

# Gestion de la fertilisation organique en maraîchage biologique visant à maintenir la fertilité du sol à long terme

8 Octobre – Université de Cuneo  
dans le cadre de la Feriabio

**Karim RIMAN** - *Consultant en agriculture écologique*

[www.consultant-agriculture-ecologique.com](http://www.consultant-agriculture-ecologique.com)

78 Mas de La Cigalière – ZA La Cigalière – 84250 Le Thor – France

Tél. +33 490214044 – fax : +33 490214041

e-mail : karim.riman@free.fr

# Plan de mon intervention

- Présentation succincte de mon métier
- Maraîchage, culture intensive, même en agriculture biologique
- Définition et mesure de la fertilité du sol
- Résultat du diagnostic sur 20 parcelles en maraîchage biologique sous l'angle de la fertilité organo-biologique, physique et minérale.
- Conclusions

# Secteurs d'intervention

Étude du sol

Conversion vers l'AB

Accompagnement  
technique en  
productions végétales

Bilans énergétiques

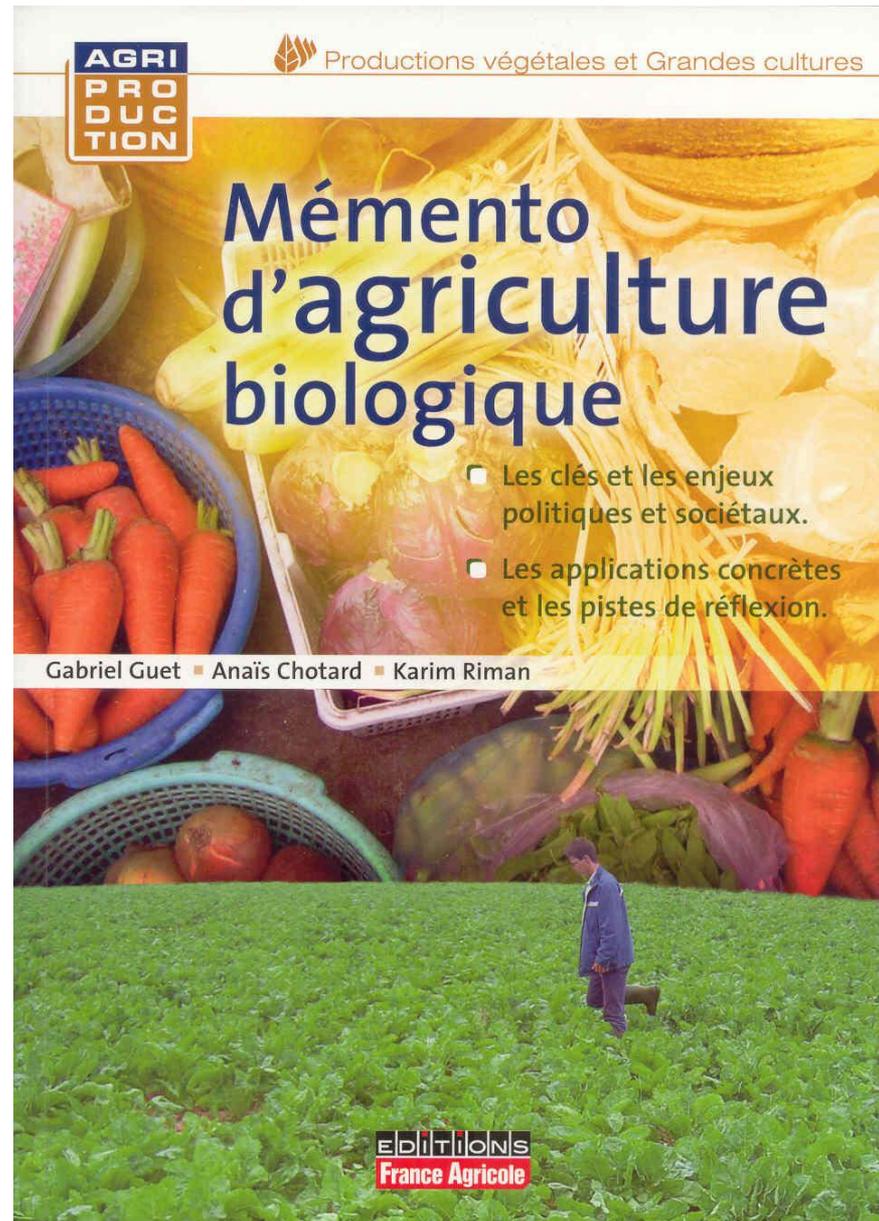
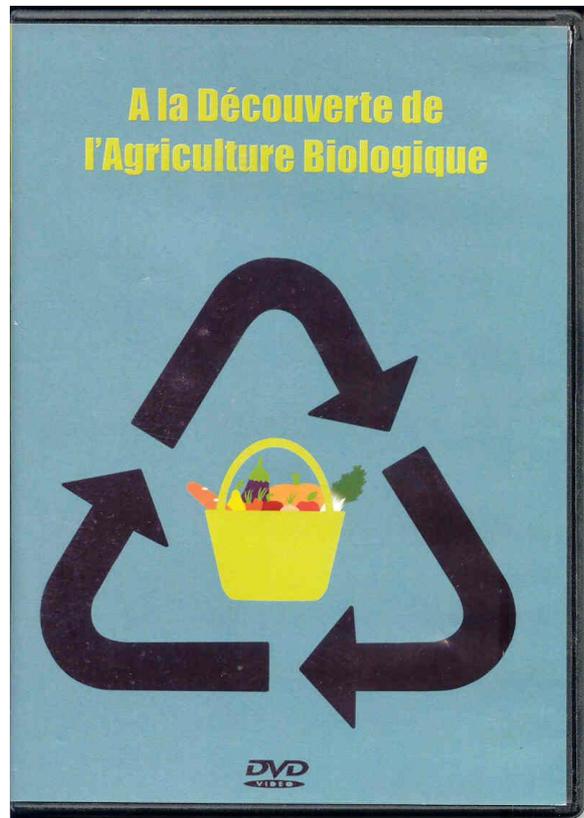
Formation



# Co-auteur du livre Mémento d'agriculture biologique.

3<sup>ème</sup> édition, septembre 2011

Et j'introduis par le sol le DVD



Le maraîchage, notamment sous abri

Est par essence même  
un des systèmes de culture les plus  
intensifs.

Déséquilibrant et épuisant la fertilité  
du sol à court – moyen terme

# Le maraîchage en agriculture biologique

N'échappe pas à cette règle d'intensification  
dans le sud de la France

La culture biologique se différencie du système  
« conventionnel » par l'emploi davantage de  
matières organiques.

# Les phénomènes sont accentués

- Sous tunnel et dans les serres
- Avec des rotations de cultures très courtes, sans repos du sol
- En l'absence d'engrais vert
- Sur sol léger et dans des sols acides
- Avec l'emploi exclusif d'engrais organique (solide et liquide)
- Avec l'utilisation d'outils de travail du sol superficiels, animés et rotatifs

# Il en résulte une « fatigue du sol »

- Limitation de l'enracinement
- Accentuation des problèmes sanitaires : sur les racines et sur la partie aérienne

Avec baisse du rendement  
et de la qualité des produits

# Modes d'assemblage des mottes

o

b

c

8



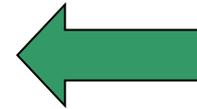
# Etat interne des mottes

(Manichon 1982, Gautronneau 2000)

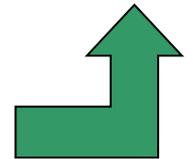
$\Gamma$  (gamma)



$\Phi$  (phi)



$\Delta_0$  (delta zéro)



$\Delta$  (delta)

# Perte de fertilité physique du sol: structure et porosité



# Racines écrasées dans la motte



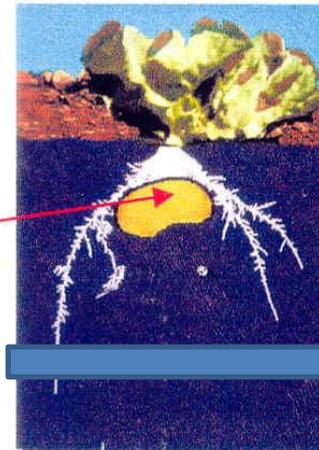
# Déficit d'enracinement

Les **RACINES** **FONT** la **VIGUEUR** et la **SANTE**



Sol meuble & aéré  
Racines performantes  
**Plante vigoureuse et saine**

Motte  
**COMPACTE**  
impénétrable

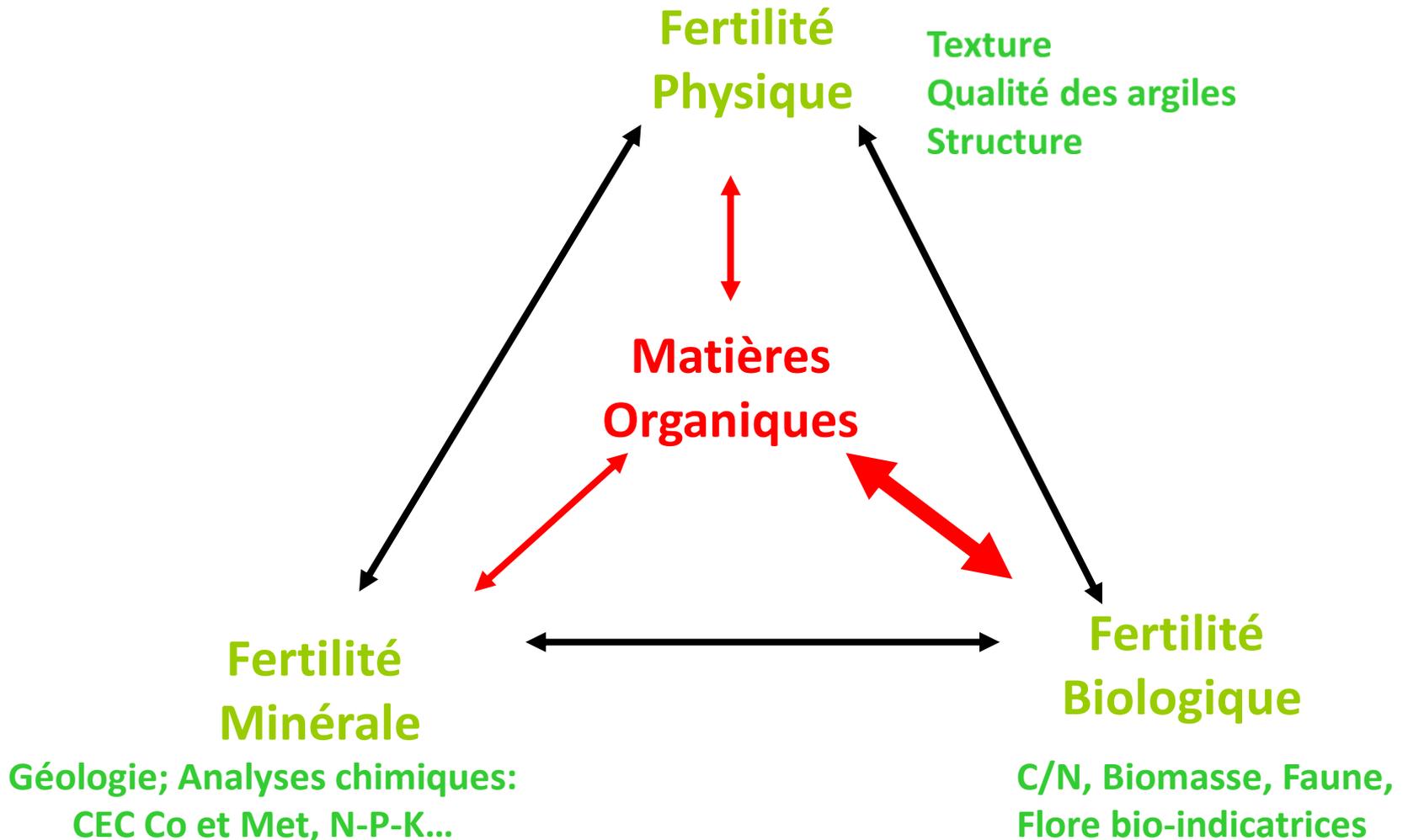


Sol en mauvais état  
**Racines insuffisantes**  
**Plante chétive et malade**

# Fertilité du sol

1. Aptitude à produire régulièrement de bonnes récoltes. *La fertilité du sol n'est pas «fertilisation » qui est l'enrichissement du sol en éléments fertilisants »* (G. Guet)
2. La fécondité d'un sol est son « aptitude à produire toute la chaîne alimentaire, allant des micro-organismes à l'homme, en passant par la plante et l'animal, et ceci pendant des générations » (H.P. Rusch)

# Je définis et mesure ainsi la fertilité du sol



# Objectif des diagnostics

Un groupe de producteurs certifiés en AB dans des bassins de production de légumes dans le Sud de la France :

- soucieux de l'état de leur sol,
- certains rencontrant des difficultés techniques
- voulant améliorer leurs pratiques

m'ont fait appel pour faire un état des lieux

# Diagnostics du sol réalisés

- Entre novembre et décembre 2009
- Dans la même région climatique
- En plaine, terres alluviales
- Dans des sols de textures différentes mais tous sont calcaires

# Méthodologie de travail

- Terrain
  - Observations du sol à la tarière, à la bêche et par profil cultural
  - Appareils de mesures : pénétromètre sol



Dans le cadre de cette étude : Les vers de terre sont présents voire fortement présents



# Structure observée: grumeleuse en surface mais fermée en profondeur

- Structure du sol en surface ouverte, motte type  $\Gamma$  (**gamma**) jusqu'à 20-25 cm = profondeur des outils de travail du sol

Puis

- structure de sol fermée, compacte, avec des mottes types  $\Delta_0$  (**delta zéro**) ou  $\Delta$  (**delta**)

Quelques rares cas de sols bien structurés au-delà de 20-25 cm

# Méthodologie de travail

- Analyses de terre avec un des laboratoires spécialisés (en France) sur le fractionnement de la matière organique et la biomasse microbienne



# Matières organiques

- Mesure du carbone total et de l'azote total
- Rapport C/N

Nous n'avons pas réalisé dans le cadre de cette étude, pour des raisons de budget, le fractionnement de la M.O. (humus lié et humus libre) ni les activités de minéralisation du carbone et de l'azote.

# Rotation des cultures des producteurs

- Intensives sous tunnel et serre: sol occupé en continu par des cultures
- Semi-intensives en plein champs : car cycle des cultures plus long et 1 à 2 mois repos du sol sans cultures
- Aucun producteur n'utilise les engrais verts
- Le premier producteur de la liste est seul à avoir une rotation longue : 3-4 ans de maraîchage intensif sous tunnel ou plein champs puis dès « baisse de productivité » 4 ans de luzerne, suivi d'1 année de céréales puis maraîchage à nouveau

# Niveau de matières organiques du sol

		plein champs	tunnel	3 tunnel	3 plein champs	4 tunnel	4 plein champ	Plein champs	butte permanente – plein champs	7 tunnel	7 plein champs	tunnel	tunnel	serre	plein champs
Carbone organique par oxydation	g/kg	14,4	7,0	11,9	13,5	23,3	19,6	9,3	20,4	10,5	14,6	13,8	8,5	26,0	17,5
M.O. du sol (= C*2)	%	3,2	1,5	2,6	3,0	5,1	4,3	2,0	4,5	2,3	3,2	3,0	1,9	5,7	3,9
N total (Kjeldhal)	g/kg	1,6	0,95	0,92	0,96	2	2	0,83	1,8	0,86	1,2	1,1	0,91	2,5	1,4
C/N	ratio	9,0	7,3	13,0	14,1	11,7	9,8	11,2	11,3	12,2	12,2	12,5	9,3	10,4	12,5
		équilibré	Très déséquilibré	déséq	Très déséq	Moy équil	équilibré	Moy équil	Moy équil	Moy déséq	Moy équil	Moy équil	déséq	équil	Moy équil

# Niveau de matières organiques du sol entre tunnel et plein champs chez le même producteur

		3 tunnel	3 plein champs	4 tunnel	4 plein champ	7 tunnel	7 plein champs
<b>Carbone organique par oxydation</b>	<b>g/kg</b>	11,9	13,5	23,3	19,6	10,5	14,6
<i>M.O. du sol (= C*2)</i>	%	2,6	3,0	5,1	4,3	2,3	3,2
N total (Kjeldhal)	g/kg	0,92	0,96	2	2	0,86	1,2
<i>C/N</i>	<i>ratio</i>	13,0	14,1	11,7	9,8	12,2	12,2

# Perte annuelle en humus dans un sol maraîcher : calcul théorique

Sur 20 cm sol, avec une densité de 1,3 et un coefficient d'intensification de 2, cette est de :

- 1T d'humus stable /ha/an si le taux d'humus est de 2%
- 1,8 T si le taux d'humus du sol est de 3,5%

# La vie du sol peut représenter

Dans 20 cm de terre agricole et par ha :

- 500 kg à 5 T de vers de terre, 10 à 1000 individus /m<sup>2</sup>
- 5 à 50 T de matières vivantes microbiennes
- $3 \cdot 10^{18}$  de bactéries
- 150 millions de km d'hyphes fongiques, dont les mycorhizes

## Principaux organismes microscopiques du sol

Type d'organismes	Nombre par g de terre
Protozoaires	$10^3$ à $10^5$
Algues	$10^2$ à $10^4$
Bactéries	$10^8$ à $10^9$
Champignons	$10^4$ à $10^6$

Champignons filamenteux : 50-250 m d'hyphes, jusqu'à 1000 m d'hyphes /m<sup>2</sup>

## Mesure de la Biomasse Microbienne :

exprimée en mg de Carbone/kg terre, c'est la quantité d'organismes microscopiques du sol (essentiellement bactéries + champignons).

Valeur de la Biomasse	Interprétation
100-150	<b>Faible</b>
200-300	<b>Correcte</b>
300-400	<b>Élevée</b>

# Éléments minéraux stockés dans la BM (calculés)

Pour 395 mg de C microbien/ kg de terre

N 178 U - kg /ha

P 137 U – kg /ha

K 116 U - kg /ha

Ca 17 U – Kg /ha

Mg 17 U – kg/ha

# Niveau de biomasse microbienne

		plein champs	tunnel	3 tunnel	3 plein champs	4 tunnel	4 plein champ	Plein champs	butte permanente	7 tunnel	7 plein champs	tunnel	tunnel	serre	plein champs
Biomasse microbienne	mg C/kg	344	167	178	344	232	243	225	264	95	214	123	125	320	215
BM/C	%	2,4	2,4	1,5	2,6	1,0	1,2	2,4	1,3	0,9	1,5	0,9	1,5	1,2	1,2
		fumier de mouton composé + engrais organique + prairie et céréales	prairie après 12 ans de céréales	4-6-10	4-6-10		tourteau ricin et fientes de volailles	aucun apport d'amendement ni de compost	première mise en culture + patenkali	tourteau et 4-6-10	4-1-5-4 6 T/ha + liquide	4-1-5-4 6 T/ha + liquide	tourteau de ricin + fientes de volailles et engrais foliaire N	amendement + fertilisation	marc de raisin + tourteau ou farine de poisson

# Valeur des producteurs en apport engrais organique proches d'agriculteurs « conventionnels »

<b>Carbone organique par oxydation</b>	<b>g/kg</b>	<b>12,0</b>	<b>14,3</b>	<b>9,8</b>	<b>13,1</b>	<b>16,0</b>	<b>16,7</b>	<b>13,7</b>	<b>13,6</b>
<i>M.O. du sol (= C*2)</i>	%	2,6	3,1	2,2	2,9	3,5	3,7	3,0	3,0
N total (Kjeldhal)	g/kg	1,26	1,402	1,12	1,29	1,776	1,936	1,61	1,648
<i>C/N</i>	<i>ratio</i>	9,5	10,2	8,8	10,2	9,0	8,6	8,5	8,3
<b>Biomasse microbienne</b>	<b>mg C/kg</b>		<b>116</b>			<b>102</b>	<b>136</b>		<b>147</b>

# Comparaison tunnel et serre solarisée

Fertilité organo-biologique	Tunnel	Serre solarisée
<b>Carbone organique par oxydation</b>	26,2	19,2
<i>M.O. du sol (= C*2)</i>	4,5	3,3
N total (Kjeldhal)	1,8	1,5
<i>C/N</i>	11,4	10
<b>Biomasse microbienne</b>	<b>443</b>	<b>117</b>
<b>BM/C</b>	2,2	0,8
<b>sulfates</b>	<b>478,3</b>	<b>1033</b>
<b>conductivité électrique spécifique</b>	0,56	0,9

La mesure de la biomasse microbienne est parmi les meilleurs indicateurs actuellement.

La microbiologie du sol réagit rapidement aux changements de pratiques donc au système de culture.

# Fertilité minérale : sol en général riches à très riches

		plein champs	tunnel	3 tunnel	3 plein champs	4 tunnel	4 plein champ	931	butte permanente	7 tunnel	7 plein champs	tunnel	tunnel	serre	plein champs
<b>phosphore Joret Hébert</b>	g/kg	0,880	0,217	0,752	1,240	1,932	0,964	0,196	1,368	0,287	0,780	0,640	0,240	1,056	0,421
<b>CEC Metson</b>	cmol +/kg	7,5	26,4	6	6,1	12	13,6	23,6	10,3	5,9	9,8	4,9	5,7	13,2	6,6
potassium échangeable	g/kg	0,554	0,269	0,302	0,386	0,264	0,252	0,292	0,579	0,207	0,671	0,396	0,162	0,460	0,253
magnésium échangeable	g/kg	0,288	0,450	0,206	0,315	0,506	0,505	0,675	0,420	0,184	0,385	0,212	0,193	0,703	0,205
calcium échangeable	g/kg	9,490	14,900	9,610	9,470	10,700	10,600	13,900	10,300	5,970	10,600	9,480	8,040	12,700	9,760
sodium échangeable	g/kg	0,010	0,010	0,010	0,020	0,050	0,050	0,010	0,010	0,010	0,030	0,020	0,020	0,222	0,010
<b>conductivité électrique spécifique</b>	ms/cm	<b>0,22</b>	<b>0,22</b>	<b>0,17</b>	<b>0,21</b>	<b>0,42</b>	<b>0,17</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,16</b>	<b>0,19</b>	<b>0,18</b>	<b>0,24</b>	<b>1,4</b>	0,14

# conclusion

Le maraîcher en agriculture biologique doit chercher constamment les compromis entre :

- nourrir à court terme et maintenir la fertilité du sol à long terme
- entre un système extensif et un système intensif

Ceci nécessite de la surface = foncier disponible  
et de diversifier les cultures

# Le maraîcher en agriculture biologique doit absolument faire la différence entre

- Amendement et engrais organique
- humus structurant le sol et humus à vocation de nutrition rapide de la vie du sol et de la plante
- Engrais organique = stimulateur à court terme mais perte humus à long terme

Idéal est de faire une rotation longue incluant prairie et céréales au mieux faire un engrais vert à fort pouvoir de restitution en cellulose/lignine.

# Amendements organiques

- Ceux du commerce sont soumis à la norme NF U44-051
- Leur restitution en humus stable est quantifiée par l'ISMO (indice de stabilité matière organique) exprimé en % qui a remplacé l'ISB/CBM

Les engrais organiques sont  
soumis à la norme NF U42-001

Ne pourront jamais restituer cette perte de  
fertilité du sol

# Le maraîcher en agriculture biologique doit prendre conscience

de l'effet destructeur de la désinfection  
thermique = destruction de la biomasse et de  
l'humus

Et destruction de la structure du sol notamment  
en sols fragiles

même si l'effet est impressionnant par la pousse

# Cas des sols acides

La correction de l'acidité du sol et la gestion du calcium doit précéder les apports organiques

Merci pour votre attention