

Amendements organiques et maraîchage biologique sous abri – Observations après 6 années d’apport.

F. Bressoud¹, A. Arrufat²

¹ : INRA-SAD, Domaine horticole du mas Blanc., 66200 Alénia

² : CIVAM bio 66. 17 av. de grande Bretagne, 66000 Perpignan

Correspondance : bressoud@supagro.inra.fr

En cas de reconversion en Agriculture biologique, de forts apports de matière organique sont préconisés, pour améliorer les états structuraux et la nutrition des cultures. Une expérimentation conduite en maraîchage sous abri avec deux types de compost montre que, si peu d’effets ont été observés durant les 6 premières années, même en cas de forts apports, d’autres mécanismes liés au système de culture ont largement contribué à l’alimentation des plantes.

Résumé :

Lors d’une expérimentation conduite depuis 6 ans, des apports annuels de deux types de compost ont permis à forte dose de relever le taux de carbone du sol, mais ont peu modifié ses propriétés physico-chimiques. Aucun effet significatif n’a pu être mis en évidence sur les cultures maraîchères successives. En revanche, il a pu être mis en évidence que ces systèmes de culture présentaient des caractéristiques particulières. Les conditions de culture sous abri plastique génèrent une forte minéralisation de la matière organique endogène, et une lixiviation des éléments nutritifs limitée. Du fait de pratiques de surfertilisation fréquentes antérieurement en agriculture conventionnelle, les horizons profonds peuvent receler des stocks minéraux importants, dont une partie sera remobilisée par les cultures au cours des années qui suivent une reconversion en AB. Dans notre essai, cette contribution de la parcelle à l’alimentation des cultures a fortement compensé la réduction d’intrants pratiquée sur les cultures d’été jusqu’en 6^{ème} année. On fait l’hypothèse que de tels effets masquent durablement l’incidence de changement des pratiques de fertilisation lié à la reconversion en agriculture biologique.

Mots clés : Amendement organique, matière organique, minéralisation, maraîchage sous abri, expérimentation

Abstract: Organic amendments and organic vegetable farming under plastic cover: Observations after six years of application

During an experiment carried out over a six-year period, annual applications of large quantities of two types of compost led to an increase in the carbon level in the ground but had little impact on its physico-chemical characteristics. No significant effect was revealed on successive vegetable crops. In contrast, it was shown that these cropping systems had specific characteristics. Cropping conditions under plastic cover lead to a high level of mineralisation of the endogenous organic matter and a limited lixiviation of nutrients. As a result of frequent over-fertilisation practices in the past in conventional farming systems, deep soil horizons may contain large stocks of minerals, part of which will be tapped by crops over the years following a conversion to organic farming. In our experiment, this contribution of the soil to subsequent crop nutrient supply largely compensated for the reduction of inputs applied to summer crops up to the sixth year. We therefore hypothesize that these types of effects sustainably mask the impact of changes in fertilisation practices linked to the conversion to organic agriculture.

Keywords: organic amendment; mineralisation; vegetable cropping under protective cover; experiment.

Introduction : Une expérimentation pour suivre, sur la durée, l'effet d'apports de composts

Le bon ajustement de l'alimentation azotée est un facteur déterminant de la réussite économique des cultures maraîchères. En agriculture conventionnelle, de hauts niveaux de rendement sont atteints grâce au fractionnement des apports par fertirrigation avec des engrais solubles.

Il est généralement conseillé lors d'un passage en agriculture biologique de pratiquer des apports massifs et réguliers d'amendement organique (Mazollier, 2001). Ceci permettrait, (i) d'augmenter le stock du sol afin d'améliorer ses propriétés physiques fragilisées par les rotations intensives puis (ii) de contribuer à l'alimentation des cultures grâce à leur faible vitesse de minéralisation. L'apport d'engrais organiques usuels, positionnés avant plantation, peut en effet entraîner des problèmes de carences azotées en fin de cycle sur les cultures longues d'été.

Dans la plupart des bassins maraîchers, l'emploi traditionnel de fumiers compostés, rendus difficile par la raréfaction des élevages, a été remplacé par l'utilisation d'amendements concentrés du commerce, faciles d'utilisation, ou par les produits des plate-formes départementales de compostage, ressource abondante, moins coûteuse mais assez peu connue (Leclerc *et al.*, 2008). Afin de tester l'intérêt de tels apports, une expérimentation a été conduite de 2002 à 2007 à l'INRA d'Alénya, avec deux types de compost parmi les plus couramment utilisés, l'un à base de déchets verts (DV) et l'autre, commercial, à base de tourteaux de café et fumier de bergerie (VG).

I- Matériels et Méthodes

Une multi-chapelle de 450m² a été convertie en agriculture biologique en début d'expérimentation, avec 3 répétitions pour chacune des 4 modalités comparées: un témoin sans apport (T), un épandage de 24 t/ha/an du compost de déchets verts (DV24), de 4 t/ha/an du compost commercial (VG4) et de 13 t/ha/an du même compost (VG13, dose équivalent carbone de DV24) (Figure 1).

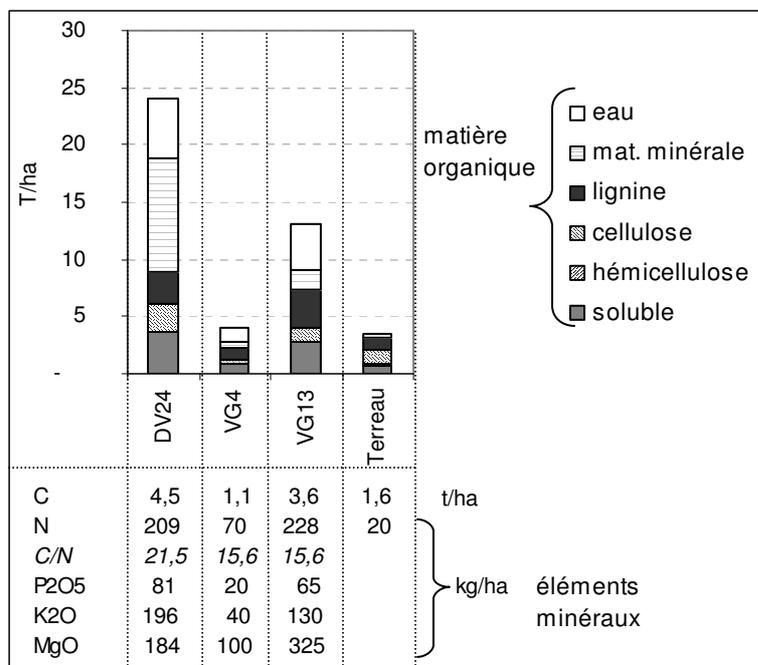


Figure 1 : Apports annuels en fractions organiques et en éléments minéraux des amendements en compost ainsi que du terreau (apporté par les mottes de plantation du système de culture).

Les plantations se font en mottes, avec par conséquent un apport de matière organique commun à l'ensemble des traitements sous forme de terreau.

Le système de culture est assez représentatif de ceux existant dans le sud-est de la France, avec un cycle sur 2 ans : une succession salade-tomate en première année, puis deux salades et une désinfection solaire¹ la deuxième année.

La fertilisation est ajustée en fonction des analyses de sol et limitée à la moitié de celle préconisée en agriculture biologique, afin d'éclairer les contributions liées à la minéralisation des matières organiques.

Différentes méthodes sont utilisées pour le diagnostic : caractérisations en laboratoire (incubation de sol et de produits, fractionnements de matière organique et analyses chimiques,...) et réalisation d'un ensemble de bilans à la parcelle (profils culturaux et racinaires, bilans hydriques et azotés, suivis de rendement et de qualité des cultures, mesures des pertes à la récolte liées aux maladies telluriques,...).

II- Résultats et discussion

Peu d'incidence des apports de compost sur les propriétés des sols et les résultats culturaux

Les suivis analytiques montrent que la quantité totale de matière organique diminuerait d'environ 5% par an en l'absence d'amendement organique, soit une perte de près de 12 t/ha de carbone en 6 ans. Les apports de terreau liés à la plantation de mottes, dont l'enfouissement à la récolte représente avec deux cultures successives des apports de 1,6 t/ha de carbone (C) (Tableau 1), ne compensent pas les quantités minéralisées.

Les analyses de sol montrent que seuls de forts apports de compost (DV24 et VG13) permettent le maintien des taux de matière organique dans le sol, les doses plus faibles de compost commercial (VG4) ne compensant pas les pertes. Il semble donc que cette dose de 4 t/ha ne permette pas sous abri l'entretien des sols pour laquelle elle est couramment préconisée.

Quels que soient les traitements, les profils de sol tout comme les mesures de densité apparente n'ont pas permis de déceler d'évolution des propriétés physiques du sol. Seule l'activité biologique du sol évoluerait un peu pour les traitements à fortes doses DV24 et VG13. Pour ce dernier, on observe à la fois une accumulation dans le sol d'une fraction grossière et bien plus pauvre en azote que la composition d'origine, couplée à une libération assez rapide et conséquente de nitrate dans le sol (équivalent à 90 kg N-NO₃/ha/an). Ce produit semble se comporter comme un assemblage de matières organiques avec des dynamiques d'évolution différentes une fois incorporé au sol, ce qui expliquerait l'existence d'une nitrification bien supérieure à celle attendue pour un compost.

Les mesures sur les cultures, que ce soit les exportations azotées, les rendements commercialisables ou l'expression de maladies telluriques, ne montrent pas de différence significative. En revanche, on observe une tendance croissante à l'amélioration de la nutrition azotée avec VG13, qui se traduit par une meilleure homogénéité et une croissance plus forte des cultures de salade en 2^{ème} partie du cycle bisannuel.

¹ Technique de désinfection thermique du sol qui consiste à provoquer un échauffement du sol par le rayonnement solaire en posant un paillage plastique sur le sol humide pendant environ 2 mois l'été.

Tableau 1 : Récapitulatif des effets mesurés selon les traitements d'apports de compost, toutes les données sont relatives au témoin. MO : matière organique ; ns : différence non significative

	Témoin sans apport	Déchet vert Broyat (bois de taille, élagage, débroussaillage, tonte de pelouse) composté 6 mois	Compost du commerce tourteaux de café (55%), fumier de bergerie (30%), poussières de laine (10%) et magnésie (5%)	
		Dose normale 24 t/ha/an	Dose normale 4 t/ha/an	Triple dose 13 t/ha/an
Etat initial	Stock assez faible de matière organique (50 t MO/ha) Surtout fractions grossières peu évoluées, peu de formes fines stables			
Évolution de la MO en 6 ans	Diminution des stocks malgré l'apport de 3 t/ha/an de terreau (mottes de plantation)	~+3.5 tMO/ha/an (sur 0-10 cm) En fractions fines et grossières	ns	~+3.5 tMO/ha/an (sur 0-10 cm) Surtout fractions grossières pauvres en N
Incidences chimiques	-	-	-	Enrichissement en azote (+ 0.25 kgN-NO ₃ /ha/jour)
Incidences physiques	ns	ns	ns	ns
Incidences biologiques	-	Stimulation biologique (respiration du sol, augmentation possible du nombre de galeries de lombrics anéciques)	-	Stimulation biologique (respiration du sol, augmentation possible du nombre de galeries de lombrics anéciques)
Conséquences agronomiques	Problème de croissance des salades en 2 ^{ème} partie de cycle avec fertilisation insuffisante (30% de laitue <320g)	Tendance à l'augmentation du rendement tomate	ns	Calibres de salade maintenus en 2 ^{ème} partie de cycle, augmentation des déchets liés aux maladies telluriques (+5%), légère augmentation du rendement commercialisable total Tendance à l'augmentation du rendement tomate

On observe également sur la durée une légère tendance à l'amélioration de la nutrition de la culture de tomate avec les forts apports de déchets végétaux DV24 et VG13 (Figure 2).

L'ensemble des suivis réalisés indique qu'avec ce type d'apports on n'observe pas en 6 années de modification sensible des propriétés du sol, ni d'incidence nette sur les cultures.

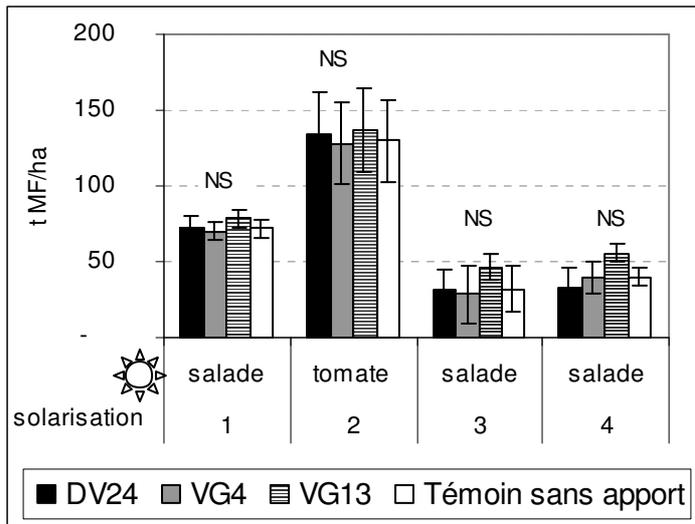


Figure 2 : Rendement commercial moyen selon la place de la culture dans le cycle en tonne de matière fraîche par ha (tMS/ha)
 Ecarts de rendement importants selon la position des cultures dans le cycle bisannuel solarisation/ salade/tomate/ salade/ salade ; tendances non significatives entre les traitements (moyennes sur 12 cultures au total)

Des spécificités du système de culture maraîcher sous abri

Moins de 300 kg N/ha ont été apportés durant toute la durée de cet essai, soit moins de 10% des exportations par les 12 cultures successives. On n'observe cependant qu'une perte progressive de rendement sur certaines cultures de salade.

Ceci peut s'expliquer par deux particularités des cultures maraîchères sous abri.

Héritage durable des conduites des cultures antérieures

L'étude de ces systèmes de culture montre qu'il est possible de raisonner un bilan à l'échelle de l'ensemble de la succession culturale (de Tourdonnet, 1999). En effet, une particularité de la production sous abri est la faiblesse des lixiviations, les apports par la seule irrigation étant relativement faibles et les flux limités.

En revanche, les apports d'azote en fertirrigation des cultures conventionnelles sont très importants, et conduisent fréquemment à l'accumulation de stocks importants d'azote à faible profondeur. Or, les cultures de tomate ont un enracinement qui permet une très bonne remobilisation des réserves jusqu'à plus d'un mètre (Bressoud, 2003). Dans cet essai, près de 500 kgN/ha présents entre 30 et 110 cm de profondeur ont permis de compléter efficacement les besoins des cultures jusqu'à la 6^{ème} année. Cette contribution n'est jamais prise en compte dans la pratique du fait de la difficulté de réaliser des prélèvements profonds pour analyse. Ceci peut poser problème pour la gestion d'une reconversion car elle peut comme dans notre essai masquer durablement certains effets de changements de conduite, empêchant ainsi les apprentissages nécessaires au maintien d'une production satisfaisante (Martini *et al.*, 2004).

Microclimat et travail du sol favorisent la minéralisation

Du fait d'un stock de matière organique actif faible dans le sol (Tableau 1), l'intensité de minéralisation est assez limitée (autour de 0.04 kg N-NO₃/ha/degré-jour). Cependant, comme ce système de production cumule des conditions favorables à une forte activité biologique (sols humides, températures élevées, avec près de 8 000 degré-jour atteints chaque année), et des passages fréquents d'outils rotatifs très agressifs pour la matrice du sol, il en découle une minéralisation importante. Les mesures effectuées dans cet essai montre que, chaque année, le sol libère près de la moitié des 700 kg N/ha correspondant aux besoins azotés des cultures. La matière organique endogène du sol en assure la

majeure partie avec une minéralisation équivalente à 0.84 kg N-NO₃/ha/jour, comme le montre le suivi réalisé sur la parcelle témoin sans apport (Figure 3).

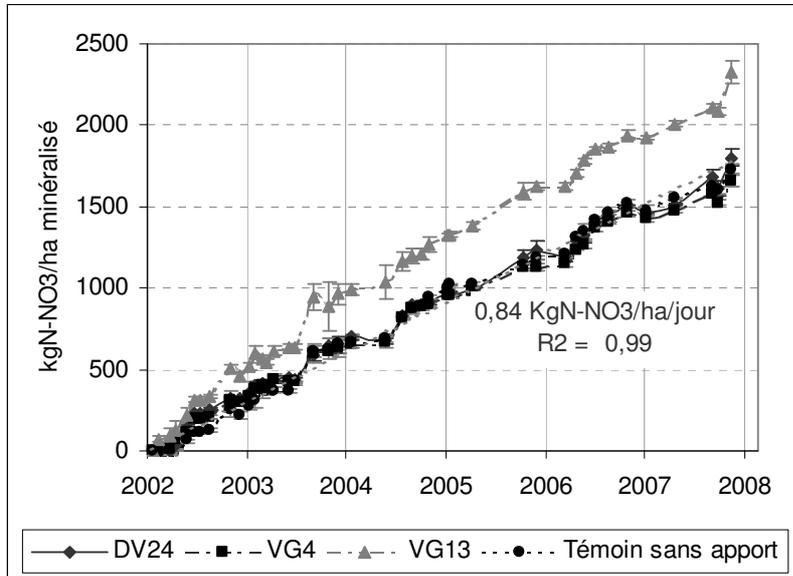


Figure 3 : Cumul de minéralisation d'azote calculée par méthode des bilans (sur 0-50 cm de sol)

Cumul sur 6 années, avec satisfaction d'un modèle de régression linéaire identique pour tous les traitements, sauf VG13 avec une pente de droite supérieure correspondant à une libération supplémentaire de nitrates de 0.25 kgN/ha/jour.

La période de solarisation, durant laquelle les températures atteignent 45°C à 20 cm, permet, en l'absence de culture, l'augmentation des stocks de nitrates du sol à des niveaux suffisants à la nutrition des salades l'année suivante. Si, conformément à d'autres expérimentations, ceci ne semble pas accélérer la diminution de la matière organique du sol (Thuriès *et al.*, 2000), il reste à vérifier l'absence d'effet sur les fractions les plus fermentescibles sur un plus long terme (Feller, 1979).

En 2^{ème} année, une culture de tomate d'été remplace la solarisation, et les salades qui lui succèdent souffrent en revanche d'une carence azotée en l'absence de fertilisation suffisante (Figure 2).

Conclusion pour la gestion des apports organiques en agriculture biologique

Durant six années, différents apports de compost ont été testés en systèmes maraîchers intensifs sous abri, afin de suivre l'évolution de certains paramètres physiques, chimiques et biologiques du sol, ainsi que les résultats agronomiques obtenus sur les cultures successives (9 salades, 3 tomates).

On constate que seules de fortes doses d'apport permettent de mesurer un léger enrichissement de matière organique, mais sans entraîner d'incidence très nette sur le sol ni sur les cultures. Ceci peut s'expliquer par la lenteur des changements au niveau des équilibres du sol. Les composts couramment utilisés ne semblent donc pas en mesure d'améliorer les propriétés physico-chimiques d'un sol à moyen terme, même à forte dose. Ces apports importants permettent cependant d'éviter la diminution des stocks de matière organique, le témoin sans apport d'amendement organique montrant que l'appauvrissement du sol en culture maraîchère sous abri n'est pas suffisamment compensé, ni en quantité ni sans doute en qualité, par les seuls apports de matière organique issus de l'enfouissement des mottes de plantation. Les pratiques usuelles d'entretien en matière organique du sol, correspondant aux apports de 4 t/ha/an de compost commerciaux de cette expérimentation, n'ont pas d'effets très visibles.

Les apports à plus fortes doses (13 t/ha/an de compost commercial ou 24 t/ha/an de compost de déchets verts), assez équivalents en apport de carbone (Figure 1), semblent montrer progressivement une légère tendance à l'augmentation d'activité biologique, ainsi qu'à l'amélioration de la nutrition

azotée de certaines cultures. Ces effets sont très peu significatifs, et devront être confirmés dans les années à venir.

On observe dans ces systèmes de culture sous abri une forte dynamique de minéralisation, liée aux conditions micro-climatiques et de travail du sol très favorables à la dégradation de la matière organique. De ce fait, les sols de ces systèmes de culture sont souvent bien plus pauvres en matière organique que les références de sol usuelles. L'importance de cette minéralisation peut, de ce fait, permettre de couvrir une part conséquente des besoins azotés des cultures. Dans notre essai, elle est en moyenne de 300 kg N/ha/an. Cependant, sa dynamique est très liée aux conditions micro-climatiques et rend la totalité de sa prise en compte difficile dans la gestion de la fertilisation. Cette contribution potentielle du sol est totalement occultée en maraîchage conventionnel, particulièrement pour les cultures d'été en fertirrigation où les seuls apports azotés égalent les besoins dans les préconisations de fertilisation. En revanche, les conseils de fertilisation diffusés en maraîchage biologique semblent cohérents, le solde laissant apparaître une estimation de la contribution du sol d'environ 150 kg N/ha.

Cette expérimentation montre également une influence durable des conduites antérieures, des stocks d'azote hérités d'excédents de fertilisation précédents pouvant rester très longtemps mobilisables pour les cultures à fort enracinement comme la tomate. Difficile à évaluer, ces stocks semblent proportionnels au nombre de cultures d'été conduites en fertirrigation qui se sont succédées sous l'abri concerné. En effet, comme on vient de le voir, les préconisations de fertilisation ne prenant pas en compte la fourniture du sol, les apports sont largement excédentaires.

Si la contribution de ces stocks semble impossible à prendre en compte dans la pratique, il semble toutefois important de considérer que leur épuisement progressif se fait sur plusieurs années, durant lesquelles l'effet de réductions d'intrants souvent générées par un passage en AB ne sera pas décelable sur l'ensemble des cultures. Il est possible qu'un effet dépréciateur sur les rendements intervienne bien après la période de reconversion, qui demandera des ajustements ultérieurs de pratiques.

Références bibliographiques :

Bressoud F., Parès L., Lecompte F., 2003. Tomate d'abri froid. Fertilisation et restriction en azote : le standard actuel inadapté au sol. *Réussir Fruits et Légumes* 220, 30-31.

de Tourdonnet S., 1998. Maîtrise de la qualité et de la pollution nitrique en production de laitue sous abri plastique : diagnostic et modélisation des effets des systèmes de culture. Thèse DEA, INAPG, Paris, France, 192 p.

Feller C., 1979. Une méthode de fractionnement granulométrique de la matière organique des sols. Application aux sols tropicaux à textures grossières, très pauvres en humus. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.* 17, 339-346.

Leclerc B., Plumail D., Chenon P., 2008. Production et qualité des composts de déchets verts en France métropolitaine. *Echo-MO*, 70.

Martini E.A., Buyer J.S., Bryant D.C., Hartz T.K., Denison R.F., 2004. Yield increases during the organic transition: improving soil quality or increasing experience. *Field Crops Research* 86, 255-266.

Mazollier C., 2001. Le maraîchage en Agriculture biologique : Quelques principes de base. *Alter Agri* 50, 13-16.

Thuriès L., Arrufat A., Dubois M., Feller C., Hermann P., Larré-Larrouy M.C., Martin C., Pansu M., Rémy J.C., Viel M., 2000. Influence d'une fertilisation organique et de la solarisation sur la productivité maraîchère et les propriétés d'un sol sableux sous abri. *Etude et Gestion des Sols* 7, 215-229.