

Amendements organiques et maraîchage biologique sous abri : résultats de 8 années d'expérimentation

F. Bressoud, L. Parès
INRA, Domaine du Mas Blanc, 66200 Alénia, France

Objectif de l'essai

L'agriculture biologique repose sur des apports fréquents de matière organique pour maintenir un bon fonctionnement du sol. Ces apports sont particulièrement importants en cas de reconversion de sol en maraîchage, les sols étant dans ce cas généralement appauvris en matière organique. Avec la raréfaction des ressources en fumier, des composts commerciaux conditionnés en bouchon sont fréquemment utilisés, ainsi que depuis quelques années les composts de déchets verts, économiquement très intéressants mais de composition mal connue.

Tout apport organique contient une fraction minéralisable, variable selon le produit et les conditions pédoclimatiques et culturales, qui contribuera à nourrir les microorganismes puis les plantes, et une fraction plus stable qui en s'intégrant à la matrice du sol modifiera ses propriétés physico-chimiques.

Une expérimentation conduite sur du moyen terme (8 années) à l'INRA d'Alénia a permis de mieux connaître l'évolution des 2 types de compost fréquemment utilisés en système maraîcher sous abri. Ceci permettra d'optimiser les pratiques dans un double objectif : améliorer les sols et tenir compte de la minéralisation azotée pour la fertilisation des cultures, notamment les cultures longues d'été pour lesquelles les engrais organiques usuels ne permettent pas une alimentation tardive correcte.

Dispositif expérimental

L'expérimentation est conduite depuis 2002, avec reconversion en agriculture biologique d'un abri maraîcher au sol sablo-limoneux peu structuré, assez pauvre en matière organique (1,3%).

On compare à un témoin sans apport (T) l'incorporation de 2 amendements :

DV24	compost de déchets verts ¹	24 t/ha/an	(dose usuelle)
VG4	compost commercial ²	4 t/ha/an	(dose usuelle)
VG13	compost commercial	13 t/ha/an	(dose comparable en carbone à DV24)

Le système de culture consiste en une succession salade-tomate en 1^{ère} année, puis 2 salades et désinfection solaire³ la 2^{ème} année avant de reprendre un nouveau cycle.

L'azote est ajusté⁴ pour chaque culture et chaque traitement par test bandelette nitrate⁵ à un niveau inférieur de moitié aux besoins. Ceci permet juste le démarrage des cultures sans masquer d'éventuels compléments liés à la minéralisation de la matière organique endogène du sol et des amendements.

Des mesures en laboratoire (incubation de sol et de produits, fractionnements de matière organique, analyses chimiques, biomasse totale...) et des bilans à la parcelle (profils culturaux et racinaires, pénétrométrie, infiltrométrie, bilans hydrique et azoté, suivis de rendement et de qualité des cultures, expression de maladies telluriques,...) sont combinés pour réaliser un diagnostic au fil du temps. Dans cet article sont repris les principaux résultats obtenus au cours des 8 années du suivi.

Résultats après 8 années d'expérimentation

Evolution en l'absence d'apport organique

Les systèmes de culture maraîchers sous abri cumulent des conditions physico-chimiques favorables à une forte activité biologique (sols humides, températures élevées (moyenne journalière de 13°C à 25°C, atteignant 45°C pendant la solarisation), avec des passages fréquents d'outils rotatifs, et par ailleurs peu de restitutions. Ces facteurs sont favorables à une dégradation accélérée de la matière organique du sol. Or sur la parcelle sans aucun apport pendant 8 ans, les analyses indiquent tout de même un léger

¹ broyat de déchets verts (bois de taille, élagage, débroussaillage, tonte de pelouse) compostés 6 mois (plate-forme de Saint Cyprien)

² tourteaux de café 55% fumier de bergerie 30% poussières de laine 10% et magnésie 5% (Phalippou-Frayssinet)

³ consiste à couvrir la parcelle avec un paillage transparent en cours d'été pour élever la température du sol afin de détruire les champignons pathogènes

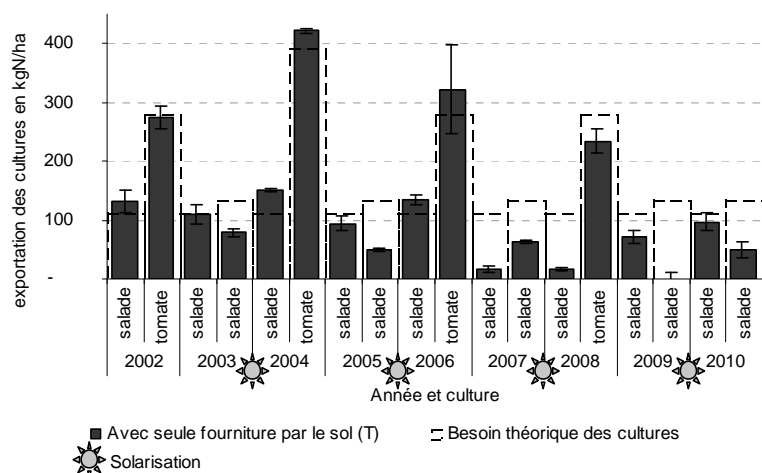
⁴ par de la farine de plume hydrolysée (14% N)

⁵ bandelette Merck avec lecture au réflectomètre RQFlex

gain, avec au final environ 60 t MO/ha, surtout composé de formes grossières à C/N élevé. Ceci peut s'expliquer par la pratique maraîchère de plantation en mottes de terreau, correspondant à environ 1.5 t MO/culture - soit 3 t/an avec le système de culture choisi -, ce qui entraîne une accumulation non négligeable de tourbe très peu dégradable.

Par ailleurs, les suivis de minéralisation du stock organique endogène, soit par incubation de sol, soit par calcul des bilans, montrent que malgré une activité biologique assez faible, on a grâce aux conditions microclimatiques très favorables une libération conséquente d'azote, de l'ordre de 400 kg N-NO₃/ha/an. Le sol contribue fortement à l'alimentation des cultures, en assurant alors plus de 80 % des besoins. Cependant, en l'absence d'entretien du stock organique du sol, avec les seuls apports de terreaux, les différentes mesures montrent que cette dynamique commence à décroître au bout de 5 ans, comme l'illustre la baisse des exportations azotées par les cultures en situation de carence à partir de 2005 (Figure 1).

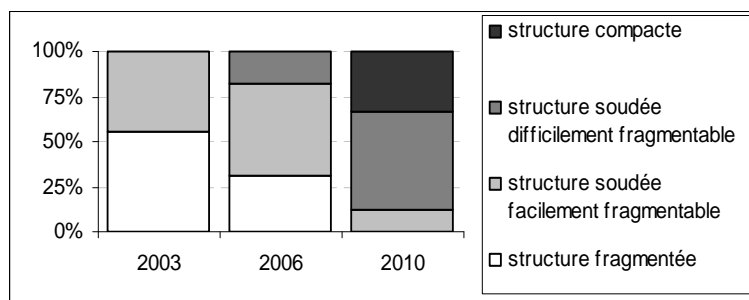
Figure 1 : Exportations d'azote par les cultures successives (en kg N/ha) pour le traitement témoin sans apport



On peut toutefois remarquer que la présence d'une solarisation dans le cycle de culture permet de reconstituer des stocks d'azote pour la salade d'automne suivante, qui bénéficie ainsi d'une meilleure alimentation sans apport supplémentaire.

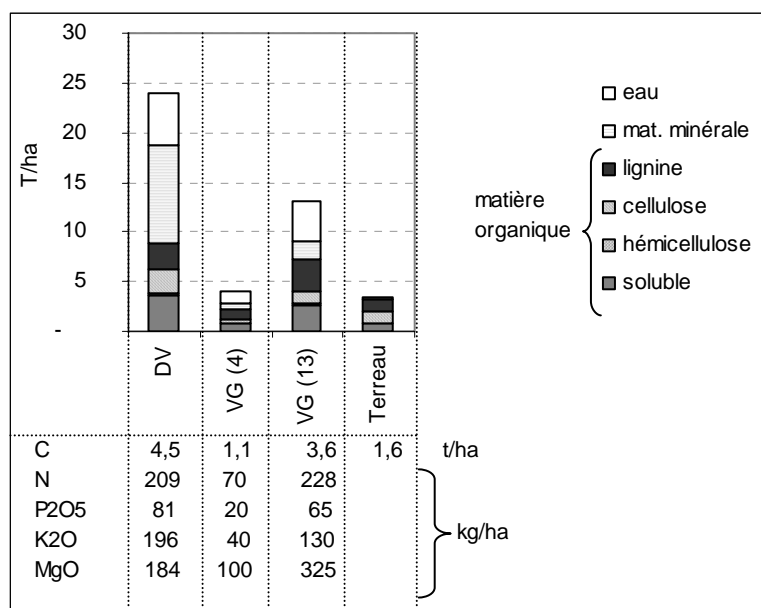
Ainsi, malgré le maintien apparent du taux de matière organique par le terreau des mottes, cette baisse de la minéralisation confirme une évolution vers des formes moins dégradables, et qui semblent également moins intéressantes en terme de stabilité structurale. En effet, les profils culturaux montrent au fil des années une augmentation de la prise en masse du sol durant les cultures de salade, avec une structure finale assez compacte qui limite de la prospection racinaire en profondeur (Figure 2).

Figure 2 : Evolution du type de structure de sol au cours du temps en l'absence d'apport organique (témoin)



Modifications du sol

Figure 3 : Apports annuels selon les produits organiques



La composition chimique des différents apports diffère, en quantité d'éléments comme en constituants organiques (Figure 3).

Les analyses de terre effectuées montrent que les éléments minéraux contenus dans les composts limitent l'appauvrissement du sol, le solde après 8 années de culture en l'absence de fertilisation restant toutefois négatif pour le phosphore et la potasse. On retrouve environ 70 à 80 % de l'azote et 70 % du phosphore amené par les composts stockés dans le sol, probablement sous forme organique, et seulement 10 % de la potasse, sans doute du fait de sa nature plus mobile.

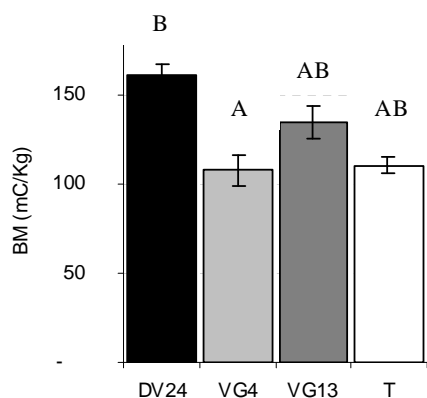
Le gain net de carbone au bout de 8 ans est d'une quinzaine de tonnes pour les

apports annuels à fortes doses DV24 et VG13, et d'environ 5 t C/ha pour VG4, soit à peu près de 35 % à 45 % du carbone apporté pour chacun d'eux. On obtient par ailleurs avec les 2 traitements à fortes doses DV24 et VG13 le même enrichissement en fraction fine liée dans le sol, mais le compost commercial augmente d'avantage la fraction grossière 200-2000 µm, tandis qu'on a une accumulation visible de fragments de taille 2-20 mm, non pris en compte dans ces analyses, avec le compost de déchet vert plus grossier.

Les 2 composts se comportent différemment en incubation au laboratoire, le compost commercial libérant en moins d'un mois plus de 20 % de son azote, tandis qu'il y a une légère réorganisation initiale avec prélèvement d'azote de l'ordre de 1 à 2 kg N/t de compost dans le milieu pour le déchet vert, puis très lente minéralisation. Les fractions organiques accumulées contiennent d'ailleurs plus d'azote que celles du témoin et surtout que celles du traitement avec le compost commercial. Les suivis de parcelle montrent après 5 à 6 années d'apport une légère augmentation de la libération de nitrates avec le compost de déchet vert, sans doute par arrière-effet lorsque ces fractions libres entrent en dégradation, et ce gain finit par être significatif dans les incubations de sol prélevé en fin d'expérimentation, avec 0,7 kg N/ha/j produit au lieu de 0,3 kgN/ha/j pour VG13 et des valeurs quasi nulles pour les deux autres traitements.

On a également un dégagement plus important de CO₂, indice d'une activité microbienne plus forte qui est confirmée par les mesures de biomasse, significativement plus importante après 8 années d'apports de composts de déchets verts qu'avec la forte dose de compost commercial, et surtout qu'avec les autres traitements (Figure 4) où elle reste faible.

Figure 4 : Mesure de biomasse microbienne après 8 années



L'augmentation de la fraction liée de matière organique entraîne aussi une amélioration notable de la capacité d'échange cationique (CEC) avec les forts apports de composts VG 13 et surtout DV24 (respectivement + 1,5 et + 2 Cmol+/kg), ce dernier réhaussant également le pH de 7 à presque 8.

Pour l'ensemble des traitements avec apport de compost, la structure de sol reste similaire, sans dégradation visible au cours du temps, avec une bonne prospection racinaire des salades jusqu'à 60 cm de profondeur. Si ni les densités apparentes, ni la pénétrométrie n'ont montré de différences significatives, des tests

d'infiltrométrie⁶ ont révélé une capacité de drainage significativement supérieure avec les apports de déchets verts, signe d'une porosité grossière supérieure pour DV24 peut-être due à plus de galeries de lombrics mais aussi à de nombreux débris grossiers dans la matrice du sol.

Incidence sur les cultures

En l'absence de fertilisation, les forts apports de compost organique ont permis d'améliorer un peu la nutrition des cultures, surtout en fin d'expérimentation. On observe des teneurs significativement supérieures en N et K pour les salades au bout de 7 années, mais pas de différences pour le phosphore, le sol étant par ailleurs bien pourvu en cet élément.

Si les rendements diffèrent assez peu les premières années, on observe après 6 ans, lors de la baisse de rendement observée sur salade, des valeurs supérieures d'environ 30 % avec les forts apports de composts. Malgré des tendances similaires, ceci ne se retrouve pas de manière significative pour la tomate.

Avec le compost du commerce à fortes doses, cet effet est plus précoce du fait d'une libération d'azote annuel, tandis que pour le compost de déchet vert il s'agit plus d'un arrière-effet, avec même des résultats commerciaux significativement supérieurs à tous les autres traitements pour la 14^{ème} et dernière salade. Sur les dernières années, on observe notamment avec cet amendement organique une amélioration de la situation sanitaire avec une légère limitation des pertes par *Sclerotinia* sp. et surtout *Botrytis cinerea*, comme le montrent les notations effectuées sur les 9 dernières cultures de laitues.

Conclusion

Les conditions culturales et pédoclimatiques des systèmes maraîchers sous abri sont originales à bien des égards, et notamment vis-à-vis de l'accumulation et de la dégradation de la matière organique.

Afin d'en éclairer les fonctionnements, notamment dans le but d'aider à l'entretien ou la reconstitution d'une bonne fertilité des sols pour l'agriculture biologique, 3 modalités d'apports de compost ont été comparées à un témoin sans entretien sur 8 années.

Ceci a permis de montrer qu'en l'absence d'apports, le terreau des mottes de plantation dans ce système masque totalement à l'analyse la perte de matière organique endogène, mais ne compense pas cette disparition. En effet, on assiste progressivement, après 5 à 6 ans, à une diminution de la minéralisation du sol et à une dégradation de sa structure, qui finit par entraver le système racinaire des cultures. En l'absence d'une fertilisation adaptée, des pertes de rendement apparaissent alors, mais dépendent du système de culture mis en œuvre. Pour les cultures estivales à forte prospection racinaire, ou après une période de solarisation qui permet de reconstituer les stocks du sol, elles peuvent être peu perceptibles sur le moyen terme. Les faibles apports de matière organique, de l'ordre de ce qui est couramment pratiqué avec les composts commerciaux, ne suffisent pas à modifier ces tendances.

Ce n'est qu'avec de forts apports, de l'ordre de 4 à 5 tonnes de carbone organique par an, que l'on observe une amélioration de l'ensemble des facteurs physiques, chimiques, biologiques et agronomiques étudiés. Ces doses agronomiquement efficaces ne sont économiquement supportables que pour le compost de déchets verts.

Les 2 produits testés, aux caractéristiques physico-chimiques contrastées, montrent des comportements assez différents. Une partie du compost commercial se minéralise plutôt rapidement, mais les fractions résiduelles accumulées se montrent en revanche plus récalcitrantes à des évolutions secondaires que le déchet vert, qui semble avoir un arrière effet intéressant, par une minéralisation tardive après quelques années d'apports cumulés. Ces différences de comportement se traduisent par des conséquences un peu différentes sur le sol et les plantes.

A 24 t/ha/an, le compost de déchets verts permet le maintien d'une structure de sol plus fragmentée, avec une meilleure porosité, et une amélioration substantielle des fertilités tant biologiques que chimiques. Le cumul des apports ne provoque pas d'effets dépressifs et, au bout de quelques années, ceci se traduit au contraire par une meilleure nutrition des cultures, avec des gains de rendement possibles en situation de restriction d'intrants.

⁶ méthode beerkan