



La fertilité des sols
dans les systèmes fourragers

Journées AFPF (8 - 9 avril 2015 – Paris)

Incidence d'apports réguliers d'engrais de ferme
sur des indicateurs de fertilité du sol sous prairie et
rotation de cultures annuelles:
bilan sur 2 essais de longue durée

A. Bouthier¹, R. Trochard²

¹ : ARVALIS-Institut du Végétal, Station du Magneraud, 17700 Saint-Pierre-d'Amilly ;

² : ARVALIS-Institut du Végétal, Station de La Jaillière, 44370 La-Chapelle-Saint-Sauveur

Mesure de paramètres de fertilité du sol (0-25 cm) après 9 ou 10 ans d'apports de différents types d'engrais de ferme sur:

2 sites expérimentaux,
et 2 systèmes de culture sur chaque site:

La Jaillière (44)

(ARVALIS)

Limon argileux humide sur altérite de schiste

- Rotation maïs fourrage-blé
- Prairie fauchée (ray-grass anglais)
- ☐ 1995-2005



Photo du dispositif de Jeu les bois

Jeu les bois (36)

(ARVALIS- CA36, CA18, CA23, CA87)

Sol sablo-limoneux humide drainé sur argile de Brenne

- Rotation colza-blé
- Prairie fauchée (ray-grass anglais, puis fétuque élevée)
- ☐ 1999-2009

Mesure de paramètres de fertilité du sol (0-25 cm) après 9 ou 10 ans d'apports de différents types d'engrais de ferme:

Essais conduits selon le même protocole: connaître la valeur fertilisante azote de différents types d'engrais de ferme apportés annuellement et sa variabilité interannuelle

- ❖ Fumure minérale seule: courbe de réponse à l'azote (ammonitrate)
- ❖ Engrais de ferme avec dose d'apport calée sur un objectif d'apport de N total (entre 100 et 200 selon produits et cultures), sans fumure minérale complémentaire

Apports d'engrais de ferme sur l'essai de La Jaillière

Modalité	Dose moyenne annuelle (t/ha) de produit brut sur la rotation (objectif 100 kg N/ha sur maïs et 200 sur blé)	Dose moyenne annuelle (t/ha) de produit brut sur la prairie (objectif 200 kg N/ha)
Fumier brut de bovins (FB)	19	23.3
Fumier brut de porcs (FP)	14.5	19.6
Fumier brut de volailles (FV)	5.4	7.3
Fumier composté de bovins (CB)	18.2	21
Fumier composté de porcs (CP)	13.1	18
Fumier composté de volailles (CV)	6.9	8

Apports d'engrais de ferme sur l'essai de Jeu les Bois

Modalité	Dose moyenne annuelle (t/ha) de produit brut sur la rotation	Dose moyenne annuelle (t/ha) de produit brut sur la prairie
Fumier brut de bovins 100 kg N/ha (FB1)	13.9	12.4
Fumier brut de bovins 200 kg N/ha (FB2)	27.8	24.9
Fumier composté de bovins 100 kg N/ha (CB1)	14.6	14.1
Fumier composté de bovins 200 kg N/ha (CB2)	27.9	27
Fumier de volailles 100 kg N/ha (FV)	3.3	2.9
Lisier de porcs 100 kg N/ha (LP)	22.5	19.2

Mesures de paramètres de fertilité physique, chimique et biologique de la couche arable après 9 ou 10 ans d'apports

2006 à 2008 sur La Jaillière, 2008 à 2010 sur Jeu les Bois

Fertilité chimique

- MO (C et N)
- P2O5 diffusible et Olsen
(INRA Bordeaux)
- K2O, MgO échangeables
- pH eau

Fertilité physique

- Stabilité structurale
- Humidités caractéristiques
(INRA Orléans)
- Conductivité hydraulique, porosité
(INRA Rennes)
- Limite plasticité

Fertilité biologique

- Minéralisation C et N (labo et champ)
- Biomasse microbienne
- Champignons pathogènes
(INRA Dijon)

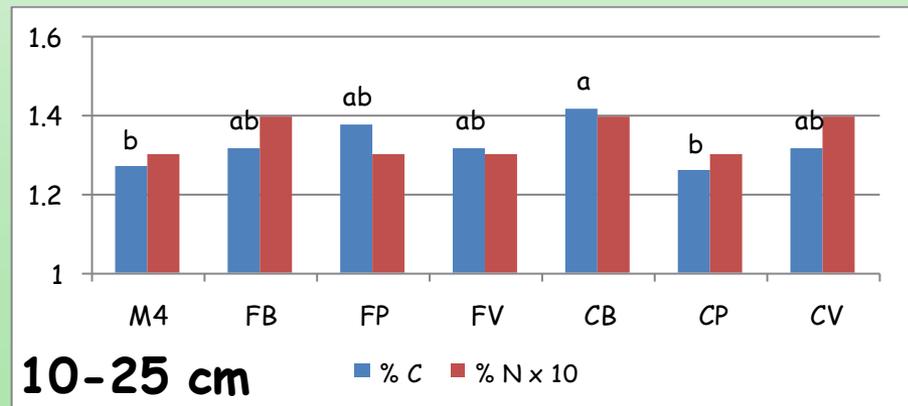
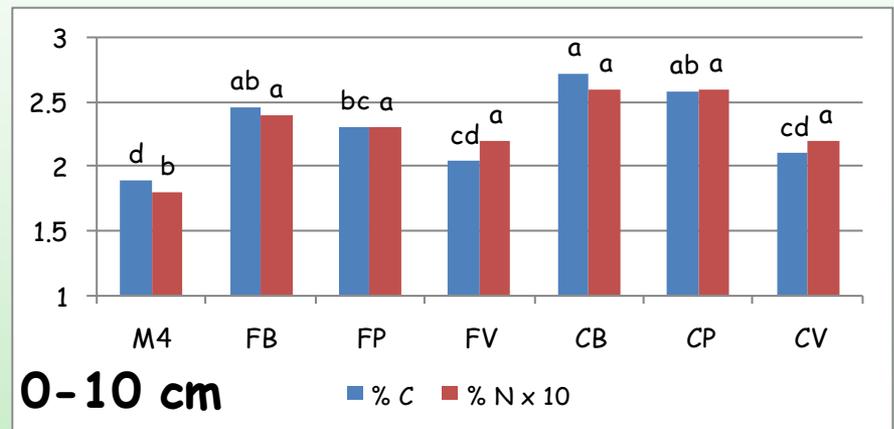
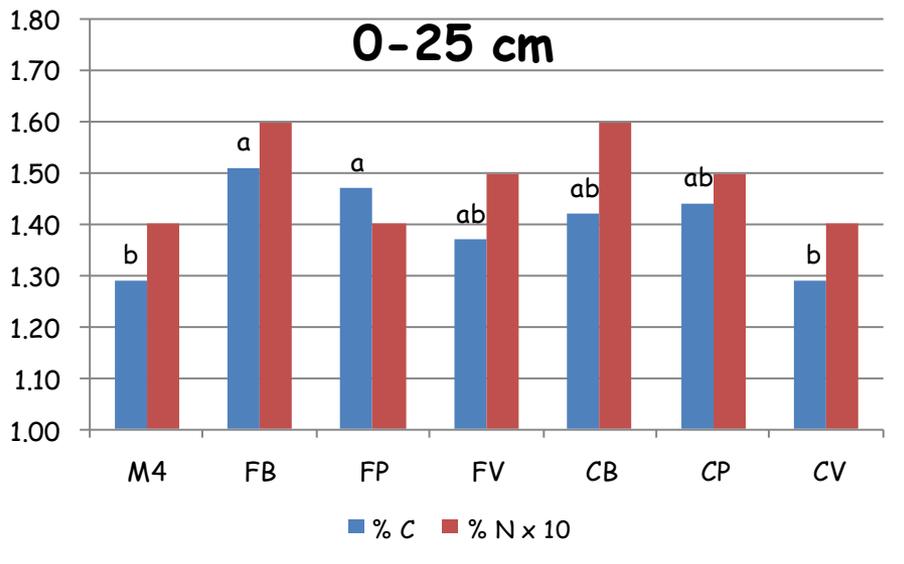
Un effet marqué sur les teneurs en carbone et azote organique

La Jaillière maïs-blé

Teneur initiale 1.52 % C, 0.16 % N

La Jaillière prairie

Teneur initiale 1.37 % C, 0.15 % N



Etiquettes: groupes statistiques Newman et Keuls
Effet non significatif au seuil 5 %, si groupes non mentionnés

un effet marqué sur les teneurs en carbone et azote organique

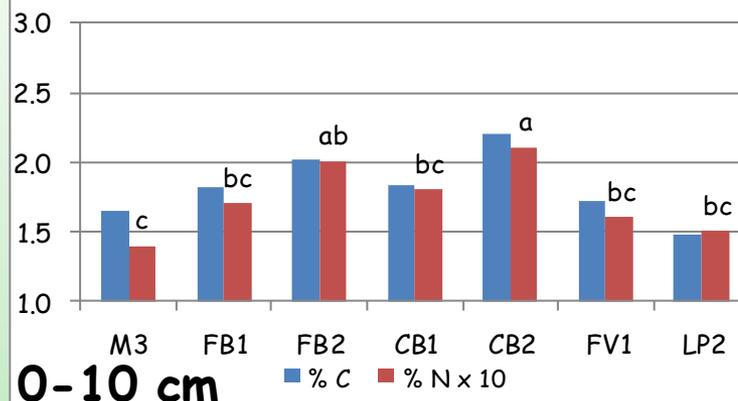
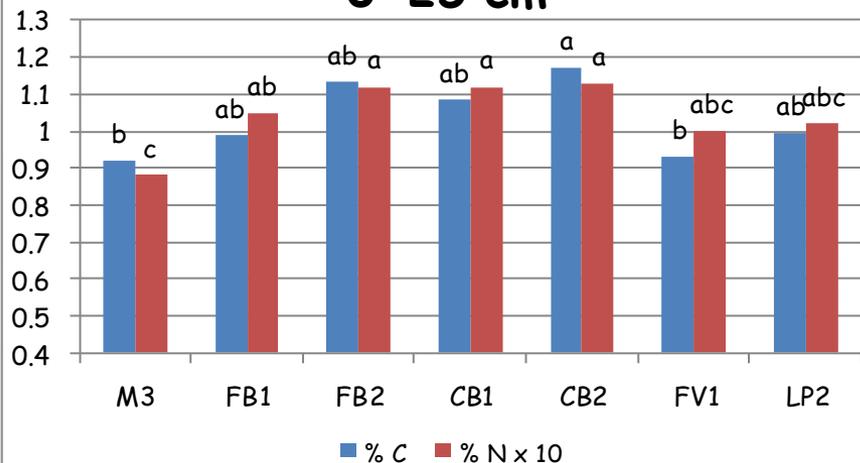
Jeu les Bois colza-blé

Teneur initiale 1 % C, 0.11 % N

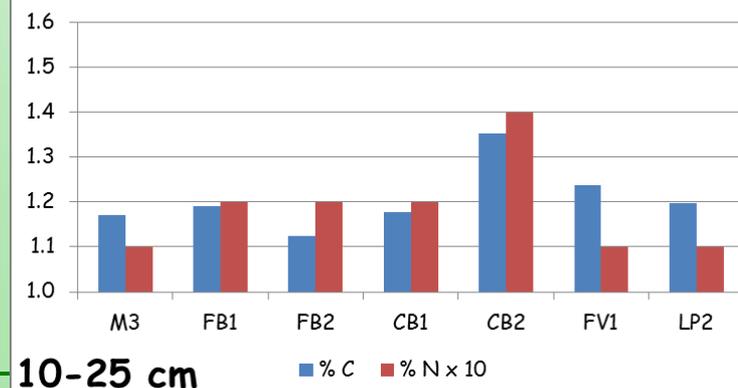
Jeu les Bois prairie

Teneur initiale 1.2 % C, 0.09 % N

0-25 cm



0-10 cm

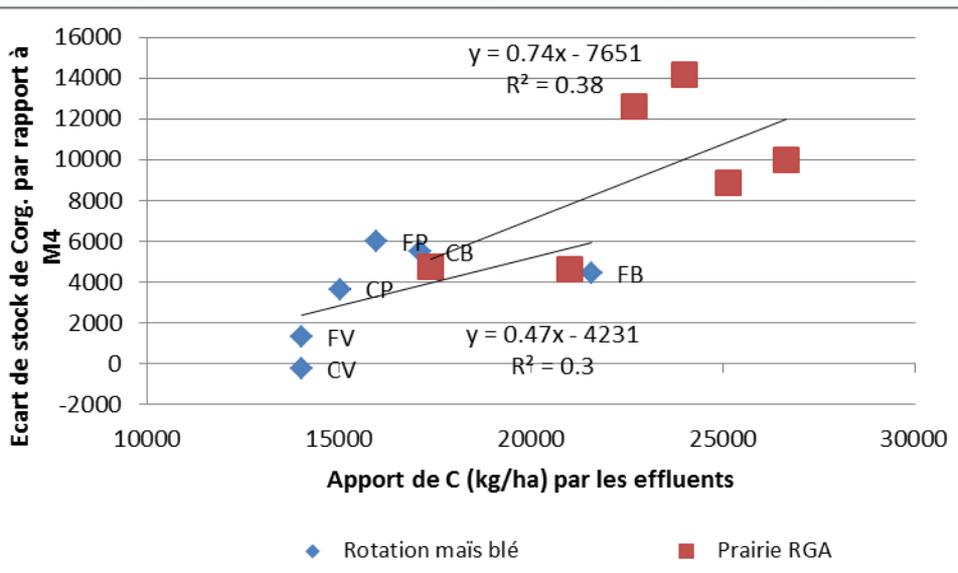


10-25 cm

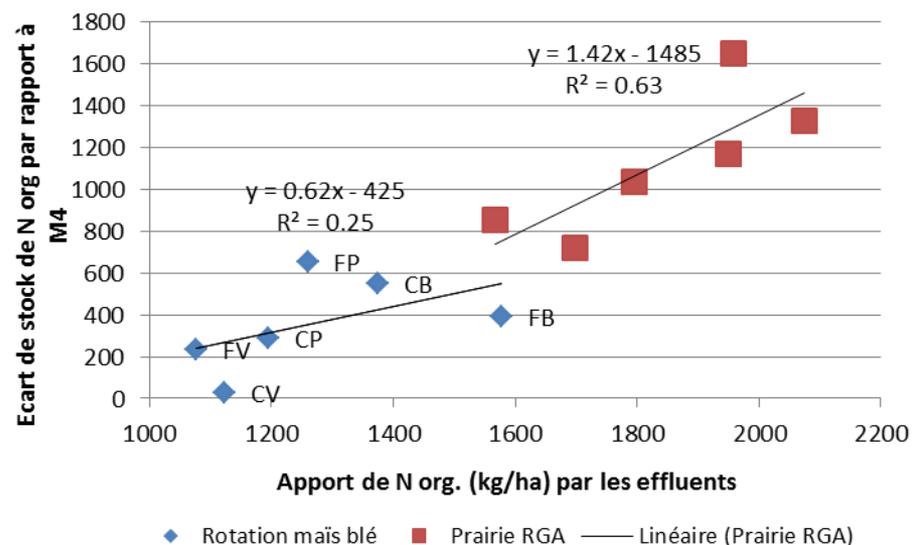
Etiquettes: groupes statistiques Newman et Keuls
Effet non significatif au seuil 5 % si groupes non mentionnés

Une augmentation de stock de C et N et doses apportées: La Jaillière

Apports et stockage de C par rapport à M4

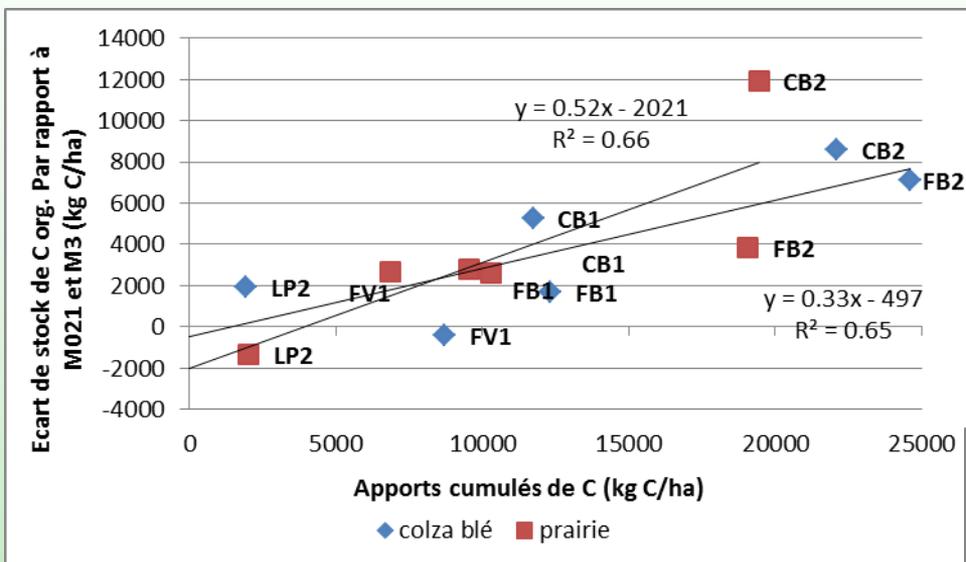


Apports et stockage de N par rapport à M4

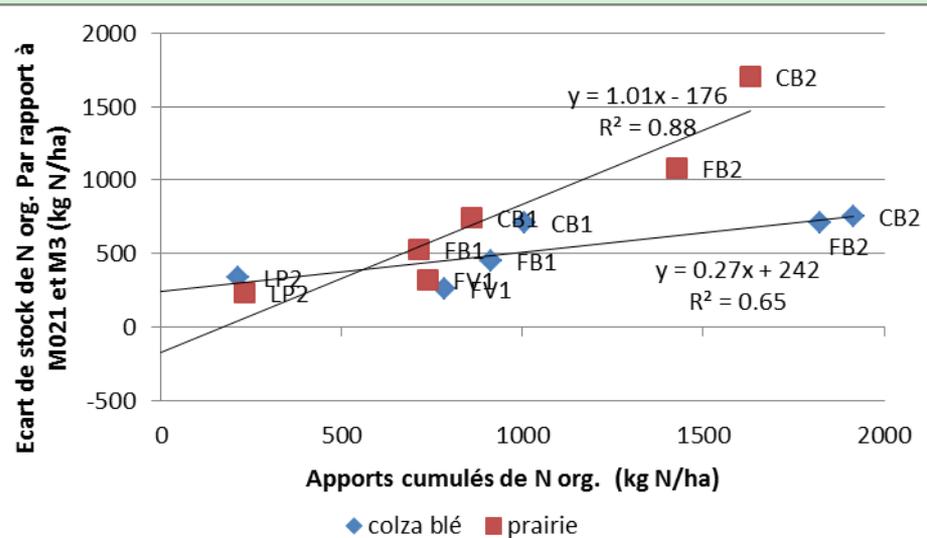


Une augmentation de stock de C et N et doses apportées: Jeu les Bois

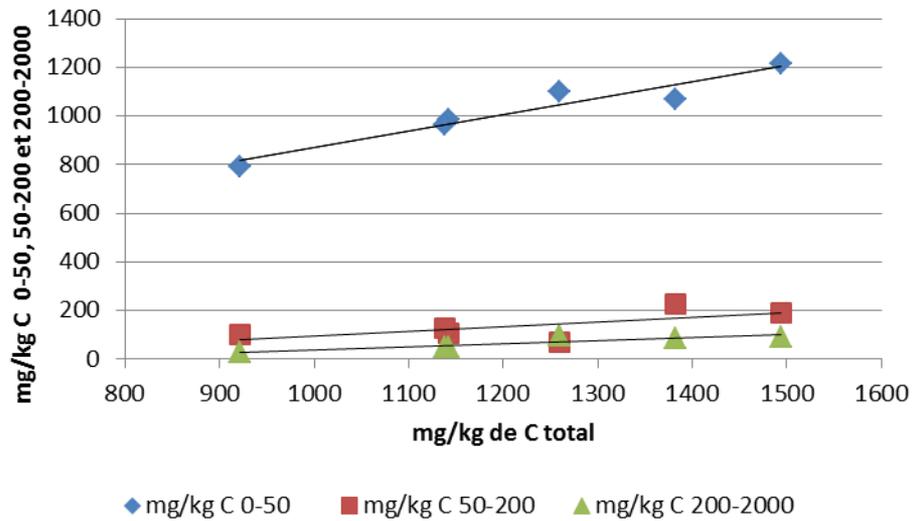
Apports et stockage de C par rapport à M3 et M021



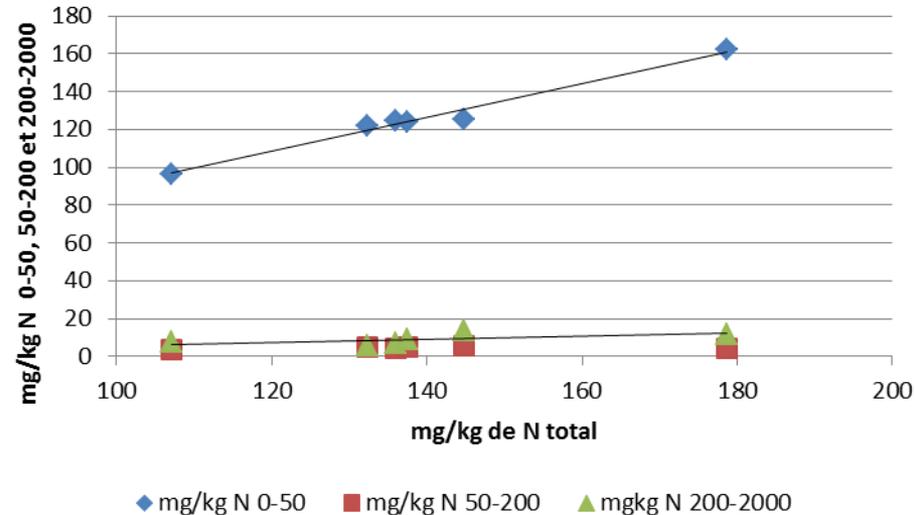
Apports et stockage de N par rapport à M3 et M021



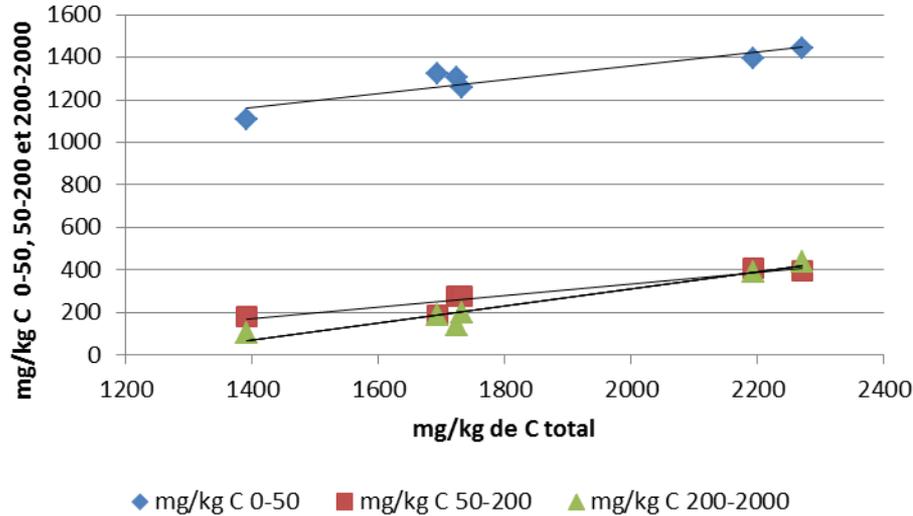
Modification de la composition du C et du N stocké: Jeu les Bois rotation



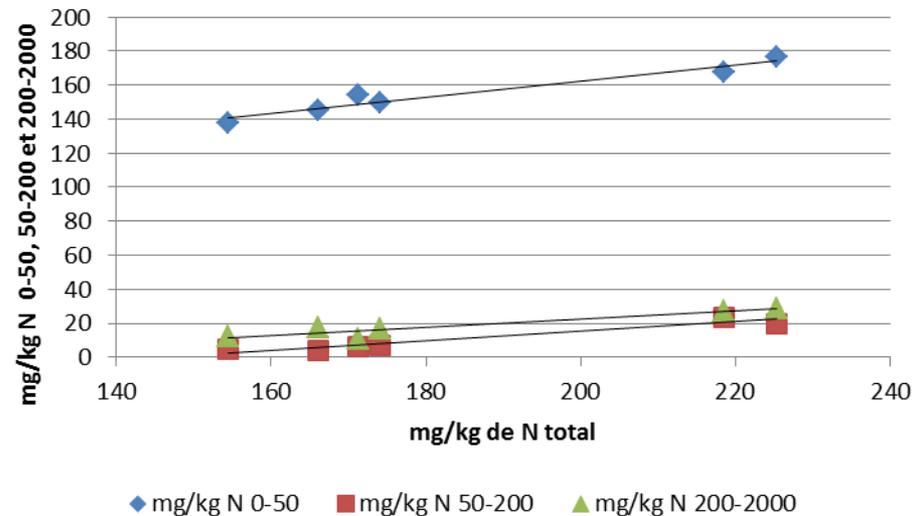
Un stockage de C et de N dans la fraction fine (0-50 μ) plus important



Modification de la composition du C et du N stocké: Jeu les Bois prairie

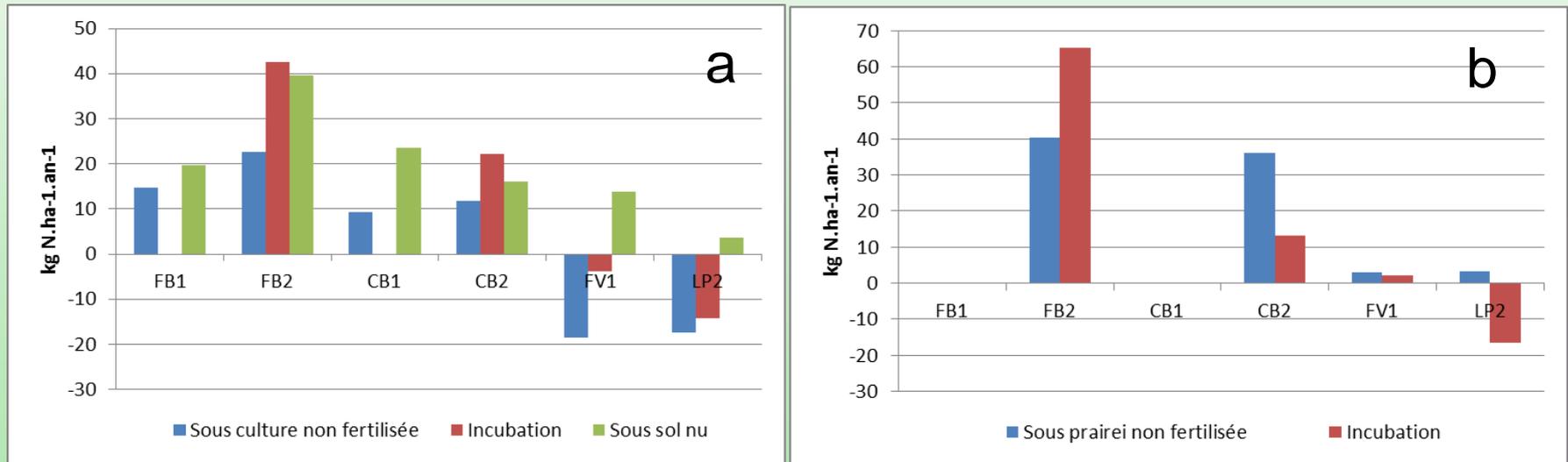


Un stockage de C et de N dans les fractions moyennes et grossières plus important que sur la rotation



Un supplément de fourniture d'azote par minéralisation en lien avec les historiques d'apports d'engrais de ferme: Jeu les bois

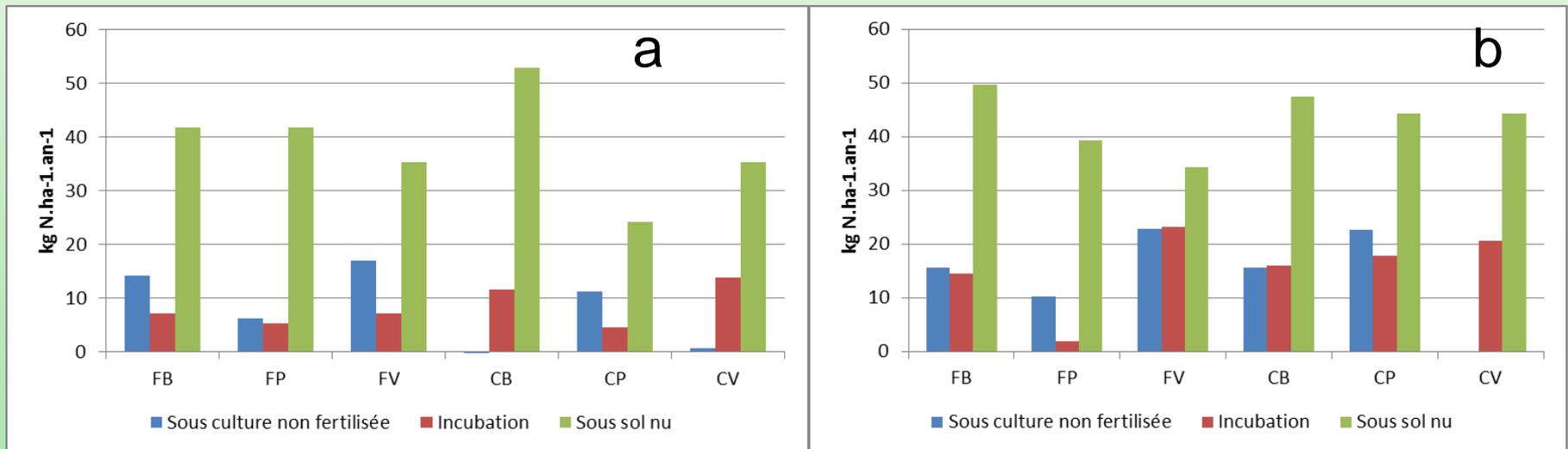
Écart de minéralisation nette annuelle par rapport à la modalité en fertilisation minérale seule, mesurée selon 3 méthodes dans l'essai rotation (a) et dans l'essai prairie (b) sur le dispositif de Jeu-les-Bois.



Minéralisation N plus importante sur la modalité FB2 sur la rotation comme sur la prairie

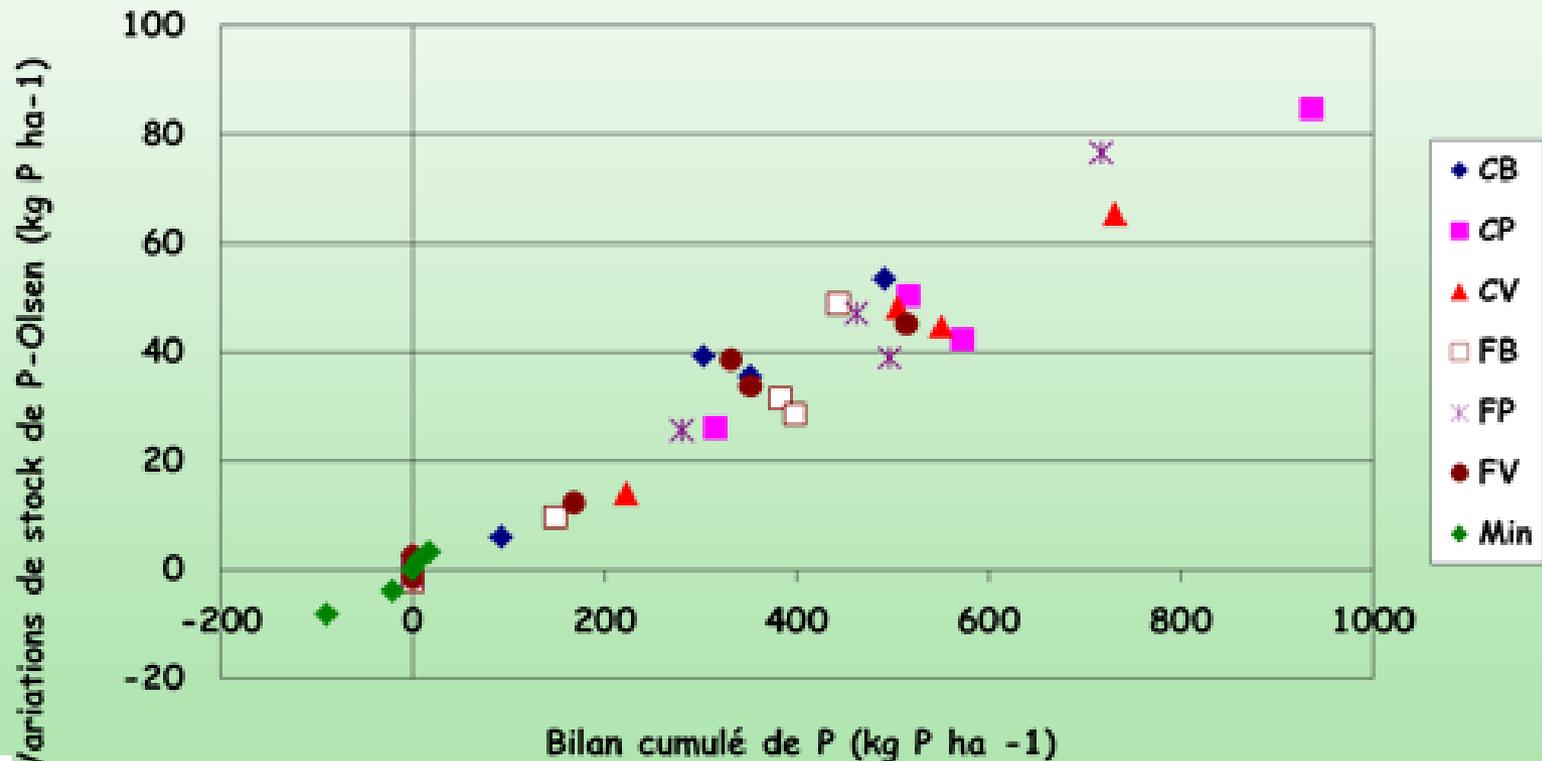
Un supplément de fourniture d'azote par minéralisation en lien avec les historiques d'apports d'engrais de ferme: La Jaillière

Ecart de minéralisation nette annuelle par rapport à la modalité en fertilisation minérale seule, mesurée selon 3 méthodes dans l'essai rotation (a) et dans l'essai prairie (b) sur le dispositif de La Jaillière.



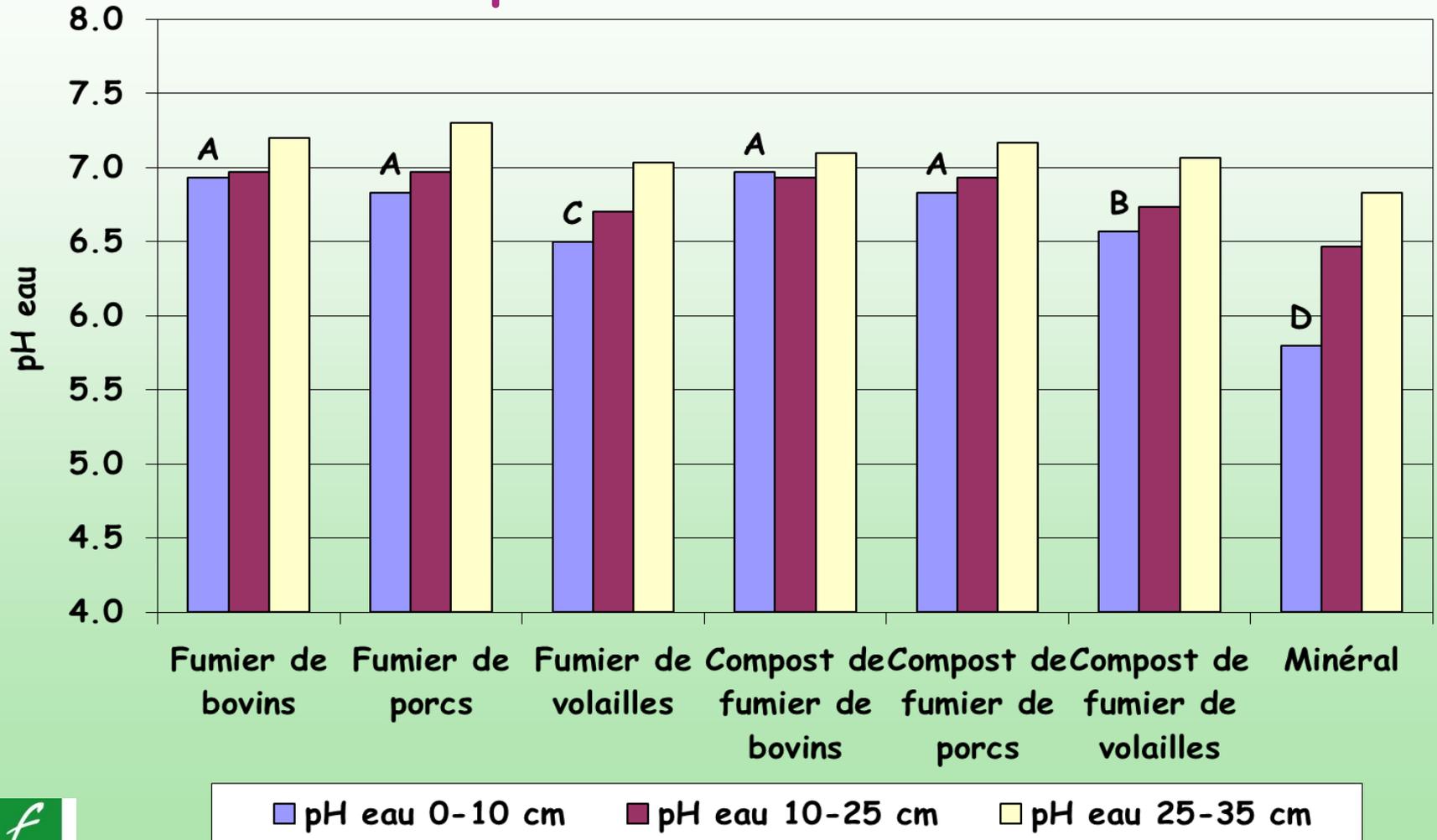
Une biodisponibilité du phosphore potassium et magnésium peu différente entre les engrais de ferme

Essais maïs blé et RGA (La Jaillière 1995-2006)



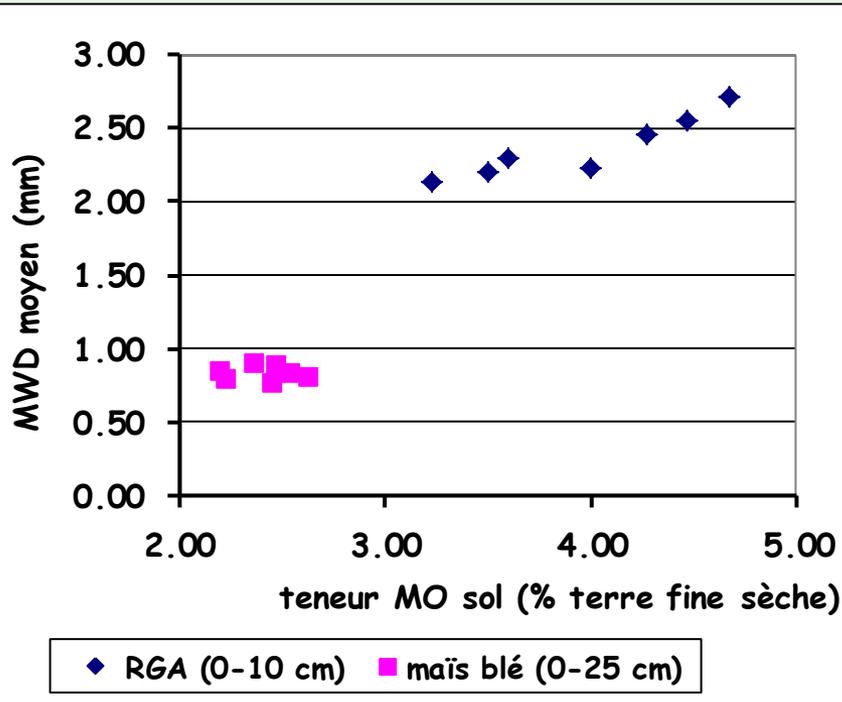
Les engrais de ferme ne sont pas acidifiants

Essai prairie de La Jaillière

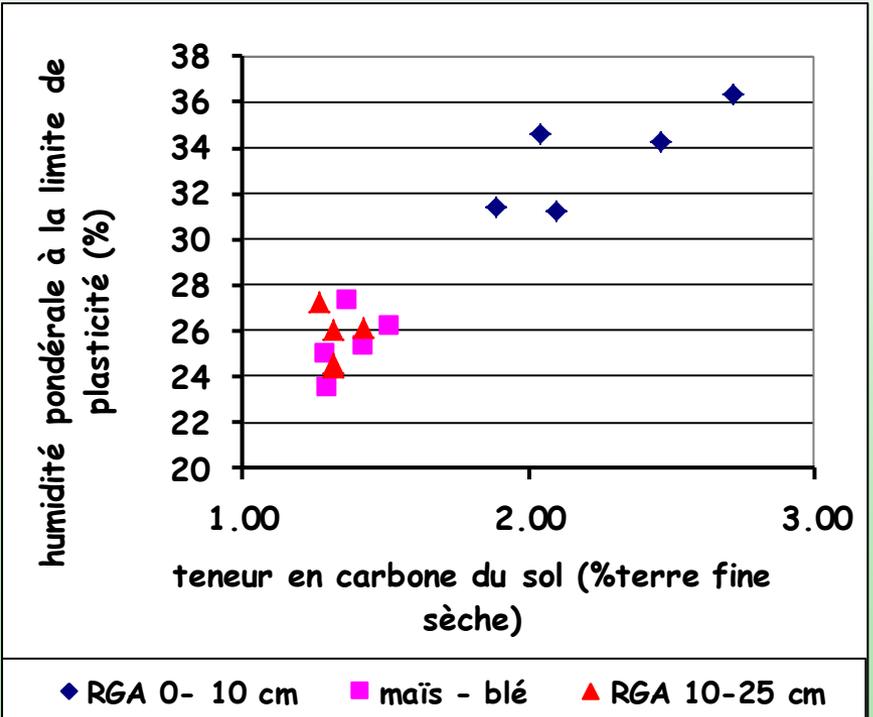


Des effets sur la stabilité structurale et la limite de plasticité visibles seulement dans 0-10 cm de la prairie

Relation entre la teneur en carbone et le MWD moyen des essais maïs blé et RGA, La Jaillière (2006)



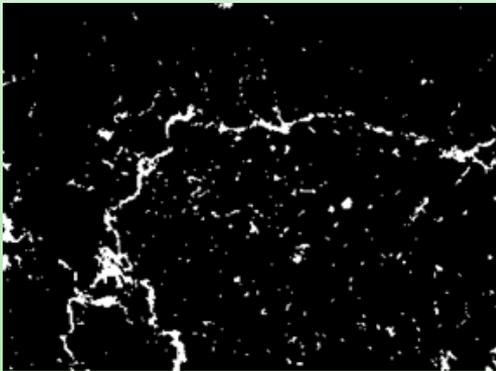
Teneur en carbone et humidité pondérale (g/100 g de terre fine sèche) à la limite de plasticité, La Jaillière (2006)



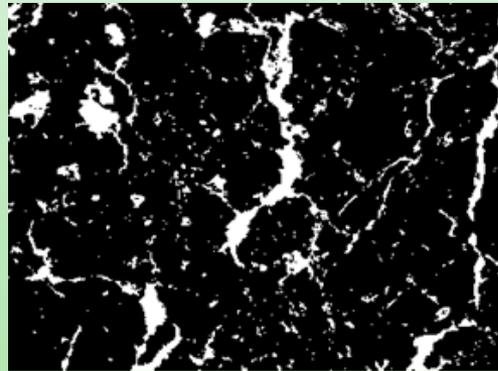
Un effet des apports répétés d'engrais de ferme sur la macroporosité de la couche labourée quantifiée par analyse d'image

Sur les deux sites, les apports organiques augmentent la macroporosité d'assemblage: pores allongés d'origine pour partie biologique

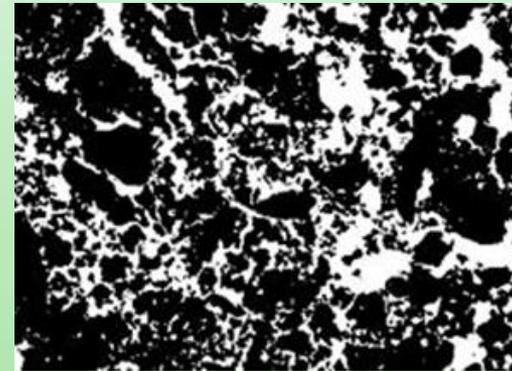
Structures types selon les modalités sur échantillons prélevés en 2009 dans l'essai en rotation de Jeu les Bois. Les macropores apparaissent en blanc sur fond noir.



M3



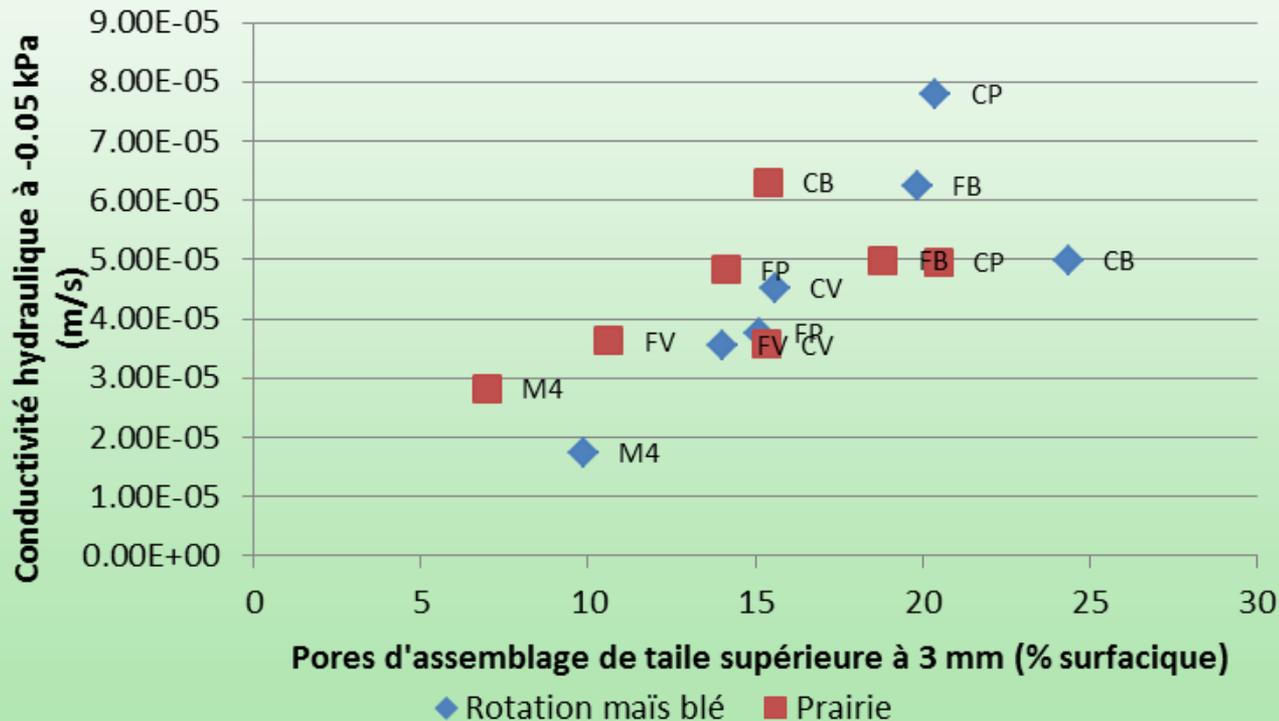
FB1



FB2, CB2

Macroporosité et conductivité hydraulique de la couche labourée

Evolution de la conductivité hydraulique à -0,05 kPa en fonction du % surfacique des pores d'assemblage de rayon équivalent supérieur à 3 mm (La Jaillière)



Conclusions (1)

- Stockage de C et N organique des engrais de ferme en lien avec doses de C et N apportées et en tendance plus élevé sous prairie.
 - *Effet des engrais de ferme sous estimé: restitution de C et N par les résidus de culture plus faible dans les modalités avec engrais de ferme*

- C et N stockés, majoritairement sous des formes stables (plus stables en rotation qu'en prairie).
 - *Stockage durable*
 - *Confirmé sur d'autres essais de longue durée (CASDAR 7089)*

Conclusions (2)

- Impact sur la fourniture d'azote du sol significative seulement pour les doses les plus élevées.
 - *Pas de lien avec stockage sur La Jaillière*
 - *Plus forte pour FB que CB sur Jeu les bois*

- P, K, Mg des engrais de ferme ont une biodisponibilité équivalente dans le sol.

- La conductivité hydraulique en lien avec la macroporosité d'origine biologique est la propriété physique la plus influencée par les apports
 - *Ressuyage plus rapide de la couche labourée*

- Effet stabilité structurale, limite de plasticité seulement sur 0-10 cm de la prairie

Merci de votre attention