

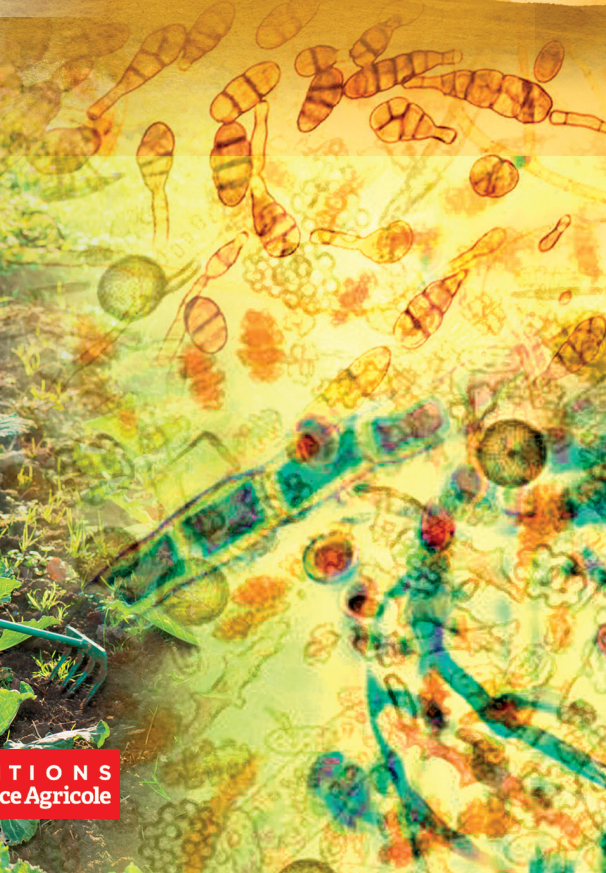


Agriculture biologique, une approche scientifique

2^e édition

- ▣ Le bénéfice des micro-organismes pour le sol et les récoltes
- ▣ Les mécanismes en jeu entre cultures et monde souterrain
- ▣ Les techniques applicables pour toutes les filières agricoles

Christian Carnavalet



Sommaire

AVERTISSEMENT	XVIII
Avertissement 2 ^e édition	XX
PRÉFACE	XXV
RÉSUMÉ	XXVII
PRÉAMBULE	XXX
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	9
La formation des sols	10
Nourrir les sols	12
Vie biologique des sols	13
Biogenèse des sols	13
Un lieu d'interdépendance	14
3 – LA MICROFLORE DU SOL ET SES FONCTIONS	17
Les bactéries	17
Travail de décomposition des MO	17
Bactéries anaérobies	18
Bactéries aérobies	19
Décomposition de la cellulose et de la lignine : les actinomycètes	19
Cellulose	19
Hémicelluloses	20
Lignine	20
Ligninocellulose	20
Rôle des bactéries dans le cycle des éléments	20
Biofilms et antibiotiques	22
Cas particulier des rhizobactéries du genre <i>Pseudomonas</i>	25
Phloroglucinols	27
Phénazines	28
Pyrrolnitrine	28
Pyolutéorine	29
Cyanure d'hydrogène (HCN)	29

Rhizobactéries en tant qu'agents de lutte biologique	30
Interactions directes bactéries PGPR/pathogène	31
Compétition pour l'espace et les nutriments	31
Compétition pour le fer et production de sidérophores	31
Antibiose et parasitisme	31
Interactions PGPR/plante	32
Promotion de la croissance de l'hôte	32
Renforcement de la capacité défensive de l'hôte	32
Interactions plante/pathogène	33
Les deux types de résistances systémiques	34
Résistance systémique acquise ou SAR (<i>Systemic Acquired Resistance</i>)	34
Résistance systémique induite ou ISR (<i>Induced Systemic Resistance</i>)	34
Non-spécificité vis-à-vis de l'hôte et du pathogène	35
Fixation des nutriments	36
Les champignons	37
Considérations d'ordre général	37
Mode de vie des champignons	39
Généralités	39
Hyphes et nutrition	39
Une action mécanique sur les sols	40
Durée de vie	41
Champignons et azote	42
Champignons et activité antibiotique	42
Les mycorhizes	43
Définition	43
Mycorhizes en agriculture	45
Différents types de mycorhizes	48
Ectomycorhizes	48
Endomycorhizes	48
Morphologie	49
Rôles des mycorhizes	50
Nutrition minérale	50
Nutrition hydrique	52
Protection contre les polluants	52
Survie, persistance et dispersion	53
L'azote : une menace pour les champignons mycorhiziens	54
Protection sanitaire	55
Biocontrôle des maladies	56
Le consortium bactéries/champignons : la formation des humus	59
Conclusion intermédiaire	62
4 – LA FAUNE DU SOL ET SES FONCTIONS	64
Les protozoaires	64
Intérêt des protozoaires	65

Les nématodes	66
Généralités.....	66
Nématodes phytoparasites	68
Nématodes bénéfiques	68
Nématodes prédateurs	69
Bol alimentaire des nématodes	70
Les lombriciens ou vers de terre.....	72
Généralités.....	72
Les communautés de vers de terre	74
Les « ingénieurs du sol »	76
Des éléments du réseau trophique	79
Biologie et morphologie	79
Description des différents vers	80
<i>Annélides</i>	80
<i>Oligochètes</i>	80
<i>Enchytréides</i>	81
Mode de vie	81
Habitat.....	83
<i>Vers épigés</i>	84
<i>Vers anéciques</i>	84
<i>Vers endogés</i>	85
Rôle des vers de terre	85
Vers et calcium	89
Action sur le sol	91
Les collemboles	93
Importance et diversité des collemboles	94
Cycle de vie et particularités	95
Reproduction	95
Le collembole en tant qu'indicateur de la qualité des sols	96
Les insectes aptérygotes	97
Les myriapodes.....	97
Les groupes secondaires	99
Rotifères et tardigrades	99
Mollusques	99
Crustacés.....	99
Vertébrés.....	99
5 – UN ÉLÉMENT À PART : LES ALGUES	101
Les algues marines.....	101
Les algues d'eau douce	102
Les algues terrestres	102

6 – BIOCONTRÔLE DES MALADIES PAR LES MICRO-ORGANISMES TELLURIQUES . .	104
Interactions directes bactéries PGPR/pathogènes	105
Renforcement de la capacité défensive des plantes	105
Les deux types de résistances systémiques	105
Champignon et activité antibiotique	106
Activité sanitaire des bactéries vis-à-vis des plantes.	106
 PARTIE 2 – LA PRATIQUE SUR LE TERRAIN	 109
Ingénierie écologique pour la gestion des ressources en nutriments des écosystèmes cultivés	109
Avertissement aux lecteurs	110
Introduction.	112
 1 – LES PLANTES	 117
Éléments minéraux constitutifs de la matière végétale.	117
Éléments provenant de l’atmosphère	118
Carbone	118
Hydrogène	119
Azote	119
 2 – LE SOL	 123
Le rôle du sol	123
La structure du sol	124
Importance de la structure	124
Formation des agrégats	127
Structurer son sol selon son métier.	129
<i>Agriculteur</i>	129
<i>Vigneron ou arboriculteur</i>	129
<i>Jardinier</i>	129
<i>Maraîcher</i>	130
<i>Lavandiculteur</i>	130
<i>Betteravier</i>	131
Interactions des différents protagonistes de la vie des sols	131
Altération des roches-mères	133
 3 – LES MATIÈRES ORGANIQUES VÉGÉTALES	 135
Le rôle des MO	137
De l’organique aux nutriments	139
Matières organiques fraîches (MOF).	139
Matières organiques solubles (MOS)	140
Minéralisation	140
Humification	141
Les rôles et l’importance de la matière organique soluble (MOS)	142

4 – LA VIE DU SOL	145
Vers de nouveaux systèmes de culture	145
L'entretien de la biomasse des sols	146
Rétablir et entretenir les réseaux édaphiques.....	149
Gérer les organismes du sol	151
Réseau édaphique.....	151
Réseau édaphique et état sanitaire.....	153
Réseau trophique des sols	156
Macrofaune et mésofaune	156
Activité des vers	157
Rhizosphère	159
Une zone de vie	161
Une zone d'alimentation.....	162
Le cycle des nutriments à l'intérieur du sol : le miracle biologique	167
Schéma des attaques microbiennes	169
Une mise au point sur le pH	170
L'apport des minéraux par le phénomène de la décomposition des MO.	171
Décomposition des matières organiques fraîches (MOF).....	171
Décomposition des matières organiques solubles (MOS)	175
Libération des minéraux par réactions biochimiques autonomes	175
Incidences au champ	176
Le cas particulier de l'azote	178
Différentes formes d'azote dans le sol	180
Formes minérales	180
<i>Stock de la CEC</i>	180
<i>Stock de la biomasse bactérienne</i>	181
<i>Stock de la biomasse fongique</i>	181
<i>Stock minéral total</i>	182
Formes organiques	182
<i>Azote des MO stockées</i>	182
<i>Azote de la litière</i>	183
<i>Stock organique minéralisable total</i>	183
Azote atmosphérique fixé par les bactéries.....	184
Mécanismes de fixation	185
<i>Bactéries libres fixatrices d'azote</i>	186
<i>Bactéries symbiotiques fixatrices d'azote</i>	188
Mise au point sur l'azote dans le sol	191
Allers-retours nitrification-dénitrification.....	191
5 – LA FERTILISATION EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE	195
Les principes généraux de la « fertilisation biologique »	197
Comment s'y prendre	199
Programme de fond : alimenter les organismes du sol	201

Principe	202
<i>Nourrir les organismes</i>	202
<i>Compensation des exportations</i>	202
Raisonnement de la fertilisation biologique	203
<i>Premier exemple</i>	203
<i>Deuxième exemple</i>	203
<i>En résumé</i>	204
Racines comme intrants organiques	205
Problème des données chiffrées de la littérature scientifique	207
Une activité biologique constante	209
Chiffres à prendre en compte	210
Exportations	210
Un exemple	210
Le calcul du ratio intrants/extrants (un poste mineur)	212
La MO dans tous ses états	214
MO et système racinaire des cultures :	
action sur le physique des sols et la fertilisation en profondeur	214
MO et action sur la biologie du sol	219
Nourrir les organismes du sol 365 jours par an	220
MO et action sur la chimie du sol	221
Comment débiter en agriculture biologique	222
Pour le sol	222
Différents postes à prendre en compte	228
Composition des plantes et du sol	229
Oligoéléments	232
La gestion des MO : la diététique des sols	234
Principes généraux	238
6 – INGÉNIERIE ÉCOLOGIQUE DES ÉCOSYSTÈMES CULTIVÉS	240
Les retombées des systèmes culturaux agrobiologiques	
sur les qualités organoleptiques des récoltes	241
Importance de la valeur nutritive des aliments	242
Physiologie végétale et densité nutritionnelle	246
Importance du système de culture dans l'élaboration	
des métabolites secondaires	248
Résidus de pesticides	251
Importance de l'après-récolte	252
Mise au point sur l'environnement des cultures et les rotations	255
L'environnement des cultures : intégrer les parcelles dans l'écotype local	257
Les grandes cultures	264
Réorganiser son exploitation	265
Haies et bandes fleuries	266
<i>Haies</i>	266
<i>Bandes fleuries</i>	269
<i>Bandes fleuries en cultures pérennes</i>	273

Travail du sol en agriculture biologique	274
Une technique ancestrale	274
Labour ou pas labour ?	274
De nouvelles perspectives	275
Gestion pratique de la MO aux champs	279
Principe de la litière	280
Réaliser sa première litière	294
Roulage	295
Broyage	296
Destruction chimique	296
Cultures « associées »	297
Rotations : un rôle agronomique et commercial	301
Avantages sanitaires	303
Quelques règles de conduite de cultures	304
Conclusion du chapitre	308
Vigne, vergers et plantes pérennes sur rangs	310
Aberration d'un système	310
Les maladies de l'incohérence écologique	312
Défauts du système	321
Remèdes	322
Agir sur le sol	322
Agir sur l'environnement	322
Importance de la couche arable	325
Les plantes de la biofertilisation	326
Année 1	327
<i>Semis d'après vendange</i>	327
<i>Semis de fin de taille</i>	327
Année 2	330
Vers des cultures complémentaires	331
Autres apports de MO	333
<i>Doses de MO à respecter</i>	333
Importance des mycorhizes : le goût du terroir	335
Conclusion	336
<i>Xylella fastidiosa</i> : un fléau sous contrôle potentiel	338
Cas particulier des producteurs de lavandes/lavandins	346
Conclusion du chapitre	349
Le maraîchage	350
Avantages liés aux techniques maraîchères biologiques	355
Éviter les herbicides (47 % des traitements en France)	355
Éviter les insecticides et les fongicides (24 % et 26 % des traitements en France)	356
Mieux organiser le travail	357
<i>En polyculture traditionnelle</i>	358
<i>En maraîchage intensif</i>	358
Redessiner l'assolement de son exploitation ou de son potager	360
Mélanges écodynamisants	361

Dessin	362
Organisation des productions.	363
<i>Organisation générale: le découpage des terres de l'exploitation</i>	363
Semis	367
Choix des variétés.	368
Densité de semis et de plantation.	368
Aspects économiques	369
<i>Organisation dans les parcelles</i>	370
<i>Organisation des rotations</i>	371
<i>Report du plan sur le terrain</i>	372
<i>Semis primaires de base</i>	373
Production de biomasse végétale pour les organismes du sol	375
Cas particulier de la fertilisation biologique en maraîchage	377
Apports de MO	378
<i>Inclus dans la rotation</i>	378
<i>Apportés de l'extérieur</i>	378
Comment nourrir les organismes des sols?	378
Culture « biologique » veut dire culture « vivante »	379
<i>Aliments cellulosiques et ligneux dits « bruns »: vendus en sac, big-bag et en vrac</i>	381
<i>Aliments azotés dits « verts »</i>	382
Incorporation des MO	382
<i>Différents cas de figure</i>	383
Travail en serre	385
Serres traditionnelles	387
Conclusion	387
Le maraîchage bio-intensif sur petites surfaces	389
<i>La Biodynamic French Intensive Method</i>	393
Le jardin biologique: création, entretien.	398
Qu'est-ce qu'un jardin?	398
À l'origine: la terre	401
Rôle négatif des intrants chimiques	403
Impact négatif de l'eau d'arrosage sur les sols	404
Rôle négatif du jardinier	405
Remèdes	406
Apport de matières organiques: une gestion « au plus près du biologique »	408
Le jardin biologique: les solutions pratiques	409
Règle n° 1: tout ce que le jardin produit doit retourner au jardin	409
Règle n° 2: réintroduire et entretenir l'activité microbienne du sol.	411
Amendements organiques de surface	413
Amendements « verts » (bactériens): rapport C/N faible	413
Amendements « bruns » et paillis: rapport C/N élevé	414
Mise en place des amendements: le paillage des sols	415
<i>Deux exemples plus particuliers: la chènevotte et le BRF</i>	416

BRF: bois raméal fragmenté	417
<i>Historique (d'après Tanguy M. 2006, INH Angers)</i>	417
<i>Technologie du BRF</i>	418
<i>Rôle du broyage</i>	418
<i>Incidence du broyage des résidus sur la vie sociale et économique</i>	421
Amendements microbiens ou « thés de composts »	423
Principes généraux de l'amendement microbien.	425
<i>Préparation de la macération oxygénée</i>	425
<i>Ingédients</i>	426
Utilisation du thé de compost en prévention des maladies	428
<i>Conservation du macérât microbien ou thé de compost</i>	430
Inocula mycorhiziens (souvent avec bactéries associées)	430
Gazons	433
Importance de la rhizosphère	433
Effets de la tonte sur les gazons	434
Facteurs de dégradation des sols en espaces gazonnés	435
<i>Eau</i>	435
<i>Fertilisations chimiques</i>	435
<i>Évapotranspiration</i>	436
Raisons d'une dégradation annoncée	437
Rôle de la microlitière sur les gazons	438
Avantages des endomycorhizes sur pelouses.	441
Arbres: feuillus et conifères	442
« Mauvaises herbes »	443
Conclusion	444
CONCLUSION GÉNÉRALE	447
LISTE DES ABRÉVIATIONS.	453
LISTE DES TABLEAUX	455
LISTE DES FIGURES.	457
LISTE DES PHOTOS	458
BIBLIOGRAPHIE.	461
Sites Internet.	506
INDEX.	509
MÉMENTO PRATIQUE	511
Résumé des connaissances indispensables pour une bonne pratique de l'agriculture biologique	511

Avertissement

Ce livre n'est pas professoral. Il s'adresse aux praticiens de l'agriculture et aux amateurs qui y trouveront les grands principes de la vie du sol et la manière de travailler avec les organismes vivants telluriques.

Une culture est le résultat de mécanismes de dégradation et de recyclage des éléments minéraux constitutifs des tissus végétaux. Ces mécanismes commencent à être compris et leurs descriptions prennent des milliers de pages ; cependant, le praticien n'a pas besoin de connaître les détails des réactions biochimiques qui permettent la croissance de ses plantes, il lui suffit de les guider dans la bonne direction. C'est amplement suffisant.

Tout commence par la vie à l'intérieur des sols.

Ce sont les organismes vivants dans les sols qui sont la clé du mystère de la vie végétale. Si la vie des organismes – depuis la plus petite bactérie, en passant par les champignons, les protozoaires, les nématodes, les acariens, les myriapodes, etc., jusqu'aux vers de terre ou aux taupes – est respectée et encouragée par des apports constants de matières organiques pour les nourrir, les sols seront stables et fertiles. Si on détruit cette vie animale et végétale à l'intérieur des sols, avec des excès d'engrais et de produits phytosanitaires issus de la chimie de synthèse et/ou de mauvaises techniques culturales, les productions baissent, les sols se dégradent, s'érodent, meurent puis finissent par disparaître sous l'action des vents et des pluies.

Un million d'hectares de terre agricole, nous disent les organismes qui scrutent la planète, disparaissent ainsi chaque année des surfaces cultivables parce que les pratiques agricoles n'étaient pas adaptées. Comment accepter que cette ineptie perdure au regard de nos connaissances actuelles en gestion de la vie des sols ?

Des dizaines de pays, qui représentent des millions d'hectares de terres cultivables, ont pris conscience de ce problème et pratiquent depuis un demi-siècle une agriculture plus respectueuse des êtres vivants des sols. Par des pratiques culturales à base d'apports réguliers de matières organiques à même le sol, les agriculteurs de ces pays nourrissent la faune et la flore qui sont à la base de tous les processus physiques, chimiques et biologiques permettant la structuration et la fertilité, puis la germination, la croissance et les récoltes des cultures.

C'est à la suite de leurs exemples et de la démonstration faite par certains agronomes pionniers dans les pays occidentaux que se sont lentement mises en place une nouvelle agronomie et une nouvelle orientation de la recherche.

Aujourd'hui, des milliers de publications scientifiques appuyées par des millions d'hectares de cultures à travers le monde prouvent le rôle capital des micro-organismes dans la stabilité des sols, leur fertilité et leur capacité à produire des récoltes saines et abondantes.

Le temps est venu où tous les organismes scientifiques du monde et les grandes institutions de vulgarisation agricole prônent le retour en force d'une agriculture au sein de laquelle les matières organiques occupent la première place. Au-delà de toutes les « chapelles » nées depuis ce demi-siècle, ce traité résume les tenants et les aboutissants de cette agriculture et les résultats qu'il est convenu d'en attendre. Basé sur les publications scientifiques officielles, celles de la recherche jusqu'à décembre 2016, et sur l'expérience de terrain dans toutes les professions agricoles, il offre une vision nouvelle des champs (ou du simple carré de potager) et de la manière de les cultiver.

Puisse le lecteur en tirer le plus grand profit pour lui-même, ses congénères et sa descendance.

Le lecteur pourra commencer l'approche de ce traité par la seconde partie, beaucoup plus pratique et d'un langage plus familier, mais il lui manquera les connaissances théoriques essentielles sur les activités des organismes détaillées dans la première partie. Ce sont ces activités, que tous les professionnels doivent avoir à l'esprit, enfin comprises et encouragées dans les parcelles, qui sont à l'origine de la révolution écologique et de la « nouvelle agriculture », la vraie agriculture biologique qui s'annonce et dont le slogan est : « *Nourrir le sol pour nourrir les hommes.* »

Avertissement 2^e édition

En cinq ans, le monde de la Bio a considérablement évolué ainsi que les problématiques qui gravitent autour de l'écologie et des causes du réchauffement climatique. Des voix à résonance mondiale prêchent, depuis trente ans, l'écologie et la création d'un monde plus proche des réalités agrobiologiques qui gouvernent notre planète. Elles ont trouvé écho et accroché les consciences de nombreux citoyens à travers le monde, grâce à des films, livres, débats, conférences, ce qui a eu des répercussions positives sur les populations et sur les décideurs politiques dans les principaux pays industrialisés. Lois, règlements, conférences internationales tentent de plus en plus de régenter les actions des hommes pour minimiser leurs impacts sur l'environnement.

Dans ce cadre-là, les pratiques agricoles ont été pointées d'un doigt accusateur avec force descriptions des malfaçons incriminées, allant jusqu'à comptabiliser les gaz d'éructation et les pets des vaches dans ce triste bilan.

La politique agricole menée depuis près d'un siècle avec l'objectif d'une perpétuelle augmentation des rendements par hectare, l'exploitation de nouvelles terres, mais surtout par la pratique systématique des intrants chimiques et un labour excessif des espaces agricoles est responsable de nombreux désordres écologiques. Nul ne peut le nier à voir les milliers d'hectares de terres stérilisées à l'abandon, les phénomènes d'érosion, la consommation exponentielle de pesticides et d'engrais pour maintenir des rendements en chute libre, la disparition des insectes, abeilles et oiseaux directement liée à ces pulvérisations sur la végétation. Mais l'agriculture n'est pas responsable de tous les désordres climatiques qui se précisent chaque année davantage.

Cependant, c'est sur ce monde agricole qu'il est le plus facile de frapper. Pour des raisons historiques de faiblesse et de division de ce milieu professionnel et parce que ce monde avait déjà commencé à « s'autoflageller ». Le mot est certainement excessif mais comment interpréter la scission, voire l'agressivité ou le mépris, qui s'est installée entre les partisans d'une agriculture rejetant l'usage des engrais, des pesticides et des labours et leurs incidences négatives sur l'environnement, avec celle prônant une approche plus écologique et respectueuse de la nature ? L'approche fusionnelle de la vision du monde entre les paysans-philosophes, les écologistes, les agriculteurs biologiques, les partis politiques basant l'activité humaine sur l'abandon des industries polluantes, des pratiques agricoles chimiques, du partage des richesses, du temps de travail, etc., et le battage médiatique international d'hommes et de femmes à la personnalité bien trempée ont creusé ce fossé et encouragé les comportements hostiles mais aussi des pratiques innovantes.

Et c'est au regard de ces pratiques innovantes dont fait partie l'agriculture biologique, maintenant reconnue et labélisée, ou toutes ses copies aux noms les plus divers, que le monde

politique s'est engouffré dans la brèche. Puisqu'il existe déjà une alternative agricole reconnue pour ne plus porter atteinte à l'environnement, forçons les autres agriculteurs à la pratiquer...

Nous en sommes à l'heure actuelle à cette phase de transition, à la transmission non consentie du flambeau de la défense des intérêts du Bio, entre les pionniers de l'agriculture biologique et les caciques de l'agriculture chimique, sous la contrainte des responsables politiques.

Et s'il existe un malaise dans le monde agricole biologique, et si le risque d'une offre publique d'achat (OPA) hostile autant qu'opportuniste par les opposants au Bio est bien réel, c'est que les initiateurs des mouvements biologiques et écologiques se sont trompés sur l'itinéraire à adopter pour entraîner leurs congénères à modifier leurs pratiques culturelles. Les pères fondateurs parlaient agronomie, écologie, biologie tandis que leurs élèves ont parlé d'organisation sociale, d'éthique et de philosophie. Quitter les sciences du sol et de l'écologie pour entrer dans des considérations d'équité sociale, de partage, de morale, etc., c'était entrer en politique et abandonner l'agriculture. À force de parler en se référant aux dimensions fondamentales que revendiquent maintenant les mouvements Bio sous influence écologique et philosophique, les esprits se sont embrouillés et la récupération politique pour y mettre bon ordre en a été facilitée.

Aujourd'hui, le mouvement planétaire dans lequel est embarquée l'agriculture biologique englobe une multitude d'argumentaires bien loin des pratiques aux champs. On y parle :

- de la dimension environnementale, qui se traduit par des objectifs écologiques (pratiques respectueuses de l'environnement, haut degré de biodiversité, préservation des ressources naturelles...);
- d'une dimension éthique, qui se traduit par des objectifs sociaux et humanistes (solidarité internationale, coopération plutôt que compétition entre les opérateurs, rapprochement des producteurs et des consommateurs, règles élevées de respect du bien-être animal...);
- de la dimension économique, qui passe par une autre façon d'entreprendre (entreprises à taille humaine, pratique de prix équitables permettant de dégager des revenus décents...).

Cela ressemble trop à un argumentaire d'une vision sociétale et plus à une revendication professionnelle sur la pratique des méthodes agronomiques qui étaient à la base de l'engagement des pionniers.

Toutefois, le combat du mouvement bio a incontestablement porté ses fruits. Le monde politique s'est emparé des valeurs agrobiologiques mais il se trouve dans une impasse législative. En effet, il ne peut pas se soustraire à son obligation de confier maintenant la

recherche et le développement de cette agriculture biologique – dont il veut à présent contrôler le développement et les aides financières – aux organisations étatiques officielles. Les budgets publics étant tous à la baisse, cela va évincer des subventions les associations privées d'agriculteurs qui se battent depuis trente ans pour développer ces pratiques agricoles.

Mais la force ou la faiblesse, l'avenir nous le dira, de ces associations agricoles biologiques est la valeur morale dans laquelle elles se sont impliquées. Morale sociale et politique que leurs dirigeants pensent indispensable de lier à l'acte de produire et qui les différencie de leurs concurrents de l'agriculture chimique alliés aux industriels de l'agrochimie.

En effet, est-ce une mode ou une lame de fond, mais un tiers des nouveaux arrivants dans le monde agricole le sont pour des raisons éthiques et philosophiques et veulent pratiquer les techniques biologiques. Redonner un sens à leur vie en retrouvant le contact avec la Nature, mais également sauver le monde en protégeant la biodiversité, et surtout partager le bien commun, partager les richesses, partager les moments de la vie. Ils recherchent un mode de vie sain où le chant des oiseaux remplace le bruit des moteurs et le brouhaha de la ville... Nouveaux hippies du ^{xxi} siècle, ils se lancent dans l'agriculture sans connaissances, se revendiquent « paysans » par le contact particulier qu'ils instaurent avec l'environnement au sein de leurs exploitations. Ils sont cependant et avant tout, dans la plupart des cas, des « maraîchers », mais ils en rejettent le vocable, bien que leur principale activité soit de produire des légumes. Cette production est, de fait, la plus facile à réaliser sans investissements importants et le mouvement qui se développe le plus est la reproduction du modèle de la petite ferme familiale qui représente 90 % des fermes dans le monde : un lopin de terre, quelques graines, de l'eau et des outils simplissimes dits « à manche » permettent de se lancer dans l'aventure.

Ce mouvement est planétaire. La FAO et de nombreuses ONG l'encadrent pour donner aux impétrants les outils agronomiques et techniques qui gouvernent ce type de petites fermes (voir page 393) sur la *Biodynamic French Intensive Method*). Des universités américaines ont intégré des cursus universitaires spécifiques à cette problématique (Université du Minnesota, Université de Californie à Santa Cruz, Université de Floride...) de même qu'au Pérou (Université de la Molina) ou en Inde (Université de Delhi, Université d'Allahabad...), mais la plus active des institutions est *Ecology Action* de John Jeavons, qui dispense un enseignement très structuré sur le sujet depuis 44 ans et dans 150 pays maintenant.

Cette nouvelle génération d'agriculteurs qui se lancent dans l'aventure bio-intensive sur petite surface fait preuve d'un manque de connaissances agronomiques qui les conduit à beaucoup de déboires, de temps perdu et d'efforts inutiles. Partout dans le monde, les petits paysans, les *small-holders*, rêvent de la productivité qui leur permettrait de dépasser le stade de l'autoalimentation pour aller au marché vendre leurs surplus de production et accueillent avec intérêt les ONG et les universitaires qui veulent bien leur apporter cet enseignement. Le luxe de temps perdu à jouir du temps présent et à expérimenter à

l'aveugle dont font preuve les nouveaux arrivant en agriculture dans les pays industrialisés est comme une insulte à la pauvreté et au désespoir de près de deux milliards de terriens qui travaillent la terre avec rage, bâton à fourir comme au néolithique et la faim au ventre. Mais la vie est ainsi faite et la volonté des « paysans » qui se cherchent une nouvelle identité dans les pays dominés par l'agriculture industrielle qu'ils rejettent ne changera pas l'organisation des États et l'économie mondialisée. Ce que doivent impérativement faire ces nouveaux agriculteurs, c'est se former à l'agronomie et revendiquer haut et fort ces connaissances en lieu et place de leurs aspirations humanitaires qui inspirent leur mode de vie. Enfants spirituels de Pierre Rabhi, ils pensent que le mimétisme de la nature suffit pour produire. Pour soi, oui, pour autrui, non. La production végétale, quand elle s'appelle « agriculture », avec notion de rendements dépassant l'autoconsommation familiale, se fait en connaissance de règles agronomiques tangibles, rejoignant bien sûr le fonctionnement des écosystèmes forestiers, mais qui incluent les notions écologiques et environnementales, organisation du travail et insertion dans un système économique. On peut travailler intensément, avoir des rendements et des revenus financiers permettant des investissements dans l'entreprise, une vie moderne tout en appréciant le chant des oiseaux chaque jour, en restant émerveillé des levers du soleil au petit matin et en dégageant du temps libre pour soi.

Le présent livre ne s'intéresse qu'aux faits scientifiques. Il est dédié à l'ensemble de ces nouveaux arrivants en agriculture mais également à ceux qui exercent déjà leurs activités. Tous trouveront matière à avancer dans leurs pratiques quotidiennes grâce aux règles agronomiques et au fonctionnement des sols, des plantes et de la relation sol-plante que ce livre décrit avec simplicité, avec l'appui des recherches scientifiques qui permettent cette compréhension. Travailler en respectant ces règles où la biologie des sols est le principal instrument de réussite s'appelle tout simplement « agriculture biologique », en hommage aux bactéries, champignons, mycorhizes, vers de terre, insectes qui régissent le comportement des plantes et leur croissance.

En silence, sans bruit, depuis près d'un siècle, et de manière beaucoup plus dense depuis cinquante ans, des scientifiques ont travaillé et travaillent, dans l'isolement de leurs laboratoires et dans les champs de très nombreux agriculteurs, à comprendre comment l'homme peut tirer sa substance de la terre sans la détruire par ses méthodes de cultures.

En marge des débats politiques et des enjeux philosophiques, les sciences agronomiques ont œuvré et livré des connaissances nouvelles. L'agroécologie, l'agriculture biologique, l'agriculture « forestière », l'agriculture durable, etc., ont vu le jour, développant des techniques agricoles basées sur le respect des cycles naturels et impliquant davantage l'humain dans la préservation de son environnement.

Les résultats de leurs recherches ont lentement diffusé dans le monde agricole autour des pionniers qui se sont tout naturellement tournés vers les universitaires sensibles à leurs interrogations, et de nettes améliorations dans les techniques de cultures ont permis de

démontrer que le respect de la vie microbienne tellurique permettait d'obtenir d'excellents rendements sans apport d'engrais ou de pesticides de synthèse. Aujourd'hui pratiquée sur 5 % de la surface agricole mondiale, cette agriculture diversement nommée et pudiquement appelée « Agriculture biologique non certifiée » dans les documents des Nations Unies peut et doit être maintenant généralisée à l'ensemble des pays.

Le monde politique et la science officielle ont eu très peu d'approches de ces études universitaires, cependant accessibles à ceux qui le veulent. Lancer les instituts de recherche d'État sur des connaissances déjà acquises n'apportera rien. Il faut maintenant répertorier ces savoirs, les faire entrer dans l'enseignement agricole et dans les fermes, introduire de l'ingénierie écologique dans les paysages de monocultures intensives, faire avancer la technicité des agriculteurs pour qu'ils arrivent à maîtriser deux à trois cultures simultanément dans la même parcelle afin de démultiplier les surfaces cultivées et occuper les sols à l'année. Les maraîchers doivent apprendre à utiliser les inter-rangs de leurs plantations pour y incorporer une autre culture en lieu et place du vide propice à l'apparition des adventices et à l'usage des pesticides. Les viticulteurs doivent revoir le schéma écologique de leurs vignobles pour créer des barrières à l'expansion des maladies. Les jardiniers doivent modifier leur façon de travailler et réintroduire les matières végétales dans les cycles d'entretien des espaces verts avec les techniques de broyage systématique des résidus de taille et des tontes de gazon.

Les répercussions des avancées scientifiques en agronomie, écologie environnementale, entomologie, etc., ont des impacts positifs sur toutes les professions travaillant avec les plantes et les sols. Apprenons à maîtriser au mieux ces connaissances pour qu'elles soient appliquées sur le terrain. Et une fois les processus biochimiques enclenchés, la vie du sol respectée et entretenue, une nouvelle technicité acquise, les retombées environnementales positives tant attendues viendront tout naturellement, spontanément, redorer la vie des humains.

L'agronome, avec sa palette de connaissances et de techniques pour redynamiser la vie des sols, doit impérativement redevenir un acteur clé de la gouvernance des champs et de l'organisation écologique des cultures. Ce livre en dévoile les connaissances de base, directement applicables au sein des exploitations, des vignobles, des petites fermes et des jardins.

Préface

C'est un plaisir pour nous de dédicacer ce livre qui résume l'immense travail des biologistes des sols.

Lorsque nous avons écrit *Le sol, la terre et les champs* en 1989, nous passions pour des scientifiques irréalistes car les tenants de la « révolution verte » considéraient que la biologie du sol n'avait pas sa place en agriculture. C'était l'époque où l'agriculture n'était plus cette activité millénaire qui nourrissait les hommes grâce au travail de millions d'agriculteurs, mais une activité dominée par les idéologies du tout chimique ou du tout « Bio ». Nous expliquions à cette époque que seule l'étude scientifique des relations complexes et fondamentales qui relie le sol, les microbes, les plantes, les animaux et l'homme permettrait de nourrir l'humanité, mais ceci n'était guère d'actualité ; heureusement, depuis, les mentalités ont évolué. Il ne s'agit pas de créer une nouvelle méthode miracle, mais il faut étudier, à la lumière de la science, les pratiques ancestrales et empiriques des paysans du monde pour les développer et les améliorer. Ce livre reprend, complète et diffuse nos propos.

Après des années de luttes idéologiques, les hommes comprennent enfin que ce n'est pas d'une chapelle dont l'agriculture a besoin mais d'une approche scientifique de cet écosystème complexe qu'est le champ. Ce livre pourra sembler ardu pour des néophytes mais le chemin de la connaissance est difficile, ce n'est pas un long fleuve tranquille. Ce livre a l'immense mérite de montrer que le sol est le milieu le plus complexe du globe et qu'il demande une étude scientifique approfondie pour pouvoir être cultivé de façon pérenne. Il démontre que l'agriculture biologique de demain sera scientifique ou ne sera pas. Cela suppose bien sûr une grande connaissance du fonctionnement des sols. Le métier d'agriculteur ne se limite pas à labourer, épandre des engrais, semer des graines OGM et traiter ses plantes aux herbicides, insecticides... Le métier d'agriculteur est le plus complexe du monde car il consiste à gérer l'écosystème agro-sylvo-pastoral et ceci ne peut se faire sans des bases solides en pédologie, biologie des sols, botanique et zoologie. Nos lycées agricoles devraient être des lycées de sciences et non des collèges de techniques agro-industrielles.

Ce livre expose en détail ce que nous expliquons depuis plus de vingt ans aux agriculteurs : ce n'est pas avec l'azote, le phosphore ou le potassium que l'on peut faire une agriculture durable, mais avec du carbone, c'est-à-dire de la matière organique qui est la source fondamentale d'énergie du monde vivant du sol. Ce n'est pas avec une charrue que l'on assouplit le sol mais avec des racines de plantes intercalaires. Ce livre explique bien le rôle des microbes du sol sur la pédogenèse et sur la nutrition des plantes. Notre enseignement ne s'est donc pas fait en vain, et il est très encourageant pour nous de voir des « élèves » comme Christian Carnavalet poursuivre notre travail d'explication et d'enseignement du rôle de la biologie des sols dans la fertilité de ceux-ci.

Ce livre prouve que le développement d'une véritable agriculture biologique scientifique et pratique est en marche, et qu'en comparaison de cette nouvelle agriculture, la révolution verte semble bien archaïque.

Le lecteur pourra trouver dans ce livre les diverses applications de la biologie du sol à toutes les formes d'agriculture : céréaliculture, maraîchage, viticulture, arboriculture, et même à la culture des jardins et des gazons. On comprend par cet ouvrage que la biologie des sols n'est pas une science réservée à quelques scientifiques spécialisés mais qu'elle est à la base de l'agriculture de demain.

Claude et Lydia Bourguignon
Marey sur Tille, mars 2011

Résumé

La communauté scientifique reconnaît que grâce à leurs activités physiques et métaboliques à la surface de la terre, plus d'un trillion d'organismes vivants en constante interaction mutuelle participent chaque année au transfert de plusieurs centaines de millions de tonnes d'éléments, à travers l'atmosphère, l'hydrosphère et la lithosphère. Elle accepte également que ces processus biogéochimiques déterminent la fertilité des sols, la qualité de l'air et de l'eau, ainsi que l'abondance et la diversité des ressources biologiques. Cette même communauté scientifique conclut ainsi que le fonctionnement des écosystèmes contrôle la vie sur Terre, pour l'humanité et l'ensemble des êtres vivants.

Nous allons montrer, au travers de l'analyse de sa propre littérature, qu'elle affirme aussi que ces processus biogéochimiques aboutissent à un équilibre sanitaire remarquable au niveau des écosystèmes tant animaux que végétaux, macroscopiques que microscopiques.

Les chercheurs du monde entier ont étudié à ce jour suffisamment de processus utilisés par ces organismes vivants. Ils ont expliqué avec une efficacité certes relative au regard de la complexité des processus, l'interactivité mutualiste bénéfique que ces organismes pratiquent entre eux et avec leur biotope pour qu'on puisse :

- en tirer des conclusions pratiques pour la conduite d'une vraie agriculture biologique ;
- guider et favoriser ces processus dans les sols par la pratique des apports de matière organique ;
- reproduire des échantillons, certes éphémères, de ces organismes vivants pour les utiliser en inocula des sols ou en matériel phytosanitaire.

Nous ferons entrer le lecteur au cœur des écosystèmes, tout en restant compréhensibles (ce manuel se veut à la portée de tous) pour qu'il comprenne pourquoi la « vraie agriculture biologique » est simple. Lorsque le cultivateur guide et utilise une partie de ce trillion d'organismes vivants, responsables de tous les processus biogéochimiques sur terre, il devient le chef du plus bel orchestre qui puisse exister, celui où chaque pupitre joue sa partition avec une redoutable efficacité.

Tout un chacun, aujourd'hui, jusqu'aux plus hautes autorités scientifiques et politiques, connaît et admet l'importance du non-renouvellement des humus, de l'emploi des pesticides et de la déforestation dans la dégradation du climat, les érosions, les inondations et la famine d'un milliard d'individus.

La recette pour revenir à un monde plus équilibré est simple : elle passe par ces organismes vivants en constante interaction, mutuelle et avec leur biotope, où les plantes, mortes et vivantes, jouent un rôle non négligeable. Comme la production de plantes est l'activité humaine qui influe le plus directement sur ces organismes, c'est d'une agriculture respectueuse de ces micro-organismes que viendra une partie du salut.

Par ailleurs, cinquante ans d'exercice de cette agriculture plus respectueuse de l'environnement conduite sur des millions d'hectares, sous toutes les latitudes et tous les continents, par des agriculteurs aidés de scientifiques responsables, nous donnent le recul nécessaire pour affirmer que cette voie est bonne, si ce n'est la seule et unique voie à suivre...

Ce manuel permettra au lecteur de comprendre et de tirer son plan de travail, sa propre feuille de route pour arriver à devenir ce chef d'orchestre à la baguette incisive.

Faut-il labéliser cette agriculture et l'enfermer dans un carcan réglementaire ? Cette tentation humaine de tout figer dans des normes écrites n'existe pas dans la nature. Mais en réalité, qu'importe le nom donné à cette agriculture qui respecte et utilise la biologie des sols et l'écologie des territoires. Qu'on la qualifie de « permaculture », d'« agriculture bio-intensive », d'« agroécologie », d'« agroforesterie », etc., le principe de base de son fonctionnement reste lié à la vie à l'intérieur des sols.

Après avoir étudié les comportements individuels puis l'attitude des micro-organismes des sols entre eux, leurs activités bactériophages, mycophages, phytoparasitaires, microherbivores, nous verrons comment fonctionne une plante puis nous donnerons, secteur par secteur, les techniques pour développer et faire vivre dans le sol toute la communauté des êtres vivants.

L'agriculture biologique est fondée sur l'utilisation par l'agriculteur de cette communauté des micro-organismes pour la conduite de ses cultures. Il en est de même, par exemple, pour le jardinier ou l'horticulteur, le maraîcher ou le viticulteur, l'arboriculteur, le lavandiculteur. Toute personne qui veut cultiver un sol pour produire doit d'abord connaître chaque micro-organisme et ce qu'il est susceptible de lui apporter comme aide pour ses productions.

La multitude des espèces d'êtres vivants dans les sols et sur la phyllosphère (les parties aériennes des plantes) parvient à établir un parfait équilibre écologique quand l'homme n'intervient pas. Chaque représentant apporte son lot d'éléments nutritifs, de vitamines, d'enzymes, d'antibiotiques ou d'actions prédatrices sur les autres communautés pour que l'interaction de tous ces éléments empêche une colonie phytophage ou un insecte d'envahir le milieu.

Tous les *Bacillus thuringiensis*, *B. subtilis* (*fungi*), *Beauveria bassiana* (*fungi*), *Steinernema carpocapsae* (nématode), *S. kraussei*, *Pantoea agglomerans*, *Pseudomonas fluorescens* (bactéries), *Azospirillum* et *Striga* (bactéries), etc., que la science et l'industrie nous proposent en biopesticides ou biofertilisants, existent à l'état naturel dans les sols. Ils sont certainement bien plus efficaces à ces stades libres et probablement symbiotiques et/ou associatifs avec d'autres bactéries et champignons, que seuls, en présentation commerciale à mettre dans un pulvérisateur.

Aux cultivateurs de faire en sorte que ces organismes abondent dans leurs sols. Les recettes sont données en seconde partie de ce manuel.

Ce manuel pratique guidera le quotidien de l'agriculteur, du jardinier professionnel ou amateur, du maraîcher, de l'horticulteur, ou simplement donnera au citoyen du monde le confort intellectuel de savoir ce qu'est vraiment l'agriculture conduite avec l'activité « biologique » des sols et comment elle doit être pratiquée.

Préambule

« *Nourrir le sol pour nourrir les hommes.* »

Cette épitaphe est à graver sur tous les frontons des écoles d'agriculture du monde.

Elle est la conclusion de cent ans de pratiques agricoles intensives et de domination de l'économie sur le monde paysan.

Depuis un siècle, malgré les progrès de la compréhension des mécanismes qui régissent la croissance des plantes, nos systèmes de productions agricoles ont été contaminés par le pire des virus : l'argent.

Durant les cinquante premières années du xx^e siècle, les progrès de la science ont permis d'améliorer la nutrition de la population planétaire, d'augmenter les récoltes et de lutter contre les maladies des plantes. Le monde mangeait enfin à satiété, et de nouvelles industries – agroalimentaires, machines agricoles, pesticides, mines de phosphate, transports maritimes et ferroviaires, par exemple – se développaient, entraînant un besoin de main-d'œuvre qui a réjoui tous les hommes politiques.

« Nourriture et travail », la terre, enfin bien exploitée, rapportait de l'argent : un peu aux agriculteurs, beaucoup aux industriels et énormément aux gouvernements des pays industrialisés.

Bercés par cette euphorie des rendements, les agriculteurs ont suivi les conseils des commerciaux des grandes firmes d'engrais et de produits phytosanitaires qui avaient les réponses à chacun de leurs problèmes. Les responsables politiques, quant à eux, ont laissé les industriels s'occuper de tout : recherche, enseignement, vulgarisation des connaissances, organisation des marchés...

Érigées en sciences, la fertilisation et la protection des cultures ont été prises en charge par les firmes productrices de pesticides.

Grâce à leurs imposants profits, ces firmes ont subventionné les laboratoires, payé des chercheurs, imprimé de multiples fascicules didactiques sur papier glacé à l'attention des agriculteurs ; elles ont également opéré des lobbyings particulièrement efficaces sur toutes les coopératives de production et les lycées d'enseignement agricole, entre autres, remontant petit à petit vers les ministères et la Commission agricole européenne naissante par l'intermédiaire des ingénieurs agronomes formatés à leurs standards.

Cette intoxication générale des esprits sur l'inéluctabilité de l'agriculture chimique est passée inaperçue grâce à l'augmentation des récoltes ; elle a fait croire au monde paysan (et au public) que la chimie était de l'agronomie !

La reconstruction du monde après la Seconde Guerre mondiale a encore accéléré le processus. Cette science agronomique mettant l'accent sur la chimie est devenue « la vérité » officielle mise en application dans le monde entier.

Aucun pays n'y a échappé. Déversés par millions de tonnes, de nouveaux produits chimiques de synthèse ont aidé les plantes à croître et permis de satisfaire la faim des populations, assurant au passage la fortune des industriels de cette nouvelle « agrochimie ». Mais les effets néfastes de ces apports massifs d'engrais et de pesticides issus de la chimie de synthèse n'ont pas mis vingt ans à apparaître, vite étouffés par les multinationales de l'agroalimentaire qui ne voulaient pas perdre ces nouveaux débouchés.

À grand renfort d'études scientifiques, elles ont montré que les pesticides étaient nécessaires à l'obtention des rendements importants, que ces produits tombant sur les sols étaient dégradés par les micro-organismes ou retenus par les colloïdes des sols (argile et humus). Elles ont étudié chaque élément entrant dans la composition des plantes et prouvé que les engrais étaient indispensables pour alimenter les cultures.

Mais comment faisaient les plantes pour pousser avant l'apparition de l'humain ?

C'est la question que se sont posés un jour tous les pays trop pauvres pour pouvoir acheter les pesticides. Poussés à la quasi-monoculture par l'ambiance agricole des années soixante, un certain nombre de pays se sont aperçus de l'absurdité de la course aux pesticides qui tuaient leurs agriculteurs, aboutissaient à la résistance des prédateurs et à la destruction de leur environnement.

Ainsi, par l'accumulation des expériences de nombreux pays (Bolivie, Brésil, Burkina Faso, Chili, Colombie, Corée, Côte d'Ivoire, Égypte, Ghana, Honduras, Inde, Indonésie, Kenya, Laos, Mali, Nicaragua, Pérou, Philippines, Sénégal, Soudan, Sri Lanka, Vietnam, Zanzibar, Zimbabwe), une réaction au « tout pesticide » a vu le jour et une « contre-science », relayée d'abord par les ONG puis par de nouvelles personnalités politiques et scientifiques, a entamé un combat dont l'opinion publique a enfin pris conscience.

Une nouvelle agriculture respectueuse de l'environnement existe à ce jour depuis un demi-siècle dans ces pays, entraînant depuis ces années les élèves ingénieurs et doctorants à développer une recherche différente, basée sur l'observation des réactions de la nature à l'arrêt des déversements de pesticides.

La diversité des chercheurs et l'amour de la science ont fait le reste. L'étonnement suscité par les découvertes surprenantes de cette nouvelle agriculture globale et leurs intérêts pour l'évolution vers moins de pollution, l'émulation des chercheurs entre eux pour progresser dans leurs disciplines complémentaires ont eu raison, petit à petit, des dogmes martelés par l'industrie chimique.

Une nouvelle mentalité est née, de nouveaux protocoles d'étude ont été élaborés, une meilleure compréhension de la globalité des interactions entre tous les acteurs naturels a abouti à la mise en place d'une nouvelle agriculture dite « durable » ou « biologique ».

Nous ne sommes qu'à l'aube de cette révolution écologique, qu'au début de la maîtrise généralisée par les agriculteurs des mécanismes naturels de croissance des plantes.

Nous voulons, au travers du présent ouvrage, ouvrir la réflexion qui doit guider la pratique d'une agriculture durable et les moyens de mettre en place le réseau trophique qui actionnera la merveilleuse machine biologique d'amélioration des sols et de croissance équilibrée des plantes.

Issus de travaux excessivement nombreux des universités, des grandes écoles d'ingénieurs, de laboratoires privés, de recherches financées par les organisations internationales, la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture), la Banque alimentaire mondiale, des ONG de toutes nationalités, les milliers de rapports, thèses, mémoires, comptes rendus, bulletins, articles, livres publiés sont unanimes : la nature sait se débrouiller seule pour produire de manière constante et saine une production végétale.

Les références à cette affirmation sont beaucoup trop nombreuses et chaque preuve nécessiterait l'appui de dizaines de références. Nous avons préféré la forme d'un texte adapté à tous les publics, et regroupé les références en fin d'ouvrage.

Nous considérons réputée comme acquise par les corps scientifiques et professionnels, la somme de ces connaissances.

La voie de la recherche est aujourd'hui celle de la compréhension globale des interactions entre écosystèmes et la mise au point de techniques agricoles permettant de tirer parti de ces interactions.

Tous les cours magistraux que l'on peut écouter sur Internet, tous les débats qui émaillent la vie agricole depuis quelques années autour de l'agriculture biologique et la manière de la pratiquer ne mettent pas assez l'accent sur la vie biologique des sols, qui reste la clé de voûte du système. Le lecteur trouvera dans les pages de ce livre les réponses scientifiques et pratiques à cette posture fondamentale : la vie du sol. Les questions philosophiques liées à cette manière d'aborder l'agriculture n'entrent pas dans l'objet de la science qui se contente – et c'est déjà bien assez – de nous dire comment ça marche.

Une dernière observation avant de passer au descriptif de la vie des sols : le passage de la recherche scientifique à la « pratique aux champs » est maintenant bien réalisé, établi par le quotidien de centaines de milliers de paysans à travers le monde depuis quatre, voire maintenant cinq décennies. Les pratiques qui seront décrites dans les chapitres suivants

sont donc efficaces et directement reproductibles. Il n'est pas besoin rediscuter les principes établis, de se lancer dans des expériences déjà réalisées mais, bien entendu, d'adapter ces pratiques à chaque cas particulier des exploitations agricoles.

Le lecteur constatera que la science nous dévoile que si le praticien d'un métier touchant à la production végétale applique bien les principes de la nature dans ses champs, il n'aura pas besoin d'avoir recours à l'utilisation des micro-organismes que l'industrie tente de lui proposer en lieu et place des produits chimiques de synthèse. La mentalité à adopter en agriculture biologique n'est pas la substitution d'un produit par un autre mais bien la collaboration avec tous les organismes vivants dans les sols et sur les plantes afin d'insérer les cultures ou les jardins dans les processus biochimiques et écologiques naturels.

La voie suivie par l'industriel est celle de la création de produits naturels issus des plantes et de l'activité microbienne pour remplacer les produits fossiles ou dérivant de la chimie de synthèse. Cette aide précieuse des champignons, insectes, bactéries bienfaisantes, n'est cependant pas la solution universelle qui aidera les agriculteurs et qui stoppera la dégradation de la planète. Les éliciteurs d'une réaction bénéfique permettant de soigner les plantes ne doivent pas dépasser les concentrations naturelles. Lâcher dans la nature des tonnes d'acide salicylique ou de *Pseudomonas syringae*, *Bacillus subtilis* ou *Pantoea agglomerans* est certainement bénéfique à court terme, probablement moins à long terme.

La voie agricole est celle du management de l'activité microbienne des sols par l'apport de matière organique, ce que nous appelons « la diététique des sols », pour régénérer la structure et le potentiel fertilisant des sols. Le respect de cette règle fondamentale résout, à lui seul, la quasi-totalité des problèmes écologiques liés à la pollution par les pesticides. La nature, bien gérée, est autonome en matière de fertilisation et de protection parasitaire. Quarante années d'observations scientifiques et de pratiques culturelles utilisant la microbiologie des sols sur des millions d'hectares nous le montrent.

Il est essentiel de restituer au sol ce qui lui a été prélevé, et notre surprise n'a d'égale que notre colère de constater chaque année l'énorme absurdité de la collecte et du brûlage des déchets organiques dans tous les pays du monde. Ces feuilles, branchages, arbres ou arbustes morts, résidus de tailles et de récoltes, sont plus précieux que l'or ou le platine. Ils portent en eux les germes de la vie terrestre et représentent également les stocks de minéraux puisés dans les sols et l'atmosphère. Comment peut-on ignorer cela et ne pas les réincorporer immédiatement d'où ils viennent ?

Aucun sol au monde ne devrait rester sans couverture végétale, vivante ou morte, comme nous le prouvent la diversité et le foisonnement de vie des forêts primaires dont l'épaisseur du tapis organique peut dépasser plusieurs mètres ! Ramassés, broyés puis régalez sur les sols, en paillis ou incorporés aux premiers centimètres, tous les résidus organiques de la

planète doivent retourner de cette manière à la terre (et non sous forme de cendres) afin de perpétuer la vie microbienne, responsable des cycles de vie des minéraux, donc de notre respiration et de notre alimentation.

C'est ce que nous enseignent toutes les disciplines scientifiques confondues et ce que nous vous proposons de lire dans les pages qui suivent.

Qu'est-ce que l'agriculture biologique ? C'est l'art de cultiver les microorganismes 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.

Ce livre est le résumé encore jamais fait jusqu'à aujourd'hui des nouvelles pratiques agricoles mises au point par les chercheurs et les agriculteurs pionniers depuis 40 ans.

Il se veut pratique et à la portée de tous : le lecteur va entrer au cœur des écosystèmes pour comprendre pourquoi la « vraie agriculture biologique » est simple.

Il y trouvera les diverses applications de la biologie du sol à toutes les formes d'agriculture : céréaliculture, maraîchage, viticulture, arboriculture, et même à la culture des jardins et des gazons. On comprend par cet ouvrage que la biologie des sols n'est pas une science réservée à quelques scientifiques spécialisés mais qu'elle est la base de l'agriculture de demain !

Christian Carnavalet, architecte-paysagiste, agronome, agriculteur, est un acteur professionnellement et humainement engagé dans le développement de l'agriculture biologique, l'agroécologie et l'environnement, aussi bien sur le terrain que dans ses ouvrages et articles techniques.