

AMENDEMENTS ORGANIQUES en cultures légumières

Le point sur l'activité biologique des sols après 6 ans d'apports

Dominique Berry (SERAIL), Jean-Pierre Thicoïpé (CTIFL-SERAIL), Rachida Nouaïm (SEMSE /CAE, Université de Bourgogne) et Rémi Chaussod (Laboratoire de Microbiologie des Sols, INRA Dijon).

Introduction

Les nombreux amendements organiques disponibles sur le marché n'ont pas tous la même influence sur l'évolution des propriétés d'un sol. Après avoir fait état, lors de précédents articles¹, de l'évolution des propriétés physiques et chimiques d'un sol maraîcher suite à l'apport de plusieurs sources organiques différenciées, un point est réalisé sur l'activité biologique générée par ces amendements après 6 années d'apports. Le dispositif expérimental à long terme mis en place en 1995 à la SERAIL afin de tenter de fournir aux agriculteurs des éléments de choix parmi les différents types de matières organiques, permet aujourd'hui de tirer des enseignements sur l'activité biologique générée par l'apport annuel de différentes sources de matière organique. Le présent article fait état des mesures d'activité biologique du sol réalisées après 6 années d'apports. Les résultats et commentaires sont tirés du rapport d'étude réalisé par le SEMSE et complétés par des observations en relation avec les résultats des autres essais du dispositif "amendements organiques" de la SERAIL. Ces résultats ont également été présentés dans un article paru dans le numéro de février 2003 de « Fruits et Légumes ».

Dispositif expérimental

Cinq amendements organiques sont étudiés et comparés à un témoin sans apport.

- un fumier de bovin frais (Fumier)
- un fumier de bovin déshydraté et granulé, de même origine que le fumier frais (Fumier transformé)
- un compost de déchets verts périurbains (Compost végétal)
- un compost d'écorces de feuillus et bois d'emballage, enrichi de fumier de volaille, lisier et algues (Compost d'écorce enrichi)
- un compost de tourteaux de café enrichi de chiquettes de moutons et fumier de mouton (Tourteau de café enrichi)
- un témoin non amendé servant de référence (Témoin)

Chacun de ces traitements est répété trois fois, dans un dispositif expérimental au champ en trois blocs.

La rotation, sur le dispositif cultivé, au cours des 6 premières années s'établit de la façon suivante :

- année 1 : laitue – navet – engrais vert (blé)
- année 2 : poireau
- année 3 : laitue – navet – engrais vert (blé)
- année 4 : poireau
- année 5 : carotte
- année 6 : chou – engrais vert (blé)

Caractérisation des amendements

Caractéristiques analytiques moyennes (sur les fournitures de 6 années) et fourniture potentielle de matière organique stable (ISB et CBM déterminé sur les produits apportés en 1995)

	MS % du frais	MO % du sec	pH	C g/kg sec	N g/kg sec	C/N	K1	ISB* 95	CBM** 95
Fumier	24,2 (15)	82,2 (4)	8,18 (5)	414 (19)	25,1 (19)	17,1 (32)	0,16	0,20	0,24
Fumier transformé	84,2 (2)	79,2 (4)	8,05 (5)	403 (21)	19,4 (24)	22,4 (46)	0,27	0,23	0,22
Compost végétal	55,6 (15)	37,4 (22)	7,87 (5)	194 (20)	10,9 (32)	20,1 (52)	0,22	0,38	0,28
Compost écorce enrichi	65,6 (18)	35,6 (23)	7,40 (11)	174 (21)	15,5 (24)	10,5 (14)	0,21	0,18	0,07
Tourteau de café enrichi	68,1 (4)	66,9 (7)	7,16 (13)	337 (6)	33,2 (36)	10,9 (24)	0,62	0,74	0,66

Entre parenthèses le Coefficient de Variation (écart type exprimé en % de la moyenne)

* Indice de Stabilité Biologique, exprimé sur la matière sèche des produits

** Caractérisation Biochimique, exprimée sur la matière sèche des produits

¹ voir notamment les articles dans Info CTIFL n°170 – avril 2001 et 171 – mai 2001

Quantités d'amendements apportées

La référence utilisée est 30 tonnes de fumier frais/ha/an, les autres amendements étant apportés à concurrence de la même quantité de carbone que celle fournie par les 30 tonnes de fumier frais de l'année.

Les apports sont effectués chaque année au printemps avant la première mise en culture.

	cumul des apports des 6 années (tonnes / ha)			
	Matière brute	MS	MO	C
Fumier frais	165,4 (27,6)	39,5 (6,6)	32,4 (5,4)	16,16 (2,7)
Fumier transformé	48,4 (8,1)	40,7 (6,8)	32,2 (5,4)	16,16 (2,7)
Compost végétal	157,2 (26,2)	87,4 (14,6)	31,1 (5,2)	16,16 (2,7)
Compost écorce enrichi	156,6 (26,1)	102,5 (17,1)	32,5 (5,4)	16,16 (2,7)
Tourteau de café enrichi	70,5 (11,7)	48,1 (8,0)	32,0 (5,3)	16,16 (2,7)

Les chiffres entre parenthèses correspondent aux apports moyens annuels (en tonnes / ha)

La déshydratation du fumier permet de réduire la masse apportée de plus des 2/3 par rapport au fumier frais. Les composts végétaux (déchets verts et écorce) nécessitent des quantités pratiquement équivalentes au fumier frais alors que le tourteau de café les réduit de plus de 50 %.

Analyses effectuées

Prélèvement des échantillons

Les échantillons de sols ont été prélevés au printemps 2001, 11 mois après le dernier apport d'amendement, en condition de sol frais mais ressuyé sur 20 cm de profondeur. Les prélèvements ont été effectués à la gouge et envoyés immédiatement au SEMSE à Dijon.

Caractéristiques physico-chimiques

La granulométrie ainsi que C et N organiques ont été déterminés par le Laboratoire d'Analyse des Sols de l'INRA-Arras sur chaque échantillon de sol.

Analyses d'activité biologique

Les déterminations biologiques (et le $\text{pH}_{\text{K}_2\text{SO}_4}$) ont été réalisées par le SEMSE et le Laboratoire de Microbiologie des Sols de l'INRA-Dijon.

Résultats

(1) Analyses physico-chimiques

	Carbone organique	Azote organique	C/N	Humidité pondérale	pH
Témoin	11,35	1,18	9,61	15,69	6,28
Fumier frais	13,76	1,33	10,32	16,45	6,40
Fumier transformé	13,87	1,36	10,12	16,89	6,30
Compost végétal	15,02	1,43	10,51	17,17	6,70
Compost écorce enrichi	14,90	1,49	10,02	17,10	6,83
Tourteau de café enrichi	14,35	1,33	10,76	16,61	6,55

Les résultats portés dans ce tableau représentent les valeurs moyennes par traitement, les déterminations ayant porté sur chacune des 18 parcelles élémentaires. Les résultats n'ont pas mis en évidence d'effet bloc significatif et permettent l'interprétation des résultats d'activité biologique en fonction des traitements.

La texture (granulométrie) est relativement homogène pour l'ensemble du dispositif. L'humidité pondérale des échantillons de sols lors du prélèvement n'est pas statistiquement différente entre les blocs ni entre les modalités. Le pH est homogène entre blocs ; il varie selon les modalités en fonction de l'effet plus ou moins alcalinisant des amendements. C'est le cas pour le Compost d'écorce enrichi et le Compost végétal.

La teneur en matière organique (carbone organique) du témoin est inférieure à celle des parcelles amendées. Il n'y a pas de différences statistiquement significatives entre les amendements.

(2) Caractéristiques biologiques

Les méthodes suivantes ont été utilisées pour caractériser l'activité biologique : **biomasse microbienne (MOV)**, **matière organique labile (MOL)**, **minéralisation du carbone**, **minéralisation de l'azote**.

Dans les tableaux qui suivent, les lettres ABCDE donnent les résultats de l'analyse statistique : les traitements affublés d'une même lettre ne se différencient pas significativement au seuil de 5 % pour le critère considéré.

Biomasse microbienne (Matière Organique Vivante : MOV)

Tous les amendements améliorent la biomasse microbienne par rapport au témoin. Le Tourteau de café enrichi est le plus favorable, le Fumier transformé et le Fumier sont intermédiaires. Le Compost végétal et le Compost d'écorce enrichi ont l'effet le plus faible.

	C-MOV mg C/kg	
Tx café enrichi	269	A
Fumier transf.	247	BC
Fumier	237	BC
Compost végétal	226	CD
C. écorce enrichi	226	CD
Témoin	192	E

Exprimé en % du carbone total, seul le traitement Tourteau de café enrichi est supérieur au Témoin. A l'inverse, pour le Compost d'écorce enrichi et le Compost végétal, la biomasse microbienne représente un pourcentage plus faible du carbone organique total. Cela signifie que ces deux produits augmentent proportionnellement plus le C total que la biomasse microbienne.

	C-MOV % C total	
Tx café enrichi	1,89	A
Fumier transf.	1,78	ABC
Fumier	1,73	ABC
Témoin	1,70	CD
C. écorce enrichi	1,52	DE
Compost végétal	1,50	E

Matière Organique Labile : MOL

Tous les amendements augmentent la fraction labile de la matière organique par rapport au témoin, indépendamment de l'évolution du taux global de MO. En raison d'une certaine dispersion des résultats, il n'y a pas de différences significatives entre les amendements étudiés. On observe toutefois que le classement est identique à celui des taux de MO.

	C-MOL mg C/kg	
Compost végétal	1822	A
C. écorce enrichi	1819	A
Tx café enrichi	1807	A
Fumier	1779	A
Fumier transf.	1753	A
Témoin	1387	B

La fraction labile de la MO totale varie peu (de 12,1 à 12,9 %) selon les traitements. On note la tendance, comme pour la biomasse, à une fraction labile plus faible pour le Compost végétal et le Compost d'écorce enrichi.

	MOL %Ct	
Fumier	12,93	
Tx café enrichi	12,66	
Fumier transf.	12,64	
Témoin	12,24	
C. écorce enrichi	12,20	
Compost végétal	12,13	

Minéralisation du Carbone

Lors d'une incubation en conditions standard (28 jours à 28°C), le dégagement de CO₂ à partir du Témoin est, fort logiquement, inférieur à ce qui est observé dans les modalités avec amendements. Le traitement Tourteau de café enrichi présente les valeurs les plus élevées et le Fumier les plus faibles, les autres produits étant intermédiaires.

Il apparaît que la minéralisation du carbone dépend de la teneur en matière organique du sol, du niveau de la biomasse microbienne et éventuellement d'autres facteurs. Ainsi, avec une biomasse élevée, le Tourteau de café enrichi entraîne une minéralisation supérieure à ce qui est enregistré pour le Compost d'écorce enrichi, en dépit d'une teneur en carbone plus forte dans ce dernier traitement. De même, entre Fumier et Fumier transformé, les teneurs en carbone total sont très proches mais la respiration est plus importante pour le traitement Fumier transformé, qui possède la biomasse la plus

	C-CO ₂ cumul mg C/kg	
Tx café enrichi	232	A
Compost végétal	222	AB
Fumier transf.	207	B
C. écorce enrichi	205	BC
Fumier	196	C
Témoin	157	D

élevée. Les traitements Compost végétal et Compost d'écorce enrichi présentent une activité minéralisatrice intermédiaire entre Tourteau de café enrichi et Fumier, malgré une biomasse plus faible, grâce à un taux de carbone plus élevé.

La Respiration Spécifique représente le flux de C-CO₂ par unité de biomasse et par jour, durant l'incubation de 28 jours à 28°C. Plus elle est élevée, plus le taux de renouvellement de la biomasse est important. Ce paramètre est le plus élevé pour les traitements Compost végétal et Compost d'écorce enrichi alors que leurs niveaux de biomasse sont les plus faibles. Ceci peut s'expliquer par une teneur en eau et un pH légèrement plus élevés dans ces traitements, ces facteurs pouvant influencer la respiration. Les traitements Fumier transformé et Fumier sont au niveau du témoin, le Tourteau de café enrichi étant intermédiaire.

	Respiration spécifique	
Compost végétal	0,035	A
C. écorce enrichi	0,033	B
Tx café enrichi	0,031	BC
Fumier transf.	0,030	C
Fumier	0,029	C
Témoin	0,029	C

Minéralisation de l'Azote

Lors de l'incubation de 28 jours à 28°C, les traitements Fumier transformé, Fumier et Tourteau de café enrichi minéralisent plus d'azote que le témoin. En revanche les effets sur ce paramètre du Compost d'écorce enrichi et du Compost végétal sont moins marqués, alors que ces traitements sont les plus riches en azote total. Notons qu'il s'agit ici du comportement d'échantillons de sol prélevés 11 mois après les apports organiques, prenant en compte les effets cumulatifs des épandages.

	N min mgN/kg	
Fumier transf.	18,55	A
Fumier	18,24	A
Tx café enrichi	17,54	A
C. écorce enrichi	16,74	AB
Compost végétal	15,43	AB
Témoin	14,42	B

Conclusion

Le point de l'activité biologique du sol a été fait sur le dispositif expérimental « amendements organiques » de la SERAIL, en place depuis 6 ans. Les apports des différents amendements organiques, effectués annuellement depuis 6 ans sur la base de l'équivalence en carbone, correspondent à une quantité cumulée de 16 tonnes de carbone / ha (soit 32 tonnes de matière organique). Ils sont comparés à un témoin sans apport.

Les analyses effectuées par le SEMSE font apparaître des différences de statut organique après les 6 années d'apports. Comparés au témoin, tous les amendements améliorent les résultats sur plusieurs paramètres. Toutefois, les comportements des amendements étudiés varient en fonction de la stabilité de la MO des différents produits. Les amendements organiques *a priori* les plus stables (Compost végétal, Compost d'écorce enrichi) entraînent une élévation du taux de MO plus importante que les fumiers. Le Tourteau de café enrichi a pour sa part un comportement particulier : bien que théoriquement le plus stable (ISB et K1 élevés), il entraîne une augmentation du taux de MO intermédiaire entre les deux autres catégories de produits. Notons que le comportement de ce produit était différent en l'absence de travail du sol et de culture puisqu'il avait fourni l'élévation du taux de MO le plus fort (voir compte rendu SERAIL 2001 "Bilan du dispositif ISB/K1 6 ans après les apports").

Comme pour le carbone, la teneur en azote total varie en fonction du traitement. Elle est la plus faible dans le témoin et la plus élevée après apports de Compost végétal ou de Compost d'écorce enrichi. Les valeurs sont intermédiaires pour le Fumier, le Fumier transformé et le Tourteau de café enrichi.

Les différentes sources organiques et les écarts qu'elles provoquent sur les statuts organique et azoté du sol engendrent des comportements différents en terme d'activité biologique. Au regard du témoin sans apport, tous les amendements génèrent une augmentation de la quantité de biomasse microbienne, de la fraction labile et de l'activité minéralisatrice de C et N, en valeur absolue.

Les compost végétaux à base de déchets verts, bois et écorce, génèrent une augmentation de la biomasse microbienne et de la fraction labile proportionnellement plus faible que l'augmentation du C total ou du N total. Il apparaît donc que ces amendements dont la fraction organique est *a priori* la plus stable (Compost végétal, Compost d'écorce enrichi) ont un effet important sur les stocks de MO mais moins marqué sur l'activité biologique du sol.

Le produit à base de tourteaux de café enrichi en fumier et chiquettes de mouton (Tourteau de café enrichi) a un comportement "atypique". Bien qu'*a priori* très stable, il entraîne une augmentation importante de la biomasse microbienne et de ses activités. Ce comportement est probablement lié à la composition du produit. L'adjonction de sources organiques fermentescibles (fumier et chiquettes de mouton) à la fraction stable (tourteaux de café), en augmentant l'activité microbienne, accentuerait la dégradation de la fraction dite stable.

Les fumiers de bovin (Fumier frais et Fumier transformé) ont un effet moins marqué sur la teneur en carbone total du sol que les autres amendements étudiés ici, mais ils stimulent assez nettement la biomasse microbienne et donnent les meilleurs résultats quant à la fourniture d'azote minéral.