou non par du blé.

- ✓ Diminution du lessivage de l'azote avec l'ajout de charbon actif et/ou la présence de plante
- ✓ Pas de meilleur effet avec la combinaison charbon actif et couvert végétal

Sol de Tournais



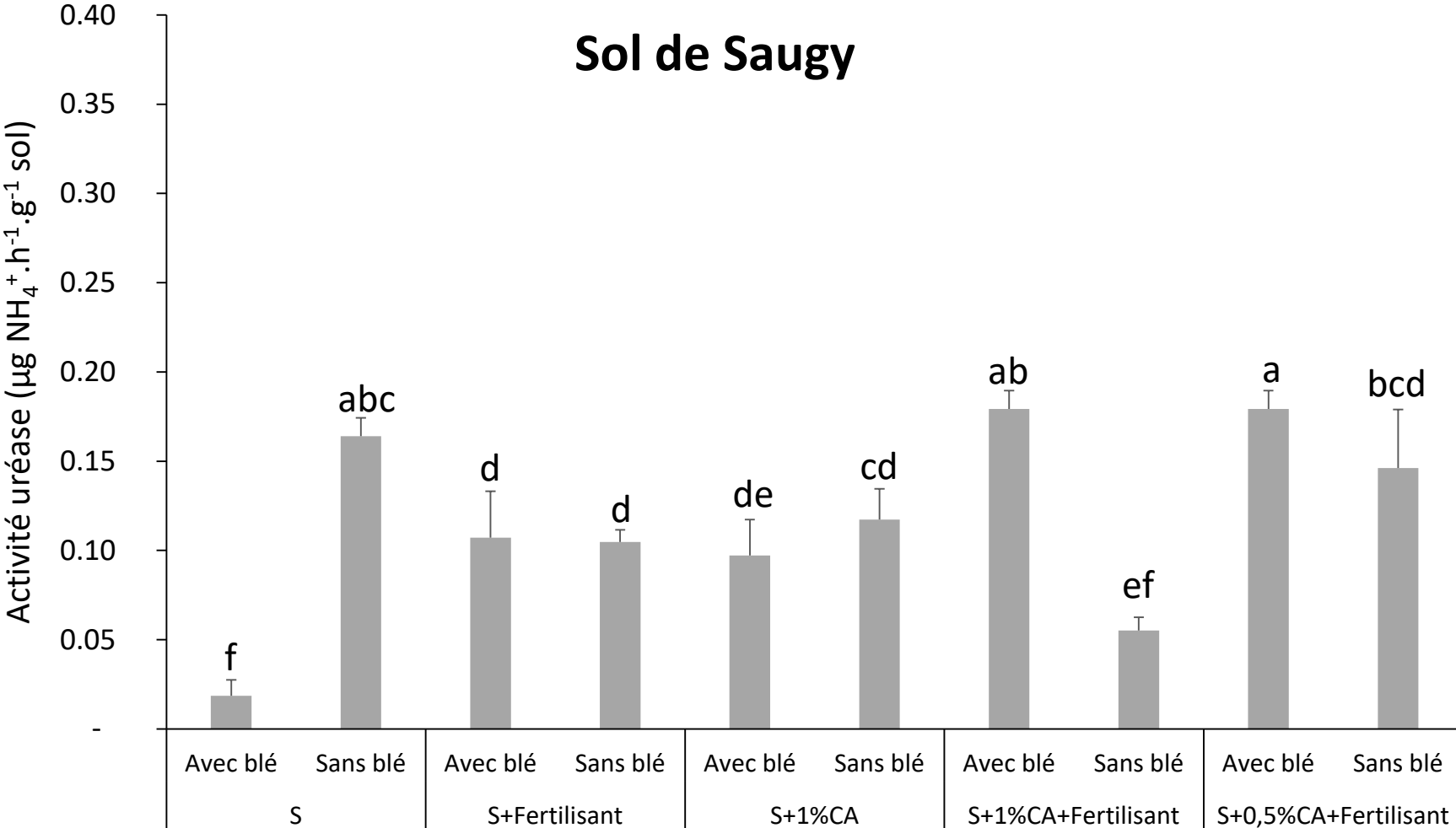
- ✓ Pas d'effet significatif de l'ajout de charbon actif ou de la présence de plante sur le lessivage de l'azote

➔ Capacité de rétention du charbon actif
➔ Consommation de l'azote par les plantes

Sols à la fin de l'expérience :

Activité uréase

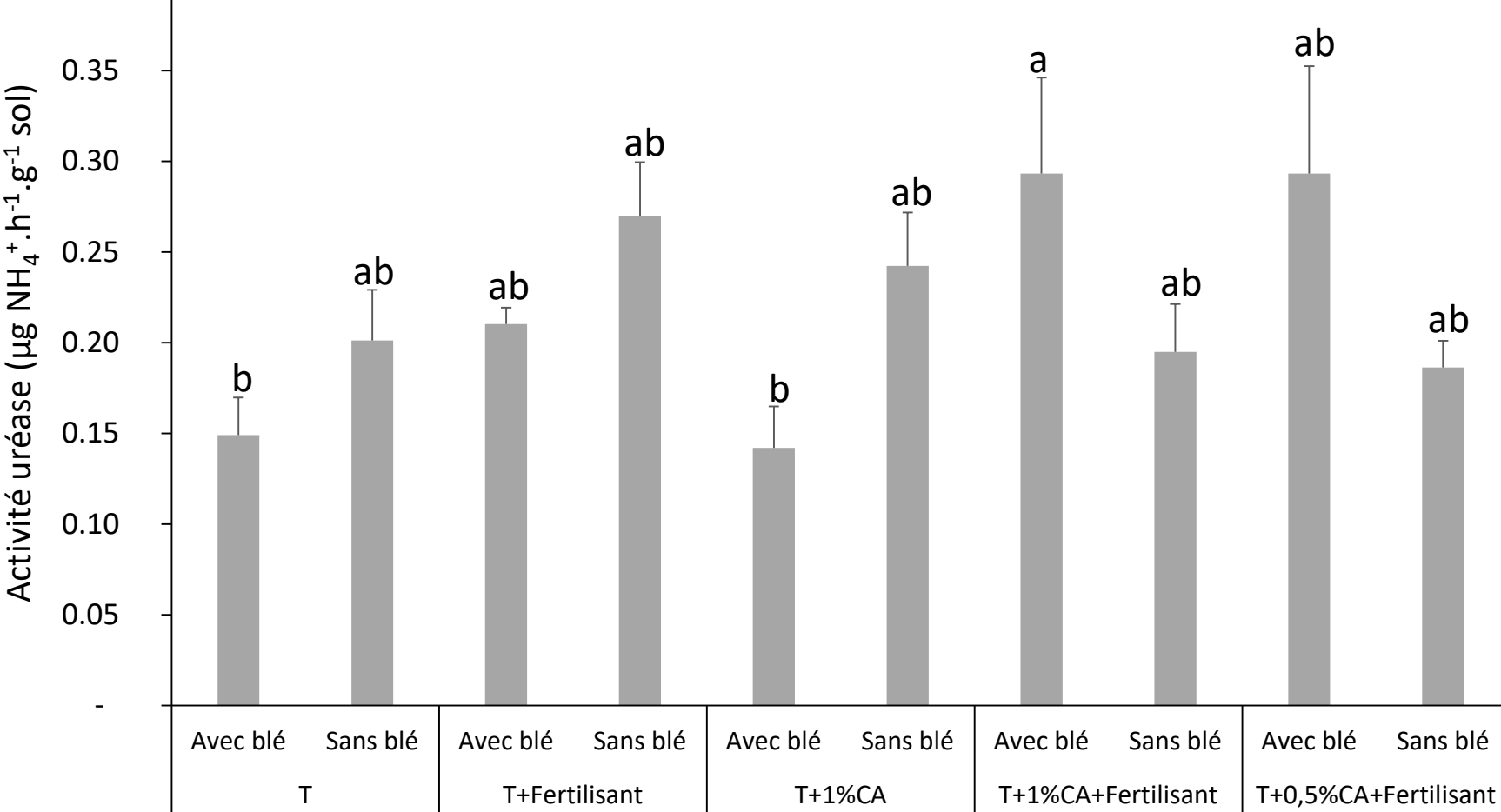
Sol de Saugy



Activité uréase (µg NH₄⁺.h⁻¹.g⁻¹ sol) mesurée en fin d'expérience dans le sol de Saugy amendé avec 0, 0,5 et 1% de charbon actif (CA), fertilisé ou non à l'azote et végétalisé ou non par du blé.

- ✓ Diminution de l'activité uréase avec l'ajout de fertilisant, de charbon actif ou la croissance du blé

Sol de Tournais



Activité uréase (µg NH₄⁺.h⁻¹.g⁻¹ sol) mesurée en fin d'expérience dans le sol de Tournais amendé avec 0, 0,5 et 1% de charbon actif (CA), fertilisé ou non à l'azote et végétalisé ou non par du blé.

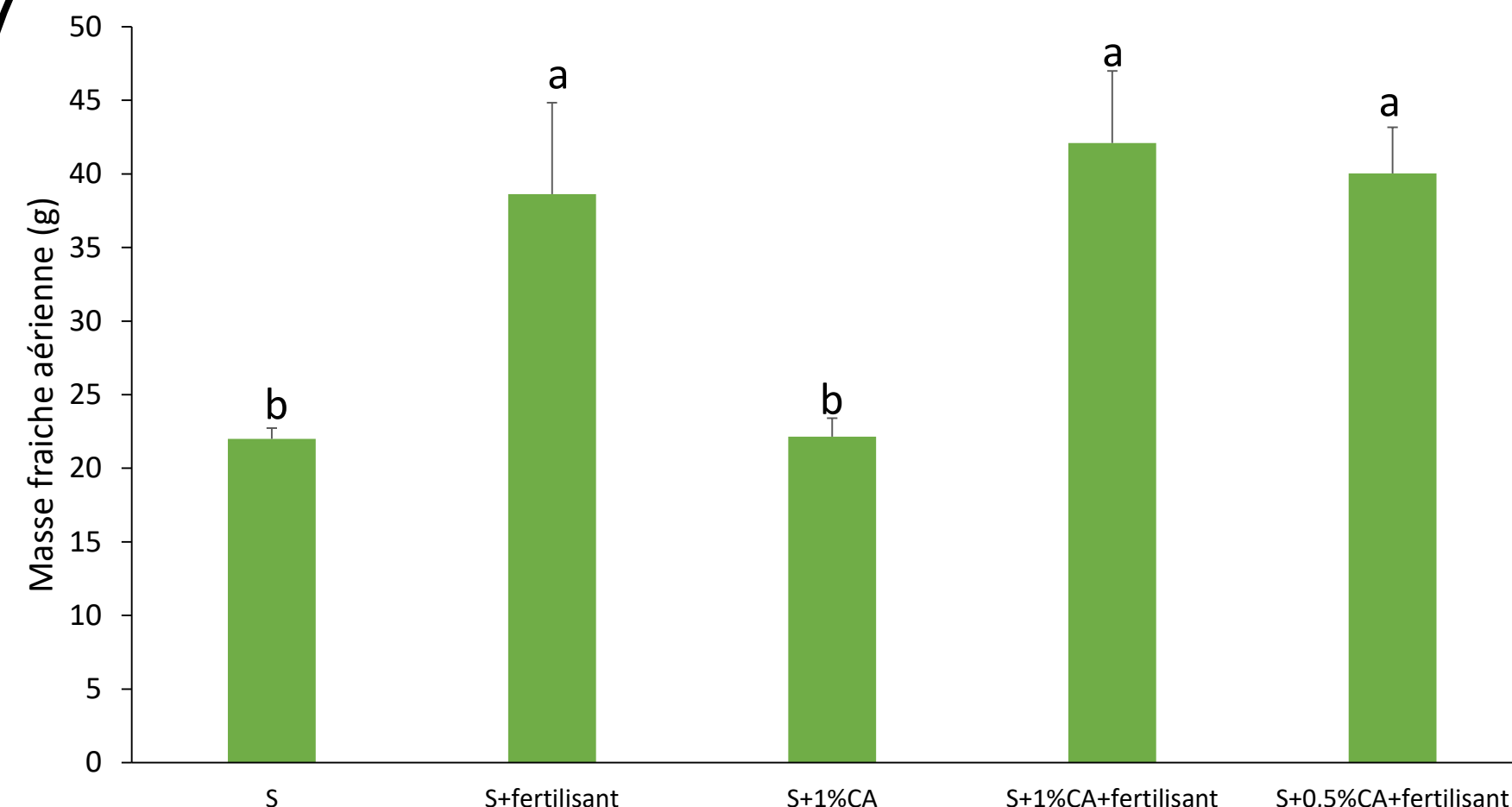
- ✓ Augmentation de l'activité uréase avec la combinaison 1% charbon actif, fertilisant et blé

➢ Effet dépendant du sol

Plantes à 234 jours :

Rendement

Sol de Saugy



Masse fraîche des plants de blé (g) après 234 jours de croissance sur le sol de Saugy (gauche) et de Tournais (droite) amendé avec 0, 0,5 et 1% de charbon actif (CA), et fertilisé ou non à l'azote.

- ✓ Augmentation de la biomasse aérienne avec l'ajout de fertilisant
- ✓ Pas d'effet du charbon actif

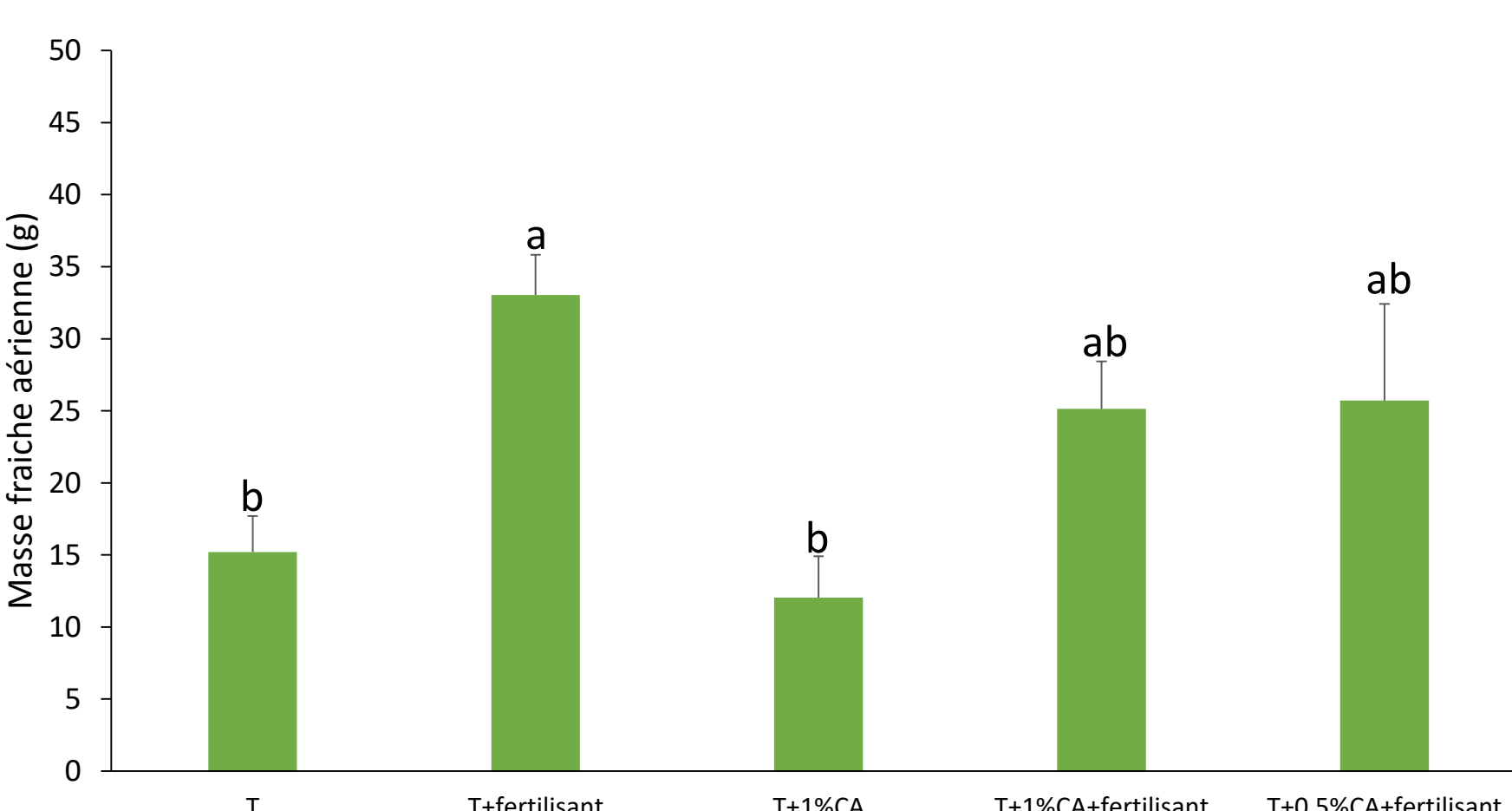
Taux de protéine des grains (%)	
S	12,25
S+Fertilisant	12,32
S+1%CA	12,42
S+1%CA+Fertilisant	14,94
S+0,5%CA+Fertilisant	12,86

- ✓ Augmentation du taux de protéine des grains avec l'ajout de 1% de charbon actif, associé à la fertilisation azotée

➢ Pas d'amélioration significative du rendement

➔ Pas de modification des propriétés du sol, notamment des éléments nutritifs
➔ Sorption de certains éléments comme l'azote

Sol de Tournais



- ✓ Augmentation de la biomasse aérienne avec l'ajout de fertilisant seul
- ✓ Pas d'effet du charbon actif

Taux de protéine des grains (%)	
T	15,06
T+Fertilisant	12,58
T+1%CA	13,96
T+1%CA+Fertilisant	15,96
T+0,5%CA+Fertilisant	14,89

- ✓ Augmentation du taux de protéine des grains avec l'ajout de 1% de charbon actif, associé à la fertilisation azotée
- ✓ Diminution du taux de protéine des grains avec l'ajout de 1% de charbon actif, ou du fertilisant seul

CONCLUSION

Après des tests de sorption en batch ainsi qu'un test de lixiviation en colonnes, un charbon actif parmi un panel de huit a été sélectionné, démontrant de grandes capacités de sorption et de diminution de lessivage du nitrate. Ce charbon actif a ensuite été utilisé dans un test en pot pour évaluer son potentiel à améliorer la fertilité des sols, diminuer le lessivage des nitrates et améliorer la croissance d'une plante céréalière d'intérêt, le blé. Bien que les résultats en batch et en colonnes montraient un fort potentiel de cet amendement, les résultats en pots ont été plus contrastés, et dépendants du sol. La fertilité du sol n'a globalement pas été améliorée, et son activité microbienne généralement diminuée. A propos du lessivage, l'effet bénéfique du charbon actif et de la présence de plante n'a été observé que dans le cas du sol de Saugy. Enfin, en ce qui concerne les plantes, seul un effet bénéfique de la fertilisation azotée sur la croissance des plantes et le taux de protéine des grains a été observé, mais pas d'effet du charbon actif.

Remerciements : à la Région Centre-Val de Loire pour son soutien financier au projet BioFertil et Mlle H. Guei