

Introduction générale	11
Chapitre I	
Les matières organiques dans les sols cultivés : origine, forme, localisation, évolution et rôles	13
La fraction organique du sol	13
La matière organique vivante	14
Biomasse microbienne.....	14
Biomasse animale	14
La M.O. fraîche, ou matière organique figurée	15
La M.O. non figurée, ou matière organique amorphe.....	15
Matière organique labile (ou produits transitoires).....	15
La matière organique stable (l'humus).....	16
Évolution des matières organiques dans le sol	17
Les facteurs intervenant sur la minéralisation des M.O.	18
Nature des matières organiques	18
Facteurs physico-chimiques	19
Température	19
État hydrique.....	19
Teneur en oxygène	19
pH du sol.....	20
Teneur en argile.....	20
Composition chimique du sol.....	20
Facteurs biologiques	20
Pratiques culturales	21
L'humification	21
Rôles des matières organiques du sol	22
Rôle énergétique	23
Rôle physique.....	24
Matière organique et réserve en eau	24
Stabilité structurale et auto-protection des M.O.	24
Quelques conséquences agronomiques de la protection physique des matières organiques	26
Rôle nutritionnel.....	27
Le cycle de l'azote	28
La fixation de l'azote.....	28
Les autres entrées d'azote.....	29
Biodégradation et minéralisation de l'azote organique.....	29
La nitrification	29
L'absorption d'azote par la plante	30
L'organisation de l'azote par les micro-organismes	30
Volatilisation.....	31



Lixiviation du nitrate	31
La dénitrification.....	31
Le rôle des vers de terre dans la nutrition azotée.....	32

Chapitre II

Caractérisation et analyse des matières organiques.....34

Caractérisation des matières organiques au niveau du sol	35
Teneur en carbone organique	35
Méthode de prélèvement d'échantillons de terre	35
Nombre et répartition des prélèvements élémentaires par zone	35
Constitution de l'échantillon	36
Conditionnement	37
Préparation de l'échantillon pour analyse (terre fine)	37
Principe du dosage du carbone et calcul qui donne la teneur en M.O.....	37
Des outils analytiques pour mieux connaître la dynamique des matières organiques dans les sols.....	38
Le traçage naturel du carbone des sols par l'isotope ¹³ C.....	38
Les fractionnements physiques des matières organiques	40
La microscopie électronique	40
Conclusion	41
Les mesures d'activité biologique	41
Introduction générale sur l'activité biologique des sols.....	41
Que peut-on attendre des mesures biologiques ?	42
Les questions posées.....	43
Intérêts et limites des méthodes d'analyses utilisables	43
Les trois critères d'un paramètre biologique : être pertinent, mesurable, interprétable.....	43
Échantillonnage et conservation des échantillons de sols avant analyses.....	43
Époque d'échantillonnage.....	43
Conservation des échantillons	44
Horizon de prélèvement	44
Analyses des activités microbiologiques	44
Biomasse microbienne	44
Minéralisation du carbone (respiration) et de l'azote	45
Les activités enzymatiques du sol	46
Fonctions particulières d'intérêt agronomique	48
Nitrification.....	48
Dégradation de la cellulose.....	48
Aptitudes métaboliques	48
Mesures de populations microbiennes particulières	48
L'interprétation des résultats d'activités microbiologiques Paramètres physico-chimiques du sol.....	49
Système de culture	50
Conduite des cultures.....	51



Les mycorhizes	52
Généralités sur les mycorhizes.....	52
Les analyses	52
Mesure du taux d'endomycorhization des racines.....	52
Analyse du pouvoir endomycorhizogène du sol: le PEM.....	53
Interprétation des résultats	53
Mesurer l'activité des lombriciens du sol.....	54
Détermination des peuplements et de l'activité lombricienne en grandes cultures, à l'aide du profil cultural	55
Conclusion sur les activités biologiques	58
Caractérisation des matières organiques utilisées	
en tant qu'amendements	59
Vers une caractérisation "standard" de la matière organique ?	60
Indice de Stabilité Biochimique (I.S.B.)	60
Caractérisation Biochimique de la Matière organique (C.B.M.).....	62
Intérêt et limites des méthodes biochimiques.....	63
Quelles relations avec le coefficient "K1" ?.....	64
Conclusion	65

Chapitre III

Engrais verts et résidus de récolte67

Les engrais verts	67
Engrais verts et structure du sol.....	67
Apport de matières organiques.....	67
Couverture du sol	68
Travail de fissuration des racines	68
Activité biologique	69
Engrais verts et réserves en eau du sol.....	69
Engrais verts et fertilisation.....	69
Libération d'éléments fertilisants pour la culture suivante.....	70
Remontée d'éléments fertilisants et réduisent le lessivage des nitrates.....	70
Accélération de la minéralisation de l'azote du sol.....	71
Enrichissement en azote par les légumineuses	72
Engrais verts et savoir faire.....	72
Faut-il fertiliser un engrais vert ?	72
Faut-il préparer le sol ?	73
Faut-il irriguer un engrais vert ?	73
Faut-il enfouir un engrais vert ?	73
les résidus de récoltes	73
Résidus de récolte à C/N élevés (> 25)	75
Composition des pailles de céréales (tableau 3-3)	75
Paille et redressement du taux de matière organique du sol	76
Rôle des résidus à C/N élevés sur la limitation des pertes d'azote nitrique.....	77
Résidus de récolte à C/N bas (< 25).....	77



Chapitre IV

Les déjections animales78

Les différents types de déjections.....	78
Quantités produites.....	78
Les fumiers.....	83
Les lisiers.....	85
Les purins.....	87
Valorisation agronomique des déjections animales.....	88
Les déjections animales et la fertilisation azotée.....	88
Les coefficients d'équivalence azote engrais minéral.....	88
Les lisiers.....	90
Les fientes de volailles.....	91
Les fumiers.....	92
Les déjections animales et les autres éléments fertilisants.....	92
Le phosphore.....	92
Potassium, magnésium et calcium.....	93
Les oligo-éléments (Zn, Cu, Fe, Mn, B, Mo).....	94

Chapitre V

Les apports extérieurs96

Engrais organiques azotés.....	97
Amendements organiques.....	98

Chapitre VI

Le Compostage104

Le compostage: définition et principes.....	104
Définition.....	104
Le processus du compostage.....	106
Les 4 phases du processus.....	106
Ce qui change au cours du compostage.....	109
Evolution des éléments chimiques et biochimiques.....	110
Les paramètres du compostage.....	111
Température.....	111
Humidité.....	112
Aération.....	112
pH.....	113
C/N.....	113
Intérêt et limites du compostage.....	114
Intérêt du compostage.....	114
Limites du compostage.....	121
La pratique du compostage.....	123
Les produits d'origine.....	124
Le compostage de fumier de bovins.....	124
Le compostage de fumier d'ovins.....	129



Le compostage de fumier de porcs.....	129
Le compostage de lisier de porcs.....	130
Le compostage de fumier de volailles.....	131
Le compostage des déchets verts.....	132
Le compostage des déchets ménagers.....	137
Le compostage en Biodynamie.....	138
Le matériel.....	139
Retournement à la fourche du tracteur.....	139
Épandeurs utilisés en poste fixe.....	140
Retourneurs d'andains.....	141
Épandage du compost.....	143
La réglementation concernant le compostage.....	144
La mise sur le marché des matières fertilisantes.....	145
Les dispositions réglementaires applicables aux élevages.....	146
Le cadre réglementaire en agriculture biologique.....	147
Valeur agronomique des composts.....	148
Valeur amendante.....	148
Valeur fertilisante.....	149
Apport de K, P, Ca, Mg par les composts.....	150
Apport d'azote par les composts.....	150

Chapitre VII

Gestion des matières organiques au niveau de la parcelle.....152

Grandes cultures.....	153
Les rotations.....	154
Les apports de matières organiques.....	157
La nature des apports.....	157
Utilisation du compost en grandes cultures.....	159
Les doses d'apports.....	161
Des besoins différents d'une espèce à l'autre.....	162
Le maïs.....	162
Le tournesol.....	162
Le soja.....	163
Le seigle.....	163
L'épeautre.....	163
Le blé dur.....	164
Prairies.....	164
Prairies et exportation de NPK.....	164
Utilisation du compost pour les prairies.....	165
Cultures légumières.....	167
Apports d'engrais et d'amendements organiques.....	167
Utilisation du compost en maraîchage.....	169
Les engrais verts en maraîchage.....	170
Les terreaux.....	171
Viticulture.....	173
Fumure avant plantation.....	174
Fumure d'entretien.....	175
Arboriculture.....	177
Fumure de fond avant plantation.....	177



Fumure d'entretien.....	178
Conclusion sur l'arboriculture.....	180

Chapitre VIII

Matières organiques et qualité des récoltes.....181

Qualité et agriculture biologique	181
Les nitrates dans les légumes et la fertilisation organique	184
Toxicité alimentaire des nitrates et des nitrites.....	184
L'accumulation des nitrates dans les végétaux	185
Nitrates dans les légumes et agriculture biologique	187
Qualité du blé tendre.....	189

Chapitre IX

Apports de matières organiques

et effets sur l'environnement191

Apports de matières organiques et pollution des eaux par les nitrates ..192	
L'agriculture biologique et la pollution des eaux par les nitrates	192
Pertes en azote par percolation des jus sous les dépôts	
de fumier au champ.....	201
Epanchage des fumiers et composts sur prairies et risques	
de lessivage des nitrates	201
Pollution des eaux par les nitrates et systèmes de culture	203
Apports de matières organiques et pollution des eaux superficielles.....	203
Apports de matières organiques et pollution du sol	
par les éléments traces métalliques.....	204
Apports de matières organiques et pollution de l'air	206

Chapitre X

Matières organiques, normalisation

et réglementations.....208

Réglementation générale et normalisation	208
La mise sur le marché des matières fertilisantes.....	209
Les dispositions réglementaires applicables aux élevages	211
Réglementation en agriculture biologique.....	212

Conclusion.....	220
-----------------	-----

Index.....	222
------------	-----

Références bibliographiques	226
-----------------------------------	-----



Liste des figures

1-1 L'auto-protection des matières organiques.....	25
1-2 Le cycle de l'azote	33
2-1 Méthodologie d'observation des lombriciens associée à l'examen du profil cultural	57
2-2 Exemple de la composition biochimique de la partie organique de produits couramment utilisés en agriculture	62
6-1 Exemple d'évolution de température pendant le compostage d'un fumier de bovins	108
6-2 Exemple d'une coupe d'un andain en phase thermophile, montrant l'hétérogénéité des températures	108
6-3 Evolution de la composition biochimique pendant le compostage	111
6-4 Le compostage, une question d'équilibre entre l'eau, l'air, le carbone, l'azote	114
6-5 Epaneur à 2 hérissons horizontaux	141
6-6 Epaneur à 4 hérissons verticaux	141
6-7 Principe de fonctionnement d'un retourneur autopropulsé	142
6-8 Courbe caractéristique de répartition transversale obtenue avec un même épaneur mais deux produits différents, du fumier de bovin frais et composté (d'après des mesures CUMA)	145
9-1 L'apport de matières organiques peut présenter certains risques pour l'environnement	191

Liste des tableaux

3.1 Nombre de vers de terre dans 500 g de terre 6 semaines après enfouissement d'un engrais vert ou de fumier	69
3-2 Restitutions en azote, phosphate, potasse et magnésium par les résidus de récolte	74
3-3 Teneurs moyennes en carbone et azote de différentes espèces (blé, orge, avoine, maïs), en % de la matière sèche	76
4-1 Production d'engrais de ferme (kg de produit brut/animal/jour)	78
4-2 Volume de déjection produit par vache laitière en stabulation entravée	79
4-3 Volume de déjection produit par vache laitière en stabulation libre paillée	80
4-4 Volume de déjection produit par vache laitière en stabulation libre à logettes	80
4-5 Volume de déjection produit par vache allaitante en stabulation libre paillée	81
4-6 Volume de déjection produit par vache allaitante en stabulation libre à logettes	81



4-7	Volume de déjection produit par génisse	81
4-8	Volume de déjection produit par jeune bovin à l'engrais	82
4-9	Composition des fumiers, en kg par tonne de produit brut	84
4-10	Composition des fumiers de bovins selon le type d'étables, en kg par tonne de produit brut	84
4-11	Composition des lisiers, en kg par tonne de produit brut	86
4-12	Composition des lisiers de bovins, d'après les données de l'Institut de l'Elevage	87
4-13	Composition des purins, en kg par tonne de produit brut	87
4-14	Composition des purins de bovins, d'après les données de l'Institut de l'Elevage	87
4-15	Coefficients d'équivalence azote engrais minéral des engrais de ferme applicables sur prairies installées - effet direct	88
4-16	Coefficients d'équivalence azote minéral des engrais de ferme applicable sur colza d'hiver semé tôt (effet direct en épandage d'été et incorporation au labour)	89
4-17	Coefficients d'équivalence azote minéral des engrais de ferme applicable sur cultures d'hiver (céréales d'hiver, colza d'hiver semé tard, oléagineux d'hiver), en climat océanique (effet direct et incorporation au labour)	89
4-18	Coefficients d'équivalence azote minéral des engrais de ferme applicable sur cultures de printemps, en climat océanique (effet direct)	89
4-19	Coefficients d'équivalence-engrais des déjections pour le phosphore, le potassium, le calcium et le magnésium	94
4-20	Composition des engrais de ferme en oligo-éléments, en g/t de produit brut	95
5-1	Minéralisation de l'azote des engrais organiques, de mars à octobre en conditions méditerranéennes	99
6-1	Quantité d'êtres vivants intervenant à un moment ou à un autre pendant le compostage	109
6-2	Evolution du compostage des déchets verts de 1996 à 1998	133
6-3	Fourchettes de valeurs moyennes (en mg/kg de MS) observées dans des composts de déchets verts, comparées aux valeurs ou normes dans d'autres produits	137
6-4	Quantité moyenne de compost retourné en 1 heure	142
6-5	Principaux retourneurs d'andains de 3 à 4 mètres de largeur de travail	143
7-1	Estimation de l'azote fixé par les légumineuses en kg/ha/an	155
7-2	Restitutions humiques de la vigne	175
7-3	Prélèvements de la vigne	176
7-4	Apports d'éléments nutritifs par le fumier	176
7-5	Apport de matière organique par les bois de taille, en prenant un K1 de 0,20	178
7-6	Apport de matière organique par les feuilles, en prenant un K1 de 0,20	178
8-1	Teneurs en nitrate de laitues issues d'exploitations en agriculture biologique ou conventionnelle en Suisse	187
9-1	Intérêt de l'agriculture biologique pour limiter le lessivage des nitrates	196
10-1	Annexe II A du règlement (CE) n° 2092/91	213

