

## Synthèse des essais amendements organiques et engrais organiques conduits en maraîchage biologique

Hélène VEDIE (GRAB) et Blaise LECLERC (ITAB)

Mars 2015

Réalisée dans le cadre du

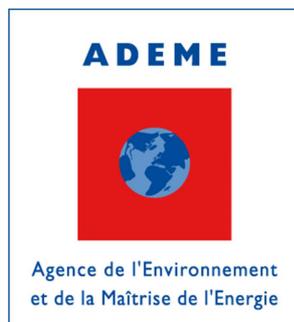
# RESEAU PRO

Création d'un réseau d'essais au champ et d'un outil de mutualisation des données pour l'étude de la valeur agronomique et des impacts environnementaux et sanitaires de Produits Résiduaire Organiques recyclés en agriculture

Projet AAP 2010 CAS DAR n°10095

Convention de financement ADEME n°1006C0034

Affilié aux RMT « Fertilisation et Environnement » et « Quasaprove »



## Table des matières

Introduction.....	2
Références des comptes rendus d'essais.....	3
Partie 1 : essais amendements organiques.....	4
Essai matière organique 2002-2010 INRA Alénia.....	4
Essai matière organique 1995-2010 SERAIL.....	8
Comparaison essais MO de longue durée.....	12
Recommandations lors de la mise en place d'un essai « amendements organiques ».....	13
Partie 2 : essais engrais organiques.....	14
1. Essais CIVAM BIO 66 (sous abris).....	14
2. Essais GRAB (sous abris).....	15
3. Essais APREL (sous abris).....	15
4. Autres essais hors Réseau PRO (sous abris).....	16
5. Essais LCA (plein champ).....	16
6. Essais GRAB (plein champ).....	16
Bilan des essais engrais organiques.....	17
Recommandations lors de la mise en place d'un essai « engrais organiques ».....	18

## Introduction

Dans le cadre du Casdar Réseau PRO, l'ITAB a recensé plusieurs expérimentations ayant permis d'évaluer différents types de produits organiques en **maraîchage biologique**, en amendements pour améliorer la fertilité des sols, ou en engrais pour améliorer la nutrition, notamment azotée, des cultures.

Ce recensement a permis d'identifier principalement :

- 2 essais amendements organiques de longue durée conduits à l'INRA d'Alénia sous abri (10 ans) et à la station expérimentale SERAIL en plein champ (15 ans),
- 7 essais annuels d'engrais organiques azotés testés en maraîchage sous abris (stations d'expérimentation CivamBio66, GRAB, Aprel),
- 7 essais annuels d'engrais organiques azotés testés en maraîchage de plein champ (stations d'expérimentation GRAB, LCA),

En outre, la synthèse a utilisé les résultats de 3 autres essais annuels d'engrais organiques azotés testés en maraîchage sous abris (stations AIREL devenue INVENIO et SECL).

Ce document est une synthèse de ces différents essais, amendements d'une part et engrais d'autre part, tentant d'en dégager les principales conclusions. En outre, nous proposons des pistes de réflexion pour améliorer les acquisitions de références dans le cadre d'expérimentations en maraîchage biologique. Ces propositions viennent compléter le Guide Méthodologique Réseau Pro élaboré dans le cadre du projet Casdar, qui contient des recommandations à l'usage des expérimentateurs sur les dispositifs, protocoles et méthodes à utiliser sur les essais.

## Références des comptes rendus d'essais

- ARRUFAT A. et al., 2002. « Concombre sous abri : fertilisation en zone vulnérable ». Compte-rendu CivamBio 66- 2002.
- ARRUFAT A., PLANAS G., 2003. « Fertilisation en zone vulnérable nitrate : concombre sous abri 2003 ». Compte-rendu CivamBio 66- 2003.
- ARRUFAT A., et al., 2004. « Fertilisation en zone vulnérable nitrate : concombre sous abri 2004 ». Compte-rendu CivamBio 66- 2004.
- ARRUFAT A., 2010. « Irrigation fertilisante en AB : aubergine sous abri 2010 ». Compte-rendu CivamBio 66 2010.
- BRESSOUD Frédérique, PARES laure, 2010. « Gestion des apports organiques en systèmes de culture maraîchers – (Abri en conversion à l'agriculture biologique) ». Rapport final INRA Alénia 2002-2010.
- CLERC H., LANAVE J.L., 2000. « Tomate en agrobio : essai fertilisation ». Compte-rendu AIREL Montesquieu 2000.
- CLERC H. et al., 2003. « Tomate : essai fertilisation en AB ». Compte-rendu AIREL Montesquieu, 2003.
- DRAGON Sophie, 2009. « Effets d'apports de différents fumiers et composts sur les propriétés d'un sol sablo-argileux – Bilan de 15 années d'essai en culture légumière » - Mémoire de fin d'études SERAIL-Agrocampus Ouest.
- FLOURY H., LE QUEMENT M., 1999. « Tomate en agrobiologie sous grand tunnel : Gestion de la fertilisation organique ». Compte-rendu SECL-Ctifl, 1999.
- MOUTON Sandrine, 2011. « Betterave rouge 2011 : Optimisation de la fertilisation organique en AB ». Compte-rendu LCA 2011 n° 8.01.02.112.
- TORRES M., GOILLON C., et al., 2011. « Ferti-irrigation organique en agriculture biologique ». Compte-rendu APREL 11-051.
- VEDIE H., MAZOLLIER C., 2003. « Fertilisation en cours de culture d'aubergine sous abri en maraîchage biologique ». Compte-rendu GRAB 2003.
- VEDIE H., MAZOLLIER C., 2004. « Fertilisation en cours de culture de melon sous abri en maraîchage biologique ». Compte-rendu GRAB L04PACA03, 2003.
- VEDIE H., 2007. « Fertilisation du poireau de plein champ en AB - Test de différentes doses d'azote et de 2 types d'engrais ». Compte-rendu GRAB L07LR04, 2007.
- VEDIE H., 2008. « Fertilisation du chou pommé en AB - Test de différentes doses d'azote et de 2 types d'engrais ». Compte-rendu GRAB L08LR04, 2008.
- VEDIE H., 2008. « Fertilisation du chou vert lisse en AB - Test de différentes doses d'azote et de 2 types d'engrais ». Compte-rendu GRAB L08LR05, 2008.
- VEDIE H., 2009. « Fertilisation de la courge en AB - Test de différentes doses d'azote et de 2 types d'engrais ». Compte-rendu GRAB L09LR05, 2009.
- VEDIE H., 2010. « Fertilisation oignon en AB - Test de différentes doses d'azote et de 4 types d'engrais ». Compte-rendu GRAB L10LR06, 2010.
- VEDIE H., 2011. « Fertilisation du poireau en AB - Test de différentes doses d'azote et de 4 types d'engrais ». Compte-rendu GRAB L11LR07, 2011.

## Partie 1 : essais amendements organiques

### ESSAI MATIERE ORGANIQUE 2002-2010 INRA ALENYA (Perpignan, 66)

D'après Bressoud & Pares, 2010

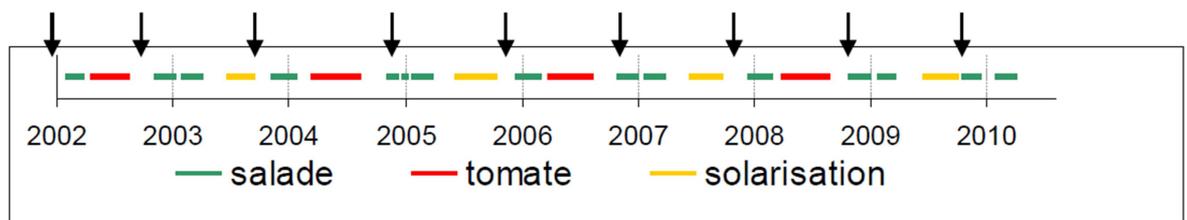
#### Caractéristiques de l'essai :

- Maraîchage sous abri, bi-chapelle de 450 m<sup>2</sup>
- Conversion à l'AB en 2002
- Sol sablo-limoneux, 1,3% de MO, pH 7
- 4 Modalités :
  - DV 24 : compost de déchets verts, composté 6 mois, 24 t/ha/an
  - VG 4 : Végéhumus (Phalippou-Frayssinet), compost commercial à base de fumier ovin (35%), Bourres de laine (10%), tourteaux et pulpes de fruits (café, olives... 55%), 4 t/ha/an (dose usuelle)
  - VG 13 : Végéhumus 13 t/ha/an, correspondant à un apport de MO équivalent à DV 24
  - Témoin sans apport

Les amendements sont apportés tous les ans en novembre

- Dispositif sans répétition des traitements, 3 répétitions des mesures sur 3 m<sup>2</sup>
- Succession culturale : 1 année salade – tomate suivie d'une année 2 salades – solarisation

Apport d'amendement organique



- Travail du sol : cultivateur à dents + herse rotative
- Fertilisation complémentaire :
  - selon analyses sol pour P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O
  - selon tests nitrates pour l'azote de façon à assurer un niveau minimum à la plantation : 40 kg/ha pour salade automne, 50 kg/ha salade hiver et 80 kg/ha tomate (1). L'azote est apporté par un engrais de farines de plume hydrolysées.

#### Mesures réalisées :

- Mesures *in situ* : - sol :
- tension de l'eau à 20 et 30 cm
  - Humidité du sol et [NO<sub>3</sub><sup>-</sup>] sur 0-30 et 30-50 cm
  - Profil cultural, densités apparentes
  - Infiltrométrie beerkan simplifié, pénétrométrie
- cultures :
- rendement, production de MS et [N] toutes les plantes
  - [P], [K], [Mg] certaines plantes
  - Incidence des maladies telluriques
- amendements : analyses chimiques tous les 2 ans, ISB, ISMO (sur la base de résultats d'analyse en 2002)
- Mesure de laboratoire sur le sol : - fractionnement granulométrique des MO, minéralisation C et N, biomasse microbienne (2006, 2010)

## Principaux résultats :

- Caractéristiques des amendements

	C/N	ISB	ISMO
Terreau	87,5	-	88,2
DV (P.F St Cyprien, 66)	21,6	42,7	87,8
VG	15,6	86,5	87,4

- Sur le statut organique du sol

Malgré l'absence d'apport, le taux de MO du sol augmente légèrement sur le témoin : cette augmentation est liée à l'apport de terreau par les mottes de plantation, qui correspondent à 1,5 t MO/ha/culture soit 3 t MO/ha/an, sachant que le rapport C/N du terreau est très élevé, de 87,5. Le gain net de MO dans les différents traitements, obtenus par différence avec le témoin, est d'environ 30 t MO/ha pour VG13 et DV24, et 10 t MO/ha pour VG4, soit environ 40% de l'apport pour chacun d'eux. Ces chiffres sont inférieurs à ceux estimés par l'ISMO, de l'ordre de 80%, ce qui peut être lié à la non prise en compte dans cette analyse des fractions supérieures à 2 mm dans les échantillons de terre analysés, nombreuses dans le compost de déchets verts.

Le fractionnement granulométrique de la MO du sol montre que les 2 amendements augmentent la fraction fine stable (< 50 µm) de la MO en proportion identique, mais la fraction grossière 200-2000 µm augmente plus sur VG13 que sur DV24. On a par ailleurs une augmentation visible des fragments de taille 2-20 mm sur les modalités DV qui ne sont pas prises en compte par cette analyse.

- Sur les propriétés chimiques du sol :

### Fournitures d'azote :

Le suivi des nitrates dans le sol au champ montre que la fourniture d'azote est notable pour les traitements VG13 et DV 24 à partir de la 4<sup>ème</sup> année, et pour VG4, à partir de la 7<sup>ème</sup>, en comparaison au témoin. La fourniture par le sol est visiblement réduite sur le témoin à partir de la 5<sup>ème</sup> année. Cela s'est traduit par des apports de fertilisants azotés légèrement inférieurs sur ces modalités : en moyenne -14 % sur VG4, -17% sur DV24 et -33% sur VG13. Les incubations de sol au laboratoire montrent que le VG libère en moins d'un mois 20% de son N, alors qu'il y a légère réorganisation suivie d'une libération lente avec le DV. En fin d'expérimentation, la minéralisation devient légèrement plus importante pour DV24 que pour VG13, signe d'arrière effets importants avec ce produit à haute dose, alors qu'elle reste faible sur VG4.

Le compost de déchets verts augmente donc la minéralisation de l'azote au bout de quelques années alors que le végéhumus a une minéralisation annuelle régulière d'environ 35% de son azote.

### pH et CEC :

L'augmentation de la CEC est notable pour les apports de composts à fortes doses : + 1,5 Cmol<sup>+</sup>/kg pour VG 13 et + 2 Cmol<sup>+</sup>/kg pour DV 24, en relation avec une élévation de presque 1 point de pH pour ce dernier.

- Sur les propriétés biologiques

En fin d'essai, la biomasse microbienne est supérieure pour les traitements avec forts apports de composts, DV24 et VG13. Elle est significativement supérieure pour DV24, pour lequel on trouve plus de microorganismes par unité de carbone dans le sol. Cela se traduit par des potentiels de minéralisation de C et N supérieurs.

- Sur les propriétés physiques du sol

Les profils sont semblables jusqu'en 2006, puis la structure du sol se dégrade nettement dans le témoin, avec des problèmes de prise en masse, de perte de la porosité et un développement racinaire inférieur. Ces différences visibles sur les profils, ne sont pas décelables sur les mesures de densité apparente et de pénétration. Par contre, le débit d'infiltration à saturation, lié à la porosité grossière, est supérieur pour les traitements avec forts apports de compost, notamment avec le compost de déchets verts. Cet effet peut être lié à la granulométrie élevée de ce produit.

- Sur les résultats culturaux

#### Nutrition des cultures :

- N : les exportations en azote des salades sont supérieures sur VG13 dès les premières années, alors que DV24 limite d'abord le niveau de ces exportations. A partir de la 6<sup>ème</sup> année, ces 2 traitements génèrent des exportations similaires, supérieures à VG4 et au témoin. Par contre, on n'a pas de différences d'Indice de nutrition azotée (INN) entre traitements pour les différentes cultures de tomates.
- Les 2 dernières années, les compositions moyennes des cultures en éléments majeurs montrent également un enrichissement des salades en potassium pour VG13 et DV24, alors qu'on n'a pas de différence pour la tomate.
- On n'a pas de différences pour le phosphore

#### Rendement

Sur la durée de l'essai, on a un gain de production commercialisable sur les modalités à forts apports de compost de + 18% pour VG13 et + 7% pour DV24 par rapport au témoin. La différence s'amenuise en fin d'essai avec des niveaux de productivité proches et supérieurs de 28% au témoin, confirmant l'intérêt d'un entretien organique sur la durée.

On a peu de différences de rendement sur les cultures de tomates, avec des rendements proches sur toutes les modalités, et stables dans le temps. On observe cependant une amélioration de l'efficacité de l'azote en conditions d'alimentation restreinte : de 2,4 kg N/ha/t de fruits au début de l'essai, on est à 2 kg N/ha/t de fruits les dernières années.

#### Incidence des maladies telluriques

Les notations sur les 9 dernières cultures de laitues montrent que les maladies telluriques ont moins d'incidence sur les modalités amendées, notamment avec VG24 : la part de déchets liée aux maladies (surtout Botrytis, mais aussi Sclerotinia) est de 12% sur DV24, 17% sur VG4 et VG13, et 21% sur le témoin.

#### Conclusion

Dans ce système, l'apport de MO par les mottes de plantation masque à l'analyse la perte de MO endogène du sol, mais on assiste progressivement après 5 à 6 ans sans apport

d'amendements, à une diminution de la minéralisation, à une dégradation de la structure, et à une perte de rendement. Cette perte reste limitée à moyen terme sur les cultures plus longues à fort développement racinaire (tomate) ou après une solarisation.

L'effet d'apports organiques n'est visible que pour les fortes doses, correspondant à 5 t C/ha/an. Dans cet essai, une partie du végéthumus minéralise rapidement, mais l'autre partie est plus récalcitrante à des évolutions ultérieures. Le compost de déchets verts provoque des faims d'azote les premières années, mais a des arrière-effets intéressants par une minéralisation tardive après quelques années de cumul. Ce produit a le plus d'effet sur la structure et la porosité du sol et l'activité biologique. Les amendements à fortes doses permettent des gains de rendement en situation de restriction d'intrants.

## ESSAI MATIERE ORGANIQUE 1995-2010 SERAIL (Brindas, 69)

D'après Dragon, 2009

### Caractéristiques de l'essai :

- Maraîchage plein champ
- Conversion à l'AB en 1999
- Sol sablo (66%) - argileux (17%) sur granit avec 30% de cailloux, 2,1% de MO, pH eau 6,6
- 6 modalités produit :
  - Fumier bovin frais
  - Fumier bovin déshydraté granulé (Fumeterre), même composition que fumier frais
  - Compost de déchets verts
  - Compost d'écorces enrichi avec fumier volailles, lisier, algues (alгоforest)
  - Végéhumus, compost commercial à base de fumier ovin (35%), Bourres de laine (10%), tourteaux et pulpes de fruits (55%, café, olives...)
  - Témoin sans apport
- 2 doses produit :
  - EqC : dose équivalente au C apporté par 30 t/ha de fumier frais ; en moyenne sur l'essai 2,6 t C/ha/an
  - EqH : dose équivalente à la MO stable apportée par 30 t/ha de fumier frais, calculée à partir de l'ISB ; en moyenne 1,7 t MO stable/ha/an
- 2 conduites de la fertilisation azotée :
  - Zéro N : pas d'apport (sur modalités EqH)
  - N dispo selon besoins des cultures et N sol (sur modalités EqC et EqH)

Les engrais et amendements sont apportés tous les ans au printemps, enfouis à la rotobêche.

- Dispositif en blocs de type split-plot à 3 répétitions.
- Succession culturale : laitue – navet - EV(blé) – poireau – laitue – navet - EV(blé) – poireau – carotte – chou - EV(blé) – laitue – épinard – blette – poireau – carotte – laitue - céleri branche – chou – poireau - carotte.
- Travail du sol : planches permanentes.
- Fertilisation complémentaire : rééquilibrage en P, K, Mg chaque année. Chaulage à partir de 1999.

### **Apports moyens annuels et typologie des produits :**

Produit	Dose apportée (t/ha)		Dose N total (kg/ha)		ISB	ISMO	C/N	Granulométrie
	EqC	EqH	EqC	EqH				
Fumier frais	28,2	28,2	166	166	35		17	Très grossier
Fumier déshydraté	7,5	7,8	124	129	33		23	Bouchons (0,7 x 1,5 cm)
Compost DV	23,1	14,7	194	123	76	92	16	Grossier
Compost écorces enrichi	25,3	19,1	263	199	50	86	11	Très fin
Végéhumus	10,7	6,2	209	121	85	68	14,5	Très fin

### **Mesures réalisées :**

- sol : Analyses de sol tous les ans (échantillons composites), [NO<sub>3</sub><sup>-</sup>] sur 0-30 cm  
Statut organique, biomasse microbienne, minéralisations C et N (2004-2009)  
Profil cultural, densités apparentes (2004, 2009)  
Densité texturale (méthode au pétrole), stabilité structurale (test Le Bissonnais et Souder, 1995), rétention en eau, test de résistance à la compaction (2004, 2009)  
Infiltrométrie beerkan simplifié, 2009  
Peuplement lombricien, 2009
- cultures : rendement, production de MS et [N] [P], [K], [Mg]
- amendements : composition et ISB tous les ans, ISMO en 2009

### **Principaux résultats :**

- Sur le statut organique du sol

Malgré l'absence d'apport, le taux de MO du sol est stable sur le témoin : l'entretien est-il assuré par les résidus ? les quelques engrais verts ? les mottes de plantation ?

En fin d'essai, tous les amendements ont permis d'augmenter le taux de MO du sol : + 0,5% pour fumiers et végéthumus ; + 1,2% pour le compost DV et + 0,8% pour le compost d'écorces enrichi. L'augmentation a lieu entre 1995 et 2004, puis se stabilise : la cinétique de stockage est plus rapide les 1<sup>ères</sup> années de mise en œuvre des pratiques « stockantes ». L'ISB n'est donc pas un bon prédicteur pour le compost d'écorces enrichi (ISB moyen) et le végéthumus (ISB très élevé). L'effet dose est très notable pour le compost DV, il l'est un peu pour végéthumus, et ne l'est pas pour le compost d'écorces enrichi (doses peu différentes ?). Tous les amendements alimentent surtout la fraction fine stable (< 50 µm) de la MO sauf le végéthumus qui alimente la fraction grossière 200-2000µm.

- Sur les propriétés chimiques du sol :

#### Fournitures d'azote :

*Remarque préalable : Cette partie est assez peu renseignée*

Le suivi des nitrates dans le sol au champ montre que le végéthumus, et dans une moindre mesure le compost d'écorces enrichi, sont les amendements qui minéralisent le plus d'azote rapidement après leur apport. Le compost de déchets verts est celui qui apporte le moins d'azote, et le fumier est intermédiaire.

Des tests de minéralisation en conditions contrôlées réalisés en 2009 montrent que la minéralisation de l'azote est supérieure sur tous les traitements amendés en comparaison au témoin, mais les différents traitements ne se distinguent pas entre eux.

#### pH et CEC :

Entre 1995 et 1999, sans chaulage, le pH est stable sur le témoin, il augmente très légèrement sur les traitements fumiers, et il augmente significativement, entre + 0,4 et + 0,5 points pour le compost de DV, le compost d'écorces et le végéthumus. Ces 3 produits ont donc un effet alcalinisant sur le sol. L'augmentation de la CEC, en lien avec celle du pH et de la MO humifiée, augmente significativement plus sur le traitement compost d'écorces, avec + 2 Cmol+/kg.

Après rééquilibrage du pH entre 1999 et 2009, celui-ci est compris entre 7,3 et 7,6 sur toutes les parcelles. C'est alors sur les modalités compost d'écorces et compost DV que l'on a une augmentation de CEC significative par rapport au témoin, avec +1 Cmol+/kg.

#### ETM :

Les fluctuations de concentrations sont surtout liées à d'autres sources que les amendements, les teneurs en ETM du témoin évoluant dans le temps de façon identique à celle des parcelles amendées. Cependant on note une augmentation significative du cadmium sur le traitement fumier, du plomb sur le traitement végétumus et du zinc sur le traitement compost d'écorces enrichi.

- Sur les propriétés biologiques

Biomasse microbienne : Tous les amendements ont augmenté la biomasse microbienne par rapport au témoin. Les fumiers sont les produits qui l'augmentent le plus, les composts d'écorces et DV ont l'effet le moins marqué et le végétumus est intermédiaire. La dose d'apport a un effet favorable, ainsi que la fertilisation azotée.

Rapportée à l'unité de carbone du sol, la biomasse microbienne est supérieure pour les fumiers et végétumus.

Minéralisation du carbone en conditions contrôlées : Lorsqu'ils sont apportés à forte dose (EqC), ce sont les trois composts qui engendrent les plus importants dégagements de CO<sub>2</sub>, alors qu'à la dose EqH, les fumiers frais et déshydraté arrivent en tête. Rapportée à la quantité de carbone présente dans le sol de chaque modalité, c'est pour le fumier, le fumier déshydraté et le compost de tourteaux que la minéralisation est la plus forte. C'est donc grâce à un taux de carbone du sol plus élevé que la minéralisation est supérieure pour le compost de DV et le compost d'écorces apportés à forte dose, malgré une biomasse plus faible.

Vers de terre : Le fumier déshydraté, le compost DV et le végétumus augmentent en tendance les populations lombriciennes.

- Sur les propriétés physiques du sol

Les différences de structure observées sur les profils et les résultats de densités apparentes sont peu nets et parfois contradictoires entre 2004 et 2009 : il est difficile d'apprécier précisément l'effet des modalités sur ces indicateurs, le travail du sol (et le chaulage ?) ayant visiblement plus d'effet que l'apport d'amendements.

Les tests de stabilité structurale donnent en tendance une meilleure stabilité sur les traitements fumiers, les trois composts ayant une action moins prononcée. Il y a une corrélation positive entre biomasse microbienne et stabilité structurale.

La résistance au compactage (tests sur sol humide) est supérieure pour le compost de DV et le fumier frais par rapport au végétumus. Cet effet serait lié à la granulométrie élevée de ces produits. Mais le test n'a pas été réalisé pour le compost d'écorces et le fumier déshydraté.

Tous les amendements améliorent la réserve en eau du sol par rapport au témoin, avec un effet moins marqué pour le végétumus. Il y a un effet positif de la dose d'apport.

- Sur les résultats culturaux

Rendement : En moyenne sur les 15 années d'essai, pour les parcelles non complémentées en azote, les rendements obtenus sont :

Végéhumus, compost d'écorces > fumiers > compost de déchets verts, témoin

Ce résultat va donc dans le même sens que la minéralisation de l'azote à court terme mesurée au champ.

## Conclusion

Le bilan de l'essai de longue durée de la Serail peut être synthétisé avec le tableau ci-dessous dans lequel sont donnés les effets des 5 types d'amendements sur différentes propriétés du sol.

- : effet nul à négatif

+ : effet positif

++ : effet très positif

## Bilan

Amendement \ Propriété du sol	Compost DV	Compost d'écorce enrichi	Fumier frais	Fumier déshydraté	Compost de tourteaux enrichi
Humus du sol	++	++	+	+	+
% MO du sol sous forme vivante (BM)	-	-	++	++	+
Structure du sol	++	+			
Résistance au compactage	++		++		-
pH	++	++	-	-	+
Effet fertilisant (N)	-	++	++	+	++
CEC	++	++	+	+	+



## Comparaison essais MO de longue durée

Les 2 essais comportent des modalités « Végéthumus » (VG) et « Déchets verts » (DV) comparés à un témoin sans apport. Cependant, les produits ne sont pas exactement les mêmes : compost déchet verts 66, ISB = 42,7 et C/N = 21,6, et compost déchets verts de St Etienne, utilisé à la Serail, ISB = 76 et C/N = 16, même si les valeurs ISMO sont semblables. En terme de dose, le 24 t/ha utilisé à Alénia correspond presque aux 23,1 t/ha apportées en moyenne sur « EqC » à la Serail, mais la dose de végéthumus est de 10,7 t/ha/an à la Serail, contre 4 ou 13 t/ha/an à Alénia. Pour le végéthumus, les valeurs d'ISB mesurées sur les 2 essais sont équivalentes mais les ISMO sont différents.

### Comparaison des résultats des 2 essais du réseau PRO :

	Essai Alénia (10 ans)	Essai Serail (15 ans)	observations
MO du sol	- stable sur le témoin - augmentation surtout MO stable (< 50 µm), mais VG alimente aussi MO grossière (200-2000µm) et DV très grossière (>2mm)		Effet augmentation surtout les 10 1 <sup>ères</sup> années (Serail)
	La MO augmente de façon identique sur les 2 traitements	Le Corg augmente + sur DV (+ 39%) que VG (+ 17%)	
Fournitures N	VG minéralise plus rapidement que DV (faim d'azote les 1 <sup>ères</sup> années) Après plusieurs années fournitures équivalentes		Intérêt de coupler des mesures de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> au champ et des incubations sol au labo
pH et CEC	Augmentation de la CEC et du pH pour les 2 produits		
	pH augmente + sur DV	Après rééquilibrage du pH, c'est DV qui augmente + la CEC	
Biomasse microbienne	Elle augmente sur VG et DV		Moins importants pour ces 2 produits que le fumier (Serail)
	DV > VG (fin essai)	VG > DV	
Minéralisations C et N sol labo	DV > VG (fin essai)	Pour C : DV > VG (car + de C)	
Propriétés physiques	- Dégradation structure dans le témoin - porosité grossière > pour DV (fragments grossiers ?)	- Pas net (effet W sol) - corrélation + entre biomasse microbienne et <u>stabilité</u> structurale - Résistance compaction > pour DV (fragments grossiers ?) - RU eau supérieure pour DV	
Résultats culturaux	Moyenne sur 10 ans : + 18% VG et + 7% DV En fin d'essai : + 28%. Peu visible sur tomate	Moyenne 15 ans VG > DV = témoin	

## **Recommandations lors de la mise en place d'un essai « amendements organiques »**

- Bien caractériser les produits qui sont utilisés (y compris ceux du commerce) : résultats différents = produits différents ? => nécessité de réaliser systématiquement des analyses chimiques et biochimiques des amendements épandus.
- Bien identifier/quantifier les différentes sources de MO qui peuvent expliquer les évolutions du carbone du sol, notamment dans le témoin : terreau, engrais verts, résidus de culture...
- Bien identifier avant la mise en place de l'essai les facteurs qui seront étudiés (sur la culture : rendement, qualité, etc. ; les propriétés du sol (capacité de rétention en eau, CEC, évolution des teneurs en C, en N, stabilité de la structure, activité biologique, etc.), sur d'autres compartiments si possible (eau, air)).
- Choisir des amendements organiques couramment utilisés par les professionnels, ou susceptibles de l'être dans un avenir proche.

### Essais « amendements organiques » à éviter :

- Ne pas mettre en place d'essais inférieurs à une durée de 5 ans.
- Essais sans répétitions.

### Essais « amendements organiques » à encourager :

- Tout essai « nouveau » car certains amendements sont peu ou pas connus, types de sol et régions non couverts par des essais précédents.
- Essais simples (traitements peu nombreux, peu de facteurs étudiés et bien ciblés).
- Essais répondant à une demande forte de la profession.
- Essais en réseau (ex. : même amendements étudiés chez plusieurs maraîchers d'une même région).

## Partie 2 : essais engrais organiques

Les essais engrais organiques résumés ci-après sont scindés en essais conduits sous abris d'une part, dont beaucoup ont étudié l'intérêt de réapports, sous forme solide ou liquide, en cours de culture, et essais conduits en plein champ d'autre part, qui portent davantage sur la dose d'azote apportée avant la plantation.

### 1. ESSAIS CIVAM BIO 66 (sous abris)

Essais conduits sur sol sablo-limoneux, abri froid

#### Objectifs : intérêt d'une localisation en fond ? d'une refumure ?

	CONCOMBRE 2002		CONCOMBRE 2003		CONCOMBRE 2004		AUBERGINE 2010	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (25 cm) initial avant plantation	30	N apporté	40	N apporté	100	N apporté	60	N apporté
Témoin	80 N en plein à la plantation	80	120 N en plein	120	0		120 N en plein (Guanor 7-6-8)	120
Localisé rang	80 N localisé rang plantation	80	120 N localisé	120				
Refumure solide	80 N en plein plantation + 3x40N/ha en cours de culture	200	120 N en plein plantation + 2x40N/ha DIX (farines plumes + fumier volaille)	200	2x40N/ha DIX	80		
Refumure liquide			120 N en plein plantation + 4x13 ou 20 vinasses arrosoir (Qualifert)	186	Vinasses fertirrigation	80	120 N Guanor + 45 N AgriMartin liquide fertirrigation	165
Type d'essai	4 répétitions		3 répétitions		4 répétitions		4 répétitions	

#### Résultats :

##### 2002 :

- [NO<sub>3</sub><sup>-</sup>] sol augmente vite après plantation puis faible 3 mois après
- Rendements globalement faibles, témoin inférieur :  
Témoin (5,3 kg/m<sup>2</sup>) < Localisé rang (6,13 kg/m<sup>2</sup>) < Refumure (6,6 kg/m<sup>2</sup>)
- Vigueur suit rendements

##### 2003 :

- [NO<sub>3</sub><sup>-</sup>] sol supérieur sur localisé, et après refumure en fin de culture
- Rendements Témoin = refumures (9,7 kg/m<sup>2</sup>) < Localisé rang (10,1 kg/m<sup>2</sup>) : quasiment pas de différences !  
⇒ Pas d'impact d'une refumure quand fond non limitant ! (fond 2003 > fond 2002)

##### 2004 :

- [NO<sub>3</sub><sup>-</sup>] similaires

- Rendements :  
Témoin et refumure solide (13 kg/m<sup>2</sup>) > refumure liquide (12 kg/m<sup>2</sup>)  
Lié à un problème d'irrigation sur refumure liquide = bouchage goutte-à-goutte
  - Vigueur suit rendements
- ⇒ Pas d'intérêt des réapports

## 2010 :

- [NO<sub>3</sub><sup>-</sup>] sol identiques
  - Rendements faibles : 7,6 kg/m<sup>2</sup> ; pas de différences
  - Pas de bouchage
- ⇒ Pas d'intérêt réapport liquide – faible apport compte-tenu du prix

## 2. ESSAIS GRAB (sous abris)

Essais conduits sur sol limono-argileux, abri froid

**Objectifs : intérêt refumure ?** (objectif non atteint car modalité fond réduite suffisante → pas de réapport)

	AUBERGINE 2003		MELON 2004	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> initial	n.m	Dose N apporté		Dose N apporté
Témoin	7,5 t/ha végéthumus (1,5% N) 3t/ha orga 3 (3%N)	112 végéthumus 90 engrais	4t/ha Orgabio 3-2-3	120
Fumure réduite	7,5 t/ha végéthumus (1,5% N) 1t/ha orga 3 (3%N)	112 végéthumus 30 engrais	2t/ha Orgabio 3-2-3	60
Type essai	2 tunnels (1/modalité)-pas de répétition		1 tunnel (1 modalité/demi tunnel) – pas de répétition	

Résultats : - des teneurs en NO<sub>3</sub><sup>-</sup> sol et NO<sub>3</sub><sup>-</sup> plantes inférieures sur fertilisation réduite mais non limitantes du rendement

- pas de différences de rendement sur aubergine (3 kg/m<sup>2</sup>) et melon (4,3 kg/m<sup>2</sup>)

## 3. ESSAIS APREL (sous abris)

Essai conduits sur sol sablo-limoneux hétérogène

**Objectifs : intérêt refumure ?** (objectif non atteint car modalité fond réduite suffisante → pas de réapport)

- Tomate greffée
- 2 tunnels différents (1 modalité / tunnel – pas de répétition) avec conduite différente du palissage...
- Apport de 31 t/ha de fumier ovin composté partout
- Tunnel « témoin » producteur : apport 80 N en fond + 2 apports solides (58 et 23 kg N/ha) en cours de culture

- Tunnel fertirrigation : apport 90 N en fond + réapport solide 70 kg N + fertirrigation 18 kg N
- ⇒ **Pas de résultats exploitables, trop de variables.** Plantes qui manquent d’N.... ?

#### 4. AUTRES ESSAIS HORS RESEAU PRO (sous abris)

NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> initial	AIREL 2000 TOMATE		AIREL 2003 TOMATE		SECL 1999 TOMATE	
	13	N apporté	50	N apporté	n.m	N apporté
Témoin	150 N en plein à la plantation	150	170 N en plein	170	4,8 t/ha Végor (2,5%N) Pas d’engrais	120 (amendement)
Fumure fond					4,8 t/ha Végor (2,5%N) + 210 N (3,5 t de 6/2/12)	120 amendement + 210 engrais en fond
Refumure solide			120 N en plein plantation + 4 apports poudre de sang (14%N)	211	4,8 t/ha Végor (2,5%N) + 105 N en fond + 50N réapport	120 amendement + 165 engrais en fond
Refumure liquide	100 N plantation + fertirrigation	196	120 N en plein plantation + 6xliquide mélasse (Cédabior)	233		
Type d’essai	2 répétitions		4 répétitions		4 répétitions	
Résultats	Des plantes + vigoureuses dans refumure Rendement : témoin (8,6 kg/m <sup>2</sup> ) < refumure (9,7)		Pas de différences		Rendement Témoin (6,2 kg/m <sup>2</sup> ) < Fond (6,9) = Refumure (6,8)	

#### 5. ESSAI LCA (plein champ)

Essai conduit sur sol limono-argilo-sableux – BETTERAVE 2011

##### Objectifs : intérêt d’une refumure solide ?

- Apport partout de 1,2 t/ha de farine de plume 2 mois avant la plantation : 156 kg N/ha
  - Modalité 1 : pas d’autre apport
  - Modalité 2 : réapport 50 N (farine de plumes Biomix)
  - Modalité 3 : réapport 100 N (farine de plumes Biomix)
  - 4 répétitions
  - ⇒ **Pas de différences de rendement ni de N mobilisé (140 N/ha feuilles + racines)**
  - ⇒ **Pas d’intérêt du réapport**
- Note : apport de fond déjà conséquent, avec un engrais à minéralisation rapide !

#### 6. ESSAIS GRAB (plein champ) de 2007-2011

(6 essais sur le même site mais sur de nouvelles parcelles chaque année, Gard)

**Objectifs : comparaison de différentes doses d’azote et de différents engrais du commerce apportés avant plantation**

- Contexte : maraîchage relativement extensif avec engrais verts (vesce + avoine + orge) tous les automnes

- Sol : moyennement profond, calcaire (pH > 8), assez filtrant de texture sablo-argilo-limoneuse avec quelques cailloux et graviers
- Témoin sans apport d'azote, complétement en potasse (200 kg/ha)
- Modalités doses N : 50-100-150 unités d'azote total apportées avec du tourteau de ricin, complétement pour apporter 200 kg K<sub>2</sub>O/ha.
- Modalités engrais : différents engrais du commerce apportés à la dose de 100 kg N/ha

	POIREAU 2007		Chou lisse 2008		Chou frisé 2008		Courge butternut 2009	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> initial avant plantation	53	N apporté	26	N apporté	25	N apporté	46	N apporté
Témoin		0		0		0		0
Dose N (tourteau de ricin)	avant plantation	50-100-150	avant plantation	50-100-150	avant plantation	50-100-150	avant plantation	50-100-150
Type Engrais	Italpollina 4/4/3 (1)	100	Italpollina 4/4/3	100	Italpollina 4/4/3	100	Orga 6 6/3/3 (2)	100
Type d'essai	Bloc - 4 répétitions							
Résultats	Pas de différences de rendement		Pas de différences de rendement		Pas de différences de rendement		Rendements Doses ricin : 100=150 ≥ 50 ≥ 0 Rendements engrais : Orga 6 = Témoin 0N	

<sup>1)</sup> Composition de Italpollina de la société CPN : litière d'élevage extensif (fumier de volaille) contenant des matières d'origine végétale (paille, fibres, coques de céréales). Il est déshydraté à moyenne température pendant plus d'une heure

<sup>2)</sup> L'engrais Orga 6/3/3 est composé de tourteaux végétaux (café, cacao), vinasses de betteraves, bourres de laine compostées, poudre d'os hydrolysées, plumes hydrolysées et guano d'oiseaux

	OIGNON 2010		POIREAU 2011	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> initial avant plantation	11	N apporté	85	N apporté
Témoin		0		0
Dose N (tourteau de ricin)	avant plantation	50-100-150	avant plantation	50-100-150
Type Engrais	Orga 6 6/3/3 (2)	100	Orga 6 6/3/3 (2)	100
	Orga 3 3/2/3 (3)	100	Orga 3 3/2/3 (3)	100
	4/5/10 (4)	100	4/5/10 (4)	100
Type d'essai	Bloc - 4 répétitions			
Résultats	Pas de différences de rendement		Pas de différences de rendement	

<sup>3)</sup> L'engrais Orga 3 est composé des mêmes ingrédients que l'Orga 6 mais en proportions différentes

<sup>4)</sup> L'engrais 4/5/10 de chez Ovinalp est composé de fumiers de moutons, tourteaux végétaux, farines de plumes et poudres d'os hydrolysées

#### Conclusions des essais GRAB (plein champ) :

- Dans les conditions de cet essai (sol fertile, maraîchage peu intensif, engrais verts tous les ans), la fertilisation des cultures de printemps/été peut rester limitée sans pénaliser le rendement.
- Il n'y a pas de lien direct entre les teneurs du sol en nitrates sur 25 cm et les résultats culturaux.
- La vigueur est en général plus faible sur les témoins N au début de la culture, mais elle est compensée ensuite.
- Le type d'engrais organique peut avoir plus d'impact que la dose apportée : l'Orga 6 est significativement inférieur au tourteau de ricin (et équivalent au témoin...) en 2009 ; sur les autres essais, même si les différences ne sont pas statistiquement significatives, les rendements sont en tendance meilleurs pour le tourteau de ricin que pour les autres engrais organiques testés.

## **Bilan des essais engrais organiques**

- Dans les différents essais, un réapport d'engrais organique azoté en cours de culture sous abri n'a jamais montré d'intérêt si la dose apportée en fond n'est pas limitante.
- Si la dose de fond est limitante, une localisation sur le rang de la dose ou un réapport peuvent montrer un intérêt (Civam 2002, Airel 2000, SECL 1999). Le liquide, plus coûteux, ne montre pas d'intérêt par rapport au solide, moins pratique à apporter.
- Dans les essais de plein champ, un apport de fond important n'a pas permis de mettre en évidence l'intérêt d'un réapport en cours de culture. Les essais de différentes doses d'engrais, et comparaison de différents engrais du commerce montrent que dans un contexte peu intensif, les apports d'azote peuvent rester limités. Par contre, les différents engrais n'ont pas tous la même efficacité. Ces différences peuvent être liées à des dynamiques de minéralisation différentes, ou à des irrégularités de la qualité des produits organiques proposés aux producteurs.

### **Recommandations lors de la mise en place d'un essai « engrais organiques »**

- Bien caractériser le sol avant la mise en place de l'essai : type de sol (texture, profondeur, charge en éléments grossiers), pH, teneur en MO, teneur en nitrates initiale.
- S'assurer de l'homogénéité de la parcelle d'essai.
- Faire des essais à répétitions, minimum 3, optimum 4 voire 5.
- Les essais réalisés dans des tunnels différents, sans répétition sont à éviter : comportement souvent différent d'un tunnel à l'autre.
- Bien situer le contexte de la parcelle : rotation des cultures, apports de MO ou non, pratique des engrais verts, de la solarisation ou non...
- Bien caractériser les produits qui sont utilisés (y compris ceux du commerce).
- Suivre l'évolution de l'azote nitrique dans le sol et suivre si possible l'évolution de la nutrition azotée de la culture (INN).
- Choisir des engrais organiques couramment utilisés par les professionnels.

#### Essais « engrais organiques » à éviter :

- Essais ou un apport conséquent de MO avant plantation (fumier) risque de masquer les effets des engrais.
- Essais sans répétitions et/ou en parcelle hétérogène.
- Essais où les différents traitements utilisent des formes d'engrais différentes et multiples.

#### Essais « engrais organiques » à encourager :

- Essais simples (traitements peu nombreux, peu de facteurs étudiés et bien ciblés).
- Essais répondant à une demande de la profession.
- Essais en réseau sur différents types de sol/conduites culturales/cultures (ex. : même engrais étudiés chez plusieurs maraîchers d'une même région).
- Essais reconduits plusieurs années pour avoir plus de recul sur les résultats (effet année culturale).