



Agriculture biologique, une approche scientifique

Christian de Carné-Caravalet

- Toutes les filières de la production végétale.
- L'essentiel pour comprendre les enjeux.
- Tous les outils pour réfléchir et construire sa conversion.



059096



Productions végétales et Grandes cultures

AGR 257



059096
⑤

Agriculture biologique:

Une approche scientifique

Christian de Carné-Carnalet



059096

GFA
EDITIONS
GROUPE FRANCE AGRICOLE

Sommaire

AVERTISSEMENT	XXI
PRÉFACE	XXIII
RÉSUMÉ	XXIV
PRÉAMBULE	XXVI
PARTIE 1 – LES OUTILS DE L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE	1
1 – LES PRINCIPES DE BASE DE L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE	2
2 – AU COMMENCEMENT : LA BIOTELLURIE	6
Le sol	7
Espace physique	7
Espace de vie	8
Réseau trophique	8
La formation des sols	9
Nourrir les sols	11
La vie biologique des sols	12
La biogenèse des sols	12
Un lieu d'interdépendance	13
3 – LA MICROFLORE DU SOL ET SES FONCTIONS	15
Les bactéries	15
Travail de décomposition des MO	15
Bactéries anaérobies	16
Bactéries aérobies	16
Décomposition de la cellulose et de la lignine : les actinomycètes	17
Cellulose	17
Hémicelluloses	17
Lignine	17
Ligninocellulose	18
Rôle des bactéries dans le cycle des éléments	18
Biofilms et antibiotiques	20
Cas particulier des rhizobactéries du genre <i>Pseudomonas</i>	22
Phloroglucinols	24
Phénazines	24
Pyrrolnitrine	25
Pyolutéorine	25
Cyanure d'hydrogène (HCN)	26
Rhizobactéries en tant qu'agents de lutte biologique	27

Interactions directes bactéries PGPR/pathogène	27
Compétition pour l'espace et les nutriments	27
Compétition pour le fer et production de sidérophores	27
Antibiose et parasitisme	28
Interactions PGPR/plante	28
Promotion de la croissance de l'hôte	28
Renforcement de la capacité défensive de l'hôte	29
Interactions plante/pathogène	29
Les deux types de résistances systémiques	30
Résistance systémique acquise ou SAR (<i>Systemic Acquired Resistance</i>)	30
Résistance systémique induite ou ISR (<i>Induced Systemic Resistance</i>)	30
<i>Non-spécificité vis-à-vis de l'hôte et du pathogène</i>	31
Fixation des nutriments	32
Les champignons	34
Considérations d'ordre général	34
Mode de vie des champignons	35
Généralités	35
Hyphes et nutrition	35
Une action mécanique sur les sols	36
Durée de vie	37
Champignons et azote	38
Champignon et activité antibiotique	38
Les mycorhizes	39
Définition	39
Mycorhizes en agriculture	40
Différents types de mycorhizes	42
Ectomycorhizes	43
Endomycorhizes	43
Morphologie	44
Rôles des mycorhizes	44
Nutrition minérale	44
Nutrition hydrique	46
Protection contre les polluants	46
Survie, persistance et dispersion	47
L'azote : une menace pour les champignons mycorhiziens	48
Protection sanitaire	49
Biocontrôle des maladies	50
Le consortium bactéries/champignons : la formation des humus	53
Conclusion intermédiaire	55
4 – LA FAUNE DU SOL ET SES FONCTIONS	57
Les protozoaires	57
Intérêt des protozoaires	58

Les nématodes	59
Généralités	59
Nématodes phytoparasites	60
Nématodes bénéfiques	61
Nématodes prédateurs	62
Bol alimentaire des nématodes	62
Les lombriciens ou vers de terre	64
Généralités	64
Les communautés de vers de terre	66
Les « ingénieurs du sol »	68
Des éléments du réseau trophique	70
Biologie et morphologie	71
Description des différents vers	71
<i>Annélides</i>	71
<i>Oligochètes</i>	72
<i>Enchytréides</i>	72
Mode de vie	73
Habitat	75
<i>Vers épigés</i>	75
<i>Vers anéciques</i>	76
<i>Vers endogés</i>	76
Rôle des vers de terre	76
Vers et calcium	80
Action sur le sol	81
Les collemboles	84
Importance et diversité des collemboles	84
Cycle de vie et particularités	85
Reproduction	86
Le collembole en tant qu'indicateur de la qualité des sols	86
Les insectes aptérygotes	87
Les myriapodes	88
Les groupes secondaires	89
Rotifères et tardigrades	89
Mollusques	89
Crustacés	89
Vertébrés	89
5 – UN ÉLÉMENT À PART : LES ALGUES	91
Les algues marines	91
Les algues d'eau douce	92
Les algues terrestres	92

6 – BIOCONTRÔLE DES MALADIES	
PAR LES MICRO-ORGANISMES TELLURIQUES	94
Interactions directes bactéries PGPR/pathogènes	94
Renforcement de la capacité défensive des plantes	95
Les deux types de résistances systémiques	95
Champignon et activité antibiotique	95
Activité sanitaire des bactéries vis-à-vis des plantes	96
PARTIE 2 – LA PRATIQUE SUR LE TERRAIN	99
Avertissement aux lecteurs	100
Introduction	101
1 – LES PLANTES	105
Les éléments minéraux constitutifs de la matière végétale	105
Éléments provenant de l'atmosphère	106
Carbone	106
Hydrogène	107
Azote	107
2 – LE SOL	110
Le rôle du sol	110
La structure du sol	111
Importance de la structure	111
Formation des agrégats	114
Structurer son sol selon son métier	115
<i>Agriculteur</i>	115
<i>Vigneron ou arboriculteur</i>	115
<i>Jardinier</i>	116
<i>Maraîcher</i>	116
<i>Lavandiculteur</i>	116
<i>Betteravier</i>	117
Interactions des différents protagonistes de la vie des sols	117
Altération des roches-mères	119
3 – LES MATIÈRES ORGANIQUES VÉGÉTALES	121
Le rôle des MO	122
De l'organique aux nutriments	124
Matières organiques fraîches (MOF)	124
Matières organiques solubles (MOS)	125
Minéralisation	125
Humification	126
Les rôles et l'importance de la matière organique soluble (MOS)	127

4 – LA VIE DU SOL	129
Vers de nouveaux systèmes de culture	129
L'entretien de la biomasse des sols	130
Rétablir et entretenir les réseaux édaphiques	132
Gérer les organismes du sol	135
Réseau édaphique	135
Réseau édaphique et état sanitaire	137
Réseau trophique des sols	139
Macrofaune et mésofaune	139
Activité des vers	140
Rhizosphère	141
Une zone de vie	144
Une zone d'alimentation	145
Le cycle des nutriments à l'intérieur du sol:	
le miracle biologique	150
Schéma des attaques microbiennes	151
Une mise au point sur le pH	153
L'apport des minéraux par le phénomène	
de la décomposition des MO	154
Décomposition des matières organiques fraîches (MOF)	154
Décomposition des matières organiques solubles (MOS)	158
Libération des minéraux par réactions biochimiques autonomes	158
Incidences au champ	159
Le cas particulier de l'azote	160
Différentes formes d'azote dans le sol	163
Formes minérales	163
<i>Stock de la CEC</i>	163
<i>Stock de la biomasse bactérienne</i>	163
<i>Stock de la biomasse fongique</i>	164
<i>Stock minéral total</i>	165
Formes organiques	165
<i>Azote des MO stockées</i>	165
<i>Azote de la litière</i>	165
<i>Stock organique minéralisable total</i>	165
Azote atmosphérique fixé par les bactéries	166
<i>Mécanismes de fixation</i>	167
<i>Bactéries libres fixatrices d'azote</i>	168
<i>Bactéries symbiotiques fixatrices d'azote</i>	170
Mise au point sur l'azote dans le sol	173
Allers-retours nitrification-dénitrification	173
5 – LA FERTILISATION EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE	176
Les principes généraux de la « fertilisation biologique »	177

Comment s'y prendre	180
Programme de fond : alimenter les organismes du sol	182
Principe	182
<i>Nourrir les organismes</i>	182
<i>Compensation des exportations</i>	183
Raisonnement de la fertilisation biologique	183
<i>Premier exemple</i>	183
<i>Deuxième exemple</i>	183
<i>En résumé</i>	184
Racines comme intrants organiques	185
Problème des données chiffrées de la littérature scientifique	187
Une activité biologique constante	189
Chiffres à prendre en compte	190
Exportations	190
Un exemple	190
Le calcul du ratio intrants/extrants (un poste mineur)	192
La MO dans tous ses états	194
MO et système racinaire des cultures : action sur le physique des sols et la fertilisation en profondeur	194
MO et action sur la biologie du sol	198
Nourrir les organismes du sol 365 jours par an	199
MO et action sur la chimie du sol	200
Comment débiter en agriculture biologique	200
Pour le sol	201
Différents postes à prendre en compte	206
Composition des plantes et du sol	207
Oligoéléments	209
La gestion des MO : la diététique des sols	211
Principes généraux	214
6 – INGÉNIERIE ÉCOLOGIQUE DES ÉCOSYSTÈMES CULTIVÉS	217
Les grandes cultures	217
Réorganiser son exploitation	218
Haies et bandes fleuries	218
<i>Haies</i>	218
<i>Bandes fleuries</i>	222
<i>Bandes fleuries en cultures pérennes</i>	225
Travail du sol en agriculture biologique	225
Une technique ancestrale	225
Labour ou pas labour ?	226
De nouvelles perspectives	226
Gestion pratique de la MO aux champs	230
Principe de la litière	230
Réaliser sa première litière	237
Roulage	238

Broyage	239
Destruction chimique	239
Cultures « associées »	240
Rotations : un rôle agronomique et commercial	243
Avantages sanitaires	246
Quelques règles de conduite de cultures	247
Conclusion du chapitre	251
Les plantes pérennes sur rangs	254
Aberration d'un système	254
Défauts du système	257
Remèdes	258
Agir sur le sol	259
Agir sur l'environnement	259
Importance de la couche arable	262
Les plantes de la biofertilisation	262
Année 1	263
<i>Semis d'après vendange</i>	263
<i>Semis de fin de taille</i>	263
Année 2	266
Vers des cultures complémentaires	267
Autres apports de MO	269
<i>Doses de MO à respecter</i>	269
Importance des mycorhizes : le goût du terroir	271
Conclusion	272
Cas particulier des producteurs de lavandes/lavandins	273
Le maraîchage	276
Importance de la valeur nutritive des aliments	278
Physiologie végétale et densité nutritionnelle	281
Importance du système de culture dans l'élaboration des métabolites secondaires	283
Résidus de pesticides	286
Conclusions	287
Importance de l'après-récolte	287
Mise au point sur l'environnement des cultures et les rotations	291
L'environnement des cultures : intégrer les parcelles dans l'écotype local	293
Avantages liés aux techniques maraîchères biologiques	299
Éviter les herbicides (47 % des traitements en France)	300
Éviter les insecticides et les fongicides (24 % et 26 % des traitements en France)	300
Mieux organiser le travail	301
<i>En polyculture traditionnelle</i>	302
<i>En maraîchage intensif</i>	302
Redessiner l'assolement de son exploitation ou de son potager	305
Mélanges écodynamisants	305

Dessin	307
Organisation des productions	307
<i>Organisation générale: le découpage des terres de l'exploitation</i>	307
Semis	311
Choix des variétés	312
Densité de semis et de plantation	312
Aspects économiques	312
<i>Organisation dans les parcelles</i>	313
<i>Organisation des rotations</i>	314
<i>Report du plan sur le terrain</i>	315
<i>Semis primaires de base</i>	317
Production de biomasse végétale pour les organismes du sol	318
Cas particulier de la fertilisation biologique en maraîchage	320
<i>Apports de MO</i>	321
Comment nourrir les organismes des sols?	321
Culture « biologique » veut dire culture « vivante »	322
<i>Aliments celluloseux et ligneux dits « bruns »:</i> <i>vendus en sac, big-bag et en vrac</i>	324
<i>Aliments azotés dits « verts »</i>	324
Incorporation des MO	324
<i>Différents cas de figures</i>	325
Travail en serre	327
Serres traditionnelles	329
Conclusion	330
Le jardin biologique: création, entretien	331
Qu'est-ce qu'un jardin?	331
À l'origine: la terre	334
Rôle négatif des intrants chimiques	336
Principales sources d'intrants chimiques	337
Rôle négatif du jardinier	338
Remèdes	339
Apport de matières organiques: une gestion « au plus près du biologique »	340
Le jardin biologique: les solutions pratiques	341
Règle n° 1: tout ce que le jardin produit doit retourner au jardin	341
Règle n° 2: réintroduire et entretenir l'activité microbienne du sol	343
Amendements organiques de surface	345
Amendements « verts » (bactériens): rapport C/N faible	345
Amendements « bruns » et les paillis: rapport C/N élevé	345
Mise en place des amendements: le paillage des sols	346
<i>Deux exemples plus particuliers: la chènevotte et le BRF</i>	347
BRF: bois raméal fragmenté	348
<i>Historique (d'après Tanguy M, 2006, INH Angers)</i>	348
<i>Technologie du BRF</i>	349

<i>Rôle du broyage</i>	349
<i>Incidence du broyage des résidus sur la vie sociale et économique</i>	352
Amendements microbiens ou « thé de composts »	353
Principes généraux de l'amendement microbien	355
<i>Préparation de la macération oxygénée</i>	356
<i>Ingrédients</i>	356
Utilisation du thé de compost en prévention des maladies	358
<i>Conservation du macérât microbien ou thé de compost</i>	360
Inocula mycorrhiziens (souvent avec bactéries associées)	360
Gazons	362
Importance de la rhizosphère	363
Effets de la tonte sur les gazons	363
Facteurs de dégradation des sols en espaces gazonnés	364
<i>Eau</i>	365
<i>Fertilisations chimiques</i>	365
<i>Évapotranspiration</i>	365
Raisons d'une dégradation annoncée	366
Rôle de la microlitière sur les gazons	367
Avantages des endomycorhizes sur pelouses	370
Arbres: feuillus et conifères	370
« Mauvaises herbes »	371
Conclusion	372

CONCLUSION GÉNÉRALE	375
LISTE DES ABRÉVIATIONS	379
LISTE DES TABLEAUX	380
LISTE DES FIGURES	382
LISTE DES PHOTOS	383
BIBLIOGRAPHIE	386
INDEX	425
MÉMENTO PRATIQUE	427
LES ORGANISMES DU SOL: LES « OUTILS » DE L'AGRICULTEUR	428
Leurs fonctions	428
Leurs actions dans le sol	429
Les animaux	429
D'autres intervenants plus petits	429
Les organismes vivants du sol	429
Le sol vivant	430

LA PRODUCTION DES MINÉRAUX ASSIMILABLES	431
La biodégradation et la minéralisation des MO par les micro-organismes	431
La production des micro-organismes	431
L'action sur la structure du sol	432
LES BESOINS DES PLANTES	433
LE RÔLE DE LA RHIZOSPHERE	434
Une zone de vie	434
Les profondeurs d'enracinement	434
Les plantes à action racinaire importante	436
LA FERTILISATION EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE	437
La source des minéraux pour l'alimentation des plantes	437
Le principe de base de la fertilisation biologique	438
L'apport de MO	438
RÉINTRODUIRE LA VIE MICROBIENNE DANS LES SOLS	439
Les plantes à cultiver <i>in situ</i>	439
La conception des mélanges	441
Les différentes sources d'azote	441
LES MATIÈRES ORGANIQUES EN APPORTS EXTÉRIEURS	442
Les aliments celluloseux et ligneux dits « bruns »	442
Les aliments azotés dits « verts »	442
Le dosage des apports	442
INCORPORATION OU LITIÈRE ?	443
LES LIMACES	444
Quelques règles simples	444
À ÉVITER...	445
Éviter les herbicides	445
Éviter les insecticides et les fongicides	445
QUELQUES CONSEILS DE BASE	447
Une meilleure organisation du travail	447
Les biotraitements phytosanitaires	447
La pyramide échelonnée de la stratégie phytosanitaire de l'agriculture biologique	447

LES STRATÉGIES DE DÉFENSE ÉLABORÉES PAR LES PLANTES	448
Les auxiliaires pour le maintien de l'équilibre	448
Le biocontrôle des maladies	448
Les interactions directes bactéries PGPR/pathogène	449
Le renforcement de la capacité défensive des plantes	449
Les deux types de résistances systémiques	449
La résistance systémique acquise ou SAR (<i>Systemic Acquired Resistance</i>)	449
La résistance systémique induite ou ISR (<i>Induced Systemic Resistance</i>)	450
Les champignons et l'activité antibiotique	450
L'activité sanitaire des bactéries vis-à-vis des plantes	450
LISTE DES FIGURES EN COULEURS	452
LISTE DES PHOTOS EN COULEURS	460

Qu'est-ce que l'agriculture biologique ? C'est l'art de cultiver les micro-organismes du sol en les nourrissant de matières organiques, pour aboutir à la mise à disposition des plantes de tous les minéraux nécessaires à l'obtention de récoltes abondantes et saines.

Ce livre est l'histoire d'un monde souterrain, en perpétuel mouvement, où des animaux et des végétaux, la plupart du temps microscopiques, se côtoient, se dévorent, s'empoisonnent, s'associent, se livrent des guerres ethniques ou fratricides pour s'emparer de la nourriture disponible. Ils rejettent ainsi dans le sol des quantités de substances chimiques de plus en plus fines, des antibiotiques, des enzymes... sous le commandement implacable des plantes qui orchestrent ces guerres telluriques pour leur seul bien-être. Les plantes, en effet, élèvent au plus près de leurs racines, par des distributions parfois massives de nourriture, des bactéries, des ascomycètes et des champignons afin de s'assurer un ravitaillement facile en minéraux, en eau, en antibiotiques... pour atteindre leur but : une croissance la plus harmonieuse et saine possible.

L'auteur explique toutes les techniques particulières aux agriculteurs, aux jardiniers professionnels ou amateurs, aux maraîchers, aux horticulteurs, aux vignerons, pour élever les micro-organismes indispensables à leurs sols et à leurs cultures.

Cet ouvrage expose les nouvelles pratiques agricoles mises au point par les chercheurs et les agriculteurs pionniers depuis 40 ans. Il concerne toutes les filières de la production végétale.

Christian de Carné-Carnavalet est ingénieur-conseil en agriculture biologique. Il est également architecte-paysagiste à Grasse.

ISBN : 978-2-85557-211-6



9 782855 572116

EDITIONS
France Agricole