

EFFETS D'APPORTS RÉPÉTÉS DE FUMIERS STOCKÉS ET COMPOSTÉS SUR LE STATUT ORGANIQUE DU SOL.

BOUTHIER Alain¹, TROCHARD Robert², MORVAN Thierry³

¹ ARVALIS Institut du végétal, Saint Pierre d'Amilly 17700 ; a.bouthier@arvalisinstitutduvegetal.fr,

² ARVALIS Institut du végétal, La Jaillière La Chapelle Saint Sauveur 44370, r.trochard@arvalisinstitutduvegetal.fr,

³ INRA, Agrocampus Rennes, UMR 1069, Sols, Agronomie, Spatialisation, F-35000 Rennes. morvan@rennes.inra.fr

Contexte et objectifs

Les produits organiques issus d'élevages représentent une source de fertilisation azotée importante mais dont la valeur azote reste encore difficile à évaluer avec précision. En effet, l'azote contenu dans ces produits est présent sous différentes formes, minérales et organiques, disponibles pour les cultures dans des délais très variables, de quelques jours pour les formes minérales à plusieurs années (voire plusieurs dizaines d'années) pour certaines formes organiques.

On distingue ainsi des effets azote à court terme liés à la fraction minérale et à la fraction organique minéralisable au cours des 12 à 24 mois suivant l'apport, et des effets azote à long terme, liés à la fraction plus stable de l'azote organique. Cette dernière, qui représente la plus grande part de l'azote contenu dans les fumiers et composts, est intégrée dans le stock d'azote organique du sol et contribue à long terme, à une modification du statut organique du sol et du potentiel de minéralisation des matières organiques du sol.

L'estimation des effets d'apports répétés de produits organiques sur l'évolution du stock d'azote organique du sol et sur le potentiel de minéralisation d'azote nécessite des références expérimentales de longue durée, très peu nombreuses.

Deux expérimentations conduites par ARVALIS-Institut du végétal dans l'ouest de la France, visant à évaluer la valeur azote de quelques produits organiques issus d'élevages, ont fait l'objet d'un bilan analytique après 10 années de suivi en vue d'évaluer le stockage de carbone et d'azote organique résultant des apports de produits organiques.

Matériel et méthodes

Les deux expérimentations ont été conduites sur les sites de La Jaillière (44) de 1996 à 2005, et du Rheu (35) de 1995 à 2005. Les produits étudiés sur le site de La Jaillière étaient des fumiers bruts et compostés de bovins, de porcins et de volailles apportés tous les ans sur une parcelle en rotation maïs fourrage blé avec pailles exportées et sur prairie de ray-grass anglais (tableau 1). Les produits étudiés sur le site du Rheu étaient des fumiers bruts et compostés de bovins et de porcins apportés tous les ans au printemps sur une parcelle en monoculture de maïs fourrage (tableau 2). Les fumiers compostés de bovins et de porcins y étaient apportés à 3 doses.

Le sol de La Jaillière est un limon moyennement profond hydromorphe drainé sur altérite de schiste. Le sol du Rheu est un limon profond moyennement hydromorphe. Les principales caractéristiques de l'horizon labouré analysées en 1995, sont présentées dans le tableau 3.

Tableau 1 : Dose moyenne de produit brut et d'azote total apportée annuellement par les fumiers et composts sur l'essai de La Jaillière sur la rotation maïs-blé et sur le ray-grass anglais.

Traitements	t/ha de produit brut		Dose d'azote total kg N/ha	
	Rotation maïs-blé	Ray-grass anglais	Rotation maïs-blé	Ray-grass anglais
Fumier de bovins (FB)	18.2	21	158	218
Fumier de porcins (FP)	13.2	18	138	216
Fumier de volailles (FV)	6.9	8.1	141	176
Compost de fumier de bovins (CB)	19.1	23.3	183	206
Compost de fumier de porcins (CP)	14.4	19.6	151	198
Compost de fumier de volailles (CV)	5.5	7.3	140	201

Tableau 2 : Dose moyenne de produit brut et d'azote total apportée annuellement par les fumiers et composts sur l'essai du Rheu

Traitements	t/ha de produit brut	Dose d'azote total kg N/ha
Fumier de bovins (FB)	25	154
Compost de fumier de bovins (CB1)	12	92
Compost de fumier de bovins (CB2)	24	185
Compost de fumier de bovins (CB3)	36	277
Fumier de porcins (FP)	27	154
Compost de fumier de porcins (CP1)	13	93
Compost de fumier de porcins (CP2)	26	187
Compost de fumier de porcins (CP3)	37	281

Tableau 3 : caractéristiques de la couche arable sur les deux sites expérimentaux

	Argile %	MO %	pHeau	CEC Metson
La Jaillièrè	19.2	2.4	6.9	12.4
Le Rheu	14.3	1.6	5.6	5.6

Les traitements avec apports de produits organiques, n'ont pas reçu de fumure azotée minérale. Un traitement témoin non fertilisé et plusieurs traitements avec des doses d'azote minéral ont également été mis en place.

Les apports de produits organiques ont été arrêtés à partir de la campagne 2005-2006 et des prélèvements de sol ont été effectués en 2006 sur l'horizon 0-25 cm de chacune des parcelles. Les teneurs en carbone (C) et en azote (N) organique, la densité apparente de la terre fine et le pourcentage volumique de cailloux ont été mesurés sur cet horizon pour calculer le stockage de C et N. Le fractionnement granulométrique de la MO du sol a également été réalisé sur ces échantillons de sol, selon le protocole décrit par Balesdent (1996). Les fractions 200-2000 μ et 50-200 μ ont été extraites par tamisage sous eau de 100 g de sol préalablement mis en agitation pendant 10 h dans des flacons contenant une solution saline (KCl 1 M) et des billes de verre. Les fractions recueillies après tamisage ont été séchées à 104°C, pesées et finement broyées. Les teneurs en C et N des fractions ont été mesurées par analyse élémentaire.

Les effets des apports d'azote organique sur le stockage de carbone et d'azote organique dans l'horizon 0-25 cm, ont été évalués par rapport à un traitement ayant reçu une fertilisation minérale (M) à une dose calculée selon la méthode du bilan prévisionnel, et dont la production de biomasse était proche (Le Rheu) ou supérieure (La Jaillièrè) à celle des traitements organiques.

Résultats et conclusions

Les apports d'effluents ont pour effet d'accroître significativement les stocks de C et N des sols (de 10 à 25 % sous cultures annuelles et jusqu'à 39 % sous prairie), à l'exception de FV et CV pour l'essai en rotation maïs blé de La Jaillièrè, et pour la faible dose compost (CB1, CP1) pour l'essai du Rheu. On observe une corrélation forte entre les quantités de C et N stockées ($r^2 = 0.85$). Les apports de fumiers et composts ne modifient pas le rapport C/N de la MO du sol.

La figure 1 met en relation, le supplément de stockage d'azote organique par rapport au traitement M, avec la dose totale d'azote apportée par les fumiers et composts. Le supplément de stockage s'ajuste bien avec les doses d'azote apportées sur chacun des 2 sites, ce qui confirme les observations de Johnston et Poulton sur les essais de longue durée de Rothamsted et Woburn qui montrent une bonne corrélation entre les quantités de carbone organique apportées par des fumiers, boues, et composts et la teneur en MO du sol et concluent à une certaine « homogénéisation » de la matière organique du sol issue de la transformation de produits organiques variés.

Mais des différences importantes apparaissent entre les deux sites pour les doses d'apport les plus élevées. Le stockage plus important à La Jaillièrè pourrait être imputable à un effet prairie, confirmant les conclusions de Johnston et Poulton (2005) sur l'essai de Woburn. Toutefois il correspond aussi à des doses plus élevées que sur la rotation maïs blé. Par ailleurs les doses fortes de compost (CB3 et CP3) de l'essai du Rheu semblent avoir une efficacité moindre car la réponse aux 3 doses s'infléchit aux fortes doses pour les composts de bovins comme de porcins. Enfin, les écarts de stockage peuvent aussi être liés aux contextes pédoclimatiques et culturaux.

La figure 2 présente la répartition des fractions 200-2000 μ et 50-200 μ sur les modalités de l'essai avec des produits bovins au Rheu et l'essai en cultures annuelles de La Jaillièrè. La répartition de ces 2 fractions est comparable entre les sols témoins des 2 sites (figure 2) ; la fraction 200-2000 μ

représente environ 5 % du C de la MO du sol, et la fraction 50-200 μ 9 à 11 % du C. Ces valeurs sont proches de celles mesurées par Balesdent (1996) sur d'autres sols.

La taille relative de la fraction 200-2000 μ n'est pas significativement modifiée par les apports de produits organiques. On observe par contre un accroissement significatif de la taille relative de la fraction 50-200 μ , à l'exception de la faible dose (CB1) de compost sur l'essai du Rheu, et des apports de fumier et de compost de volailles sur l'essai de la Jaillière ; les mêmes réponses sont observées sur l'essai avec RGA. L'accroissement de cette fraction est étroitement corrélé au stockage de C pour l'essai du Rheu ($r^2=0.98$ pour l'essai avec produits bovins et $r^2 = 0.93$ pour l'essai avec produits porcins). Sur l'essai de la Jaillière, où l'on compare des produits de nature différente, la corrélation est moins forte, mais significative ($r^2=0.81$).

Les mesures effectuées sur ces 2 essais convergent donc pour établir que les apports annuels de fumiers stockés et compostés modifient significativement la répartition de la MO dans les fractions granulométriques, entraînant une augmentation relative (et absolue) de la fraction 50-200 μ , identifiée comme une fraction active de la MO du sol.

Les tests d'incubation en cours ainsi que les suivis au champ depuis 2006 vont permettre de mesurer l'effet de ce stockage sur le potentiel de minéralisation.

Figure 1 : Relation entre la quantité de carbone organique apporté par les fumiers et compost et le supplément de stock par rapport au traitement minéral

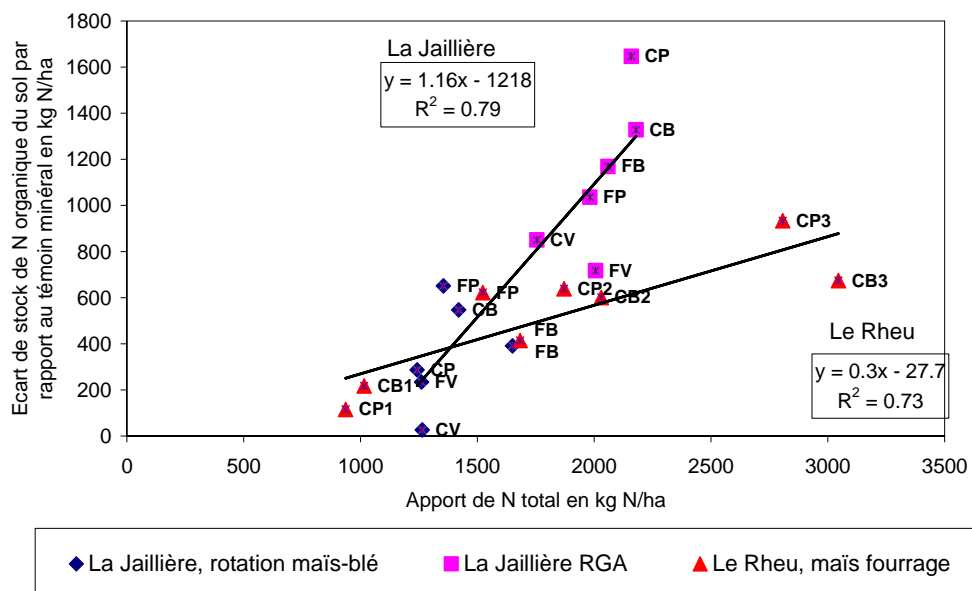
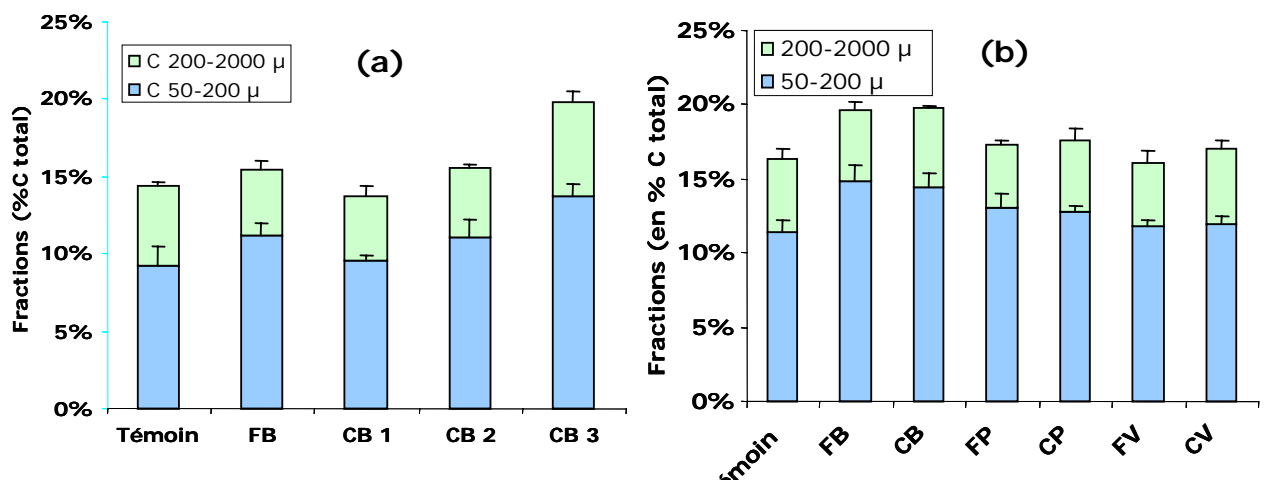


Figure 2. Répartition des fractions 200-2000 μ et 50-200 μ de la MO du sol, en pourcentage du C organique total, pour les produits bovins de l'essai du Rheu (a), et pour l'essai en cultures annuelles de la Jaillière (b)



Bibliographie :

Balesdent J, 1996. The significance of organic separates to carbon dynamics and its modelling in some cultivated soils. *European Journal of Soil Science*, 47, 485-493.

Bodet J.M., Trochard R., Corgnet M., Castillon P., Laurent F., 2005 - Etude de l'évolution des effets azote de fumiers apportés annuellement pendant 6 ans dans une rotation maïs fourrage-blé tendre d'hiver ou sur un ray-grass anglais fauché. *Etude et gestion des sols*, volume 12 numéro 3, pp 209-220.

Johnston A.E., Poulton P.R., 2005 – Soil organic matter : its importance in sustainable agricultural systems. *International Fertilizer Society proceedings* 565, pp11 – 22.