

# Raisonner les apports d'amendements organiques pour limiter les risques de pollution par les nitrates

Alain Bardet (Ctifl) [bardet@ctifl.fr], Dominique Berry (SERAIL) [berry.serail@wanadoo.fr]

## Introduction

Dans le cadre des expérimentations « amendements organiques » mis en place respectivement en 1995 à la SERAIL (Rhône) et en 2000 au Ctifl (Dordogne), un travail spécifique en partenariat ADEME-Ctifl-SERAIL a eu pour but d'approcher :

- la valeur fertilisante des produits organiques au travers des observations sol et plante,
- les risques de pollution induite en nitrates et en éléments traces,
- des méthodes de fertilisation organique en cultures légumières.

Cet article présente les résultats concernant les nitrates, qui ont également été publiés dans Info-Ctifl de juin 2003. Dans Echo-MO n° 41 nous avons publié les résultats concernant les éléments traces.

## Méthodologie expérimentale

Les essais sont conduits sur deux sites sous la forme de blocs de Fischer à 3 répétitions :

- En Rhône-Alpes à la SERAIL sur un dispositif permanent mis en place en 1995 avec 5 amendements pour juger à long terme des effets sur la fertilité physique, chimique et biologique d'un sol et une modalité témoin sans apport organique.
- En Aquitaine au centre Ctifl de Lanxade sur un dispositif mis en place en 2000 avec 4 amendements

afin de comparer les effets agronomiques et environnementaux (nitrates et éléments traces) d'apport de matières organiques et une modalité témoin sans apport organique. Le tableau 1 présente les amendements organiques utilisés. Aucune fertilisation minérale complémentaire n'a été apportée. Les quantités d'azote apportées sur le site Ctifl de Lanxade sont particulièrement élevées, dépassant largement les 170 kg / ha de la Directive Nitrate.

La texture des deux sols est assez proche, sablo-limoneuse avec 14 à 18 % d'argile à la SERAIL et sablo-limoneuse au Ctifl. Leur teneur en carbone organique est de 1,5% et 1,2 % respectivement. Les cultures légumières de référence de la campagne 2001 sont Laitue et Epinard dans le Rhône et Laitue (2 rotations) en Dordogne.

Les contrôles effectués lors de cette étude ont permis :

- une caractérisation physique et chimique préalable des sols,
- une caractérisation biochimique des produits organiques,
- un suivi des reliquats azote et de l'humidité des sols sur 2 horizons (0-25 et 25-50cm au Ctifl et 0-30 et 30-60 cm à la SERAIL),
- un suivi des exportations en azote des plantes,
- un suivi des biomasses des plantes en culture.

**Tableau 1** : Composition des amendements, caractéristiques et apport moyen annuel

Site SERAIL :	Constituants	produit	MS	C	N	C/N moyen	ISB moyens sur MO
		tonnes /ha			kg/ha		
Fumier frais	de bovin	28,0	6,7	2,7	165	17,1	0,36
Fumier transformé	de bovin, déshydraté, granulé	8,0	6,8	2,7	134	22,4	0,32
Compost déchets verts	déchets verts périurbains	26,0	14,5	2,7	165	20,1	0,55
Compost écorce enrichi	de feuillus + fumier volaille, lisier, algues	26,0	17,0	2,7	257	10,5	0,41
Compost tourteau café	+ chiquettes et fumier mouton	11,7	8,0	2,7	266	10,9	0,68

### Site Ctifl :

Fumier frais	de bovin	60,0	13,0	4,2	280	17,6	0,50
Compost tourteau café	+ chiquettes et fumier mouton	18,0	15,0	5,7	360	18,3	0,89
Compost végétal enrichi	Tourteaux végétaux + guano, vinasse, Mg	21,0	17,0	5,6	570	11,3	0,72
Compost vert	Déchets verts périurbains	41,0	26,0	4,9	440	12,9	0,52

# Résultats

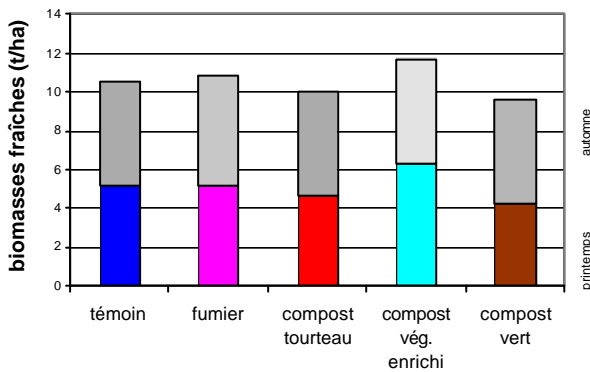
## Caractérisations des produits organiques

Pour les deux sites les apports des produits organiques sont calculés sur une base de 5 tonnes de carbone par hectare (soit 60 t de fumier frais) pour l'essai Ctifl et de 2,6 tonnes par hectare et par an (30 t de fumier frais) pour l'expérimentation SERAIL. Dans les deux cas les produits organiques sont localisés au printemps avant la première mise en culture.

## Production de biomasse

La figure 1 présente la production de biomasse fraîche cumulée des 2 cultures de laitues pour les 5 modalités de fertilisation organique du site Ctifl. Au printemps la modalité compost enrichi conduit à une production de biomasse fraîche (580 g/plant) significativement plus élevée que les 4 autres modalités (400-450 g/plant) y compris celle sans apport de fertilisant. A l'automne, les 5 modalités conduisent à des rendements bruts non significativement différents (500 g/plant).

**Figure 1 :** Biomasses fraîches : cumul des 2 cultures de laitues (site Ctifl)

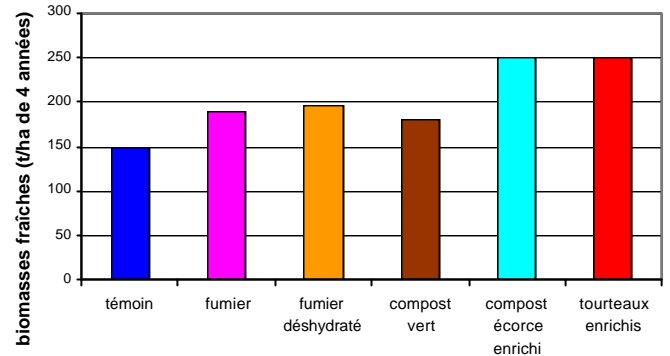


La concentration plus forte en azote du compost enrichi et sa facilité à le libérer plus rapidement a conduit à une croissance plus rapide des laitues de cette modalité, avec en contre partie une présence de nécroses plus importante (95 % des laitues de cette modalité compost enrichi présentaient 1 ou plusieurs nécroses sur les feuilles de la jupe contre 65 % pour les autres modalités) et une teneur en nitrates des plantes plus forte (2628 ppm), mais restant inférieures à la norme européenne (3500 ppm pour les cultures de printemps sous abri).

La figure 2 schématise les productions cumulées des biomasses des 4 années pour les 6 modalités observées à la SERAIL.

Les produits les plus riches en azote (composts d'écorce et de tourteau de café enrichis) permettent d'augmenter la productivité alors que le compost végétal et le témoin sont les plus limitants. Ces résultats concernant la production totale de biomasse sont à relativiser en fonction des rendements commerciaux prenant en compte la qualité des produits récoltés, et du coût relatif des produits.

**Figure 2 :** Biomasses fraîches : cumul de 4 années de cultures (site SERAIL)

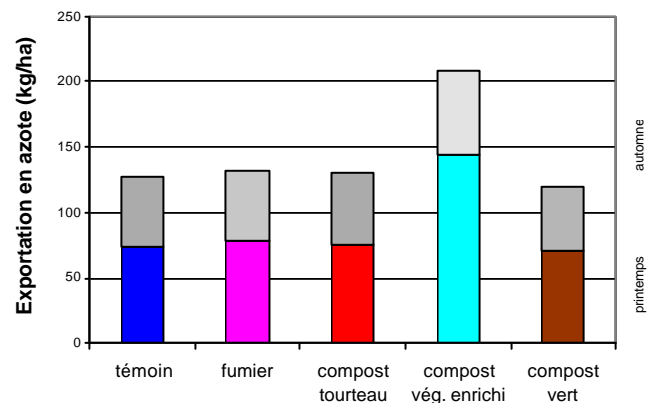


## Exportations en azote

La figure 3 montre les exportations cumulées en azote des 2 cultures pour les 5 modalités de l'essai Ctifl. Notons un net décalage au printemps entre le Compost végétal enrichi et les autres modalités, dû à une biomasse plus forte et à une concentration en azote plus élevée (4,3 au lieu des 2,9 % de N dans la matière sèche de la modalité Compost végétal enrichi). A l'automne les laitues des 5 modalités exportent les mêmes quantités d'azote.

Dans le cas de l'essai SERAIL, on constate que les fumiers apportent peu d'azote disponible alors que le compost végétal et le compost de tourteau de café en fournissent légèrement plus et que le compost d'écorce enrichi augmente fortement la mise à disposition. Ceci se traduit par des niveaux d'exportation en azote différents : faibles, comparativement au témoin, pour les fumiers et le compost végétal et nettement plus élevés pour les deux composts enrichis.

**Figure 3 :** Exportations en azote : cumul des 2 cultures de laitues (site Ctifl)



## Coefficient apparent d'utilisation de l'azote (CAU)

Le CAU de l'azote est la différence entre les exportations en azote d'une modalité apport produit organique et le témoin sans apport, exprimée en pour cent de l'apport total en azote de cette même modalité apport organique. Les valeurs de CAU observées dans les essais des 2 sites sont présentées dans le tableau 2.

**Tableau 2** : Valeur du CAU des produits organiques expérimentés

Site SERAIL	Compost écorce enrichi	Compost tourteau café	Fumier transformé	Fumier frais	Compost déchets verts
C A U (%) Moyenne annuelle	26	22	21	18	15

Site Ctifl	Compost végétal enrichi	Fumier frais	Compost tourteau café	Compost déchets verts
C A U (%) Moyenne annuelle	14,1	1,54	0,78	-1,8

Les niveaux de valeurs entre les deux sites ne sont pas comparables pour cause de précédents culturaux et de quantités de produits organiques apportés différentes, mais les tendances de CAU élevé pour les produits organiques enrichis (compost d'écorce de bois et compost végétal) et de CAU faible pour le compost de déchets verts sont vérifiées sur les 2 sites.

### Bilan hydrique

Les bilans hydriques des parcelles des essais Ctifl sont globalement identiques dans leur évolution au cours du temps quelles que soient les modalités mais différents entre les deux phases de suivis. Dans la 1<sup>ère</sup> phase de l'expérimentation, les bilans sont excédentaires (phénomène de drainage). Dans la 2<sup>ème</sup> phase de l'essai les bilans sont passés d'excédentaires à déficitaires (remontée capillaire). Les irrigations soutenues en début d'installation de la culture engendrent plutôt du drainage (6 & 25/09). Par la suite les apports d'eau moins fréquents ont permis d'équilibrer les bilans (4, 11 et 17/10) et les rendre déficitaires (10 à 20 mm) en fin de suivi (21/11).

### Azote minéral du sol

la figure 4 (page suivante) présente l'évolution du stock d'azote minéral du sol pour les différentes modalités et pour les 2 horizons 0-25 (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> et N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) et 25-50 cm (N- NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) de l'essai Ctifl.

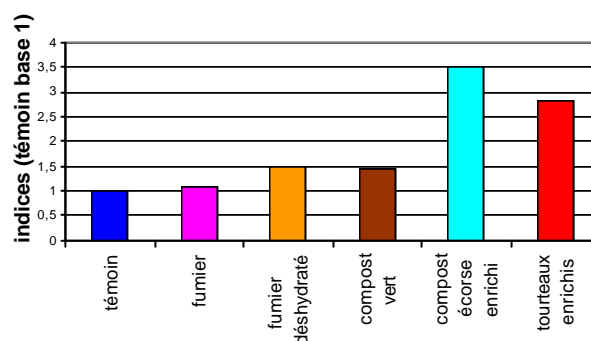
Dans le cas des parcelles sans laitue, les stocks d'azote minéral des différentes modalités étudiées tendent à augmenter légèrement dans l'horizon supérieur (0-25 cm) en raison de la minéralisation des matières organiques endogène et exogène et fortement dans l'horizon inférieur (25-50 cm) du fait pour une part importante d'un flux descendant et pour une part bien moindre de la minéralisation de la matière organique endogène de cet horizon. Dans le cas des parcelles avec culture, les stocks d'azote de l'horizon supérieur tendent à diminuer avec le développement des laitues (absorption par les plantes) limitant ainsi le lessivage vers l'horizon inférieur où les stocks d'azote restent faibles durant la 1<sup>ère</sup> phase (sauf pour le compost végétal enrichi bien qu'inférieur au sol sans laitue) et n'augmentent que modestement après la récolte de juin et durant la 2<sup>ème</sup> phase de suivis.

Notons le comportement particulier du compost végétal enrichi, entraînant un stock d'azote systématiquement supérieur aux autres modalités : 60 à 80 kg/ha de plus dans les horizons supérieurs des parcelles avec ou sans laitue, dès 1,5 mois après incorporation et 20 à 40 kg/ha de plus dans les horizons inférieurs de ces mêmes parcelles. La présence de laitues n'a limité la fuite de l'azote dans l'horizon inférieur que lors de la 2<sup>ème</sup> culture.

Sur les parcelles SERAIL, le suivi des teneurs en nitrates de l'horizon 30-60 cm (solution du sol prélevée par des lysimètres) permet une approche relative de perte en azote nitrique basé sur un indice où la valeur 1 est attribuée aux parcelles témoin. La figure 5 obtenue à partir de valeurs moyennées sur 6 ans montre les pertes importantes liées aux apports de composts d'écorce enrichis et dans une moindre mesure des composts de tourteau de café.

Les produits générant peu d'azote disponible dans la couche de sol travaillée (fumier frais et transformé, compost végétal) limitent fortement la lixiviation des nitrates.

**Figure 5** : Indice de perte en nitrates : moyenne de 6 années (site SERAIL)



## Conclusion

Les expérimentations réalisées dans les 2 conditions pédoclimatiques, montrent la possibilité de conduire des cultures légumières (salade, épinard) avec un mode de fertilisation uniquement organique. Il faut toutefois noter que les apports raisonnés sur une base carbone ont conduit à des niveaux de fourniture potentielle en azote élevés (site Ctifl) par rapport aux pratiques et en particulier pour des rotations laitues.

Dans la perspective d'une fertilisation organique il s'agit donc :

- d'ajuster les quantités d'apport de produit organique en tenant compte des besoins nutritifs de la plante (sans carence ni excès): la connaissance des cinétiques de minéralisation potentielles des produits peut permettre d'approcher les quantités minéralisées et leur dynamique de mise à disposition au champ ;
- et de raisonner les apports hydriques en évitant les excès cause de lessivage de l'azote nitrique présent dans les différents horizons du sol.

Lorsque les cinétiques de minéralisation de l'azote des produits ne sont pas connues, il est préférable de préconiser l'utilisation d'amendements organiques non enrichis ayant peu d'effet fertilisant (limite les risques de lessivage) et en conséquence la fertilisation revient après contrôle de la disponibilité du sol à ajuster les apports à la demande des plantes par le biais des engrais organiques et/ou minéraux.

Les études en cours concernent justement l'acquisition de références sur la dynamique de minéralisation des matières organiques endogènes et exogènes dans l'optique de paramétrer les modules

de fourniture d'azote par la matière organique du sol et les produits organiques du modèle STICS (Brisson *et al.*, 1998) en cours d'exploitation dans le cadre de diagnostic environnemental en culture de laitue.

## Bibliographie

Le Bohec J., Berry D., Linères M., Lemaire F., Fouyer L., Pain M., Thicoïpé J.P., 1999. Amendements organiques, pourrait-on les juger rapidement? Infos-Ctifl, n° 151, mai 1999.

Leclerc B., 2001. Guide des matières organiques, (2 tomes), 2° édition 2001, Guide Technique de l'ITAB.

Jouve B., 2000. Fertilité physique d'un sol maraîcher – une étude de la SERAIL, Info-Ctifl n° 162, juin 2000.

Berry D., Thicoïpé J.P., 2001. Les amendements organiques – une stabilité à géométrie variable, Info-Ctifl n° 170, avril 2001.

Berry D., Thicoïpé J.P., 2001. Les amendements organiques – premier bilan des effets fertilisants, Info-Ctifl n° 171, mai 2001, pp 34-37.

Berry D., Thicoïpé J.P., Nouaïm R., Chaussod R., 2003. Les amendements organiques – influence sur l'activité biologique des sols, Info-Ctifl n° 190, avril 2003, pp 50-53.

Brisson N. *et al.*, 1998. STICS: a generic model for the simulation of crops and their water and nitrogen balance. I-Theory and parameterization applied to wheat and corn. *Agronomie*, 18, 311-346.

**Figure 4 :** Evolution du stock d'azote minéral (site Ctifl)

