FRANCIS BUCAILLE

REVITALISER LES SOLS

DIAGNOSTIC, FERTILISATION, PROTECTION

DUNOD

Cet ouvrage a été réalisé avec le soutien de Gaïago.

Direction artistique : Élisabeth Hébert
Illustrations de couverture de haut en bas et de gauche à droite :
© Francis Bucaille, © JM Gauthier – agence Oblique, Shutterstock
© Visual Intermezzo, Shutterstock © Ttstudio

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.
Le Code de la propriété intellectuelle du 1er juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.
Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).

© Dunod, 2020
11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff
www.dunod.com
ISBN 978-2-10-080918-9

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).
Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

REMERCIEMENTS

Merci à tous ces auteurs, penseurs, agronomes vivants ou disparus qui ont participé à la construction de la science agronomique et de ma propre vision, avec une mention particulière à Neal Kinsey qui m'a accompagné avec indulgence.

De la reconnaissance aussi à tous mes collègues agriculteurs qui par leurs observations, leur pertinence et leur audace m'ont permis de progresser. Une grande partie de ce qui est relaté ici n'est que la compilation du partage généreux de leurs découvertes. Certains ont été des contributeurs exceptionnels, Philippe, Bernard, Frédéric, François et bien d'autres…

Ensuite et surtout, merci à tous mes proches qui ont soit porté les contraintes de ma passion encombrante pour l'agriculture, pour l'agronomie, pour l'origine et l'expression de la Vie – mon épouse Joëlle et mes enfants, soit contribué directement, mon frère Guy.

Merci à Christian Steinberg (INRAe) et à Frédéric Thomas (Directeur publication de la revue TCS) pour leur aimable et professionnelle relecture.

Enfin, tous mes remerciements à Alexis Dufumier qui a adapté mon écriture et ma vision de l'agriculture aux standards de l'édition avec le professionnalisme du journaliste agricole qu'il est.

TABLE DES MATIÈRES

Préface XV

Avant-propos XVII

Introduction ● Des épis de blé en or 1

Des solidarités dans les sols 2

Un Internet de la nature 3

Les échanges sont souverains également dans les systèmes cultivés 3

Un microbiote des feuilles 4

Une résilience incroyable 5

Les sols ne sont pas morts 5

A
Une « renaissance » agricole à construire

1 ● La segmentation du savoir 9

1.1 Forces et faiblesses de la segmentation de la science 9

1.1.1 Une spécialisation féconde des activités humaines 9

1.1.2 Des déconnexions malheureuses 10

1.1.3 Une prise de conscience aujourd'hui à l'œuvre 11

1.1.4 Un nouveau schéma à construire qui respecte les savoirs d'aujourd'hui 12

1.2 Limites de la segmentation agricole : le « tout » est plus que l'ensemble des parties 13

1.2.1 La science a divisé le tout en chacune de ses parties 13

1.2.2 Un exemple : la surfertilisation systématique des blés sur blés 13

1.2.3 Conclusion 15

2 ● Refaire le lien entre fertilité et santé des plantes 17

2.1 Les « cides » ont un impact sur les résistances naturelles des sols 17

2.2 Les « cides » ont parfois des effets « positifs » transitoires dans les sols 18

2.2.1 Les « cides » créent de la fertilité de façon transitoire 18

2.2.2 Une décapitalisation à l'œuvre 18

2.2.3 Conclusion 19

2.3 Trophobiose : des plantes programmées sensibles ou résistantes 19

2.3.1 Un nouveau regard sur les pullulations de ravageurs 19

2.3.2 Des plantes protégées par leurs protéines et leurs sucres complexes 20

2.3.3 Le taux de sucre, un bon indicateur de protection 21

2.3.4 La trophobiose appliquée aux maladies cryptogamiques : exemple de l'Esca de la vigne 21

2.3.5 Des leviers multiples de « nutriprotection » 22

2.3.6 Des plantes malades de nos pratiques 22

2.4 L'avantage concurrentiel sur les adventices 23

2.4.1 Limiter les dépenses de la plante 24

2.4.2 Rééquilibrer les sols 25

2.4.3 Pesticides : conserver une trousse d'urgence 26

3 ● Pour une approche holistique (globale) des sols et de l'agriculture 27

3.1 Naissance de l'agriculture holistique 27

3.2 Une révolution copernicienne nécessaire 28

3.2.1 La vision ptolémaïque : le rendement comme seul point de repère 28

3.2.2 La vision copernicienne : le sol vivant au centre du système 30

3.3 Des freins à lever 31

3.3.1 Trouver de nouveaux modes opératoires 31

3.3.2 Sortir de la recherche en micro-parcelles pour être capable de mesurer l'effet « sol vivant » 32

3.3.3 Prendre en compte la relativité des phénomènes 35

3.3.4 Des modèles végétaux à élargir 36

3.4 Les nouvelles formes d'agriculture, elles aussi doivent faire leur révolution copernicienne 37

3.4.1 L'agriculture de conservation ou régénérative 38

3.4.2 Le biocontrôle : avancée ou « prolongement vert » d'une vision défensive ? 38

3.5 Le risque est de faire du neuf avec du vieux 39

4 ● Sortir d'une vision simplifiée de la fertilité des sols 41

4.1 Des engrais pas si complets 41

4.2 Le bilan : une modélisation sur la base de besoins mal évalués et d'un volume de sol sous-estimé 42

4.2.1 Un enracinement de surface 42

4.2.2 Des réservoirs de fertilité 43

4.2.3 Une forfaitisation des pertes 43

4.2.4 Des fonctions des fertilisants multiples et souvent méconnues 44

4.2.5 Les nitrates ne voyagent jamais seuls 46

4.3 Une relation entre pH et calcium souvent mal comprise 47

4.3.1 La gestion du pH du sol 47

4.3.2 Des acidifications de surface passent souvent inaperçues 47

B

Stocker du carbone : de nouvelles pistes

5 ● L'importance des micro-organismes 51

5.1 Une baisse paradoxale des taux de matière organique 51

5.1.1 La mise en équation de la matière organique 51

5.1.2 Tout dépend en réalité de la nature des micro-organismes mobilisés 52

5.1.3 Des pratiques avec de bonnes intentions qui ont encore des marges de progrès 52

5.1.4 La quête du rendement nous pousse à décapitaliser toujours plus 52

5.1.5 Retrouver l'équilibre en séquestration et minéralisation 53

5.2 Importance des micro-organismes 53

5.2.1 Notions élémentaires, importance de l'activité biologique dans les sols et du recyclage des nutriments 54

5.2.2 Micro-organismes : les acteurs majeurs de la dynamique de l'humus 56

5.2.3 Importance des exsudats et de la rhizodéposition 61

5.2.4 Le ratio bactéries/champignons est décisif 61

5.2.5 Les champignons sont pénalisés par l'azote 63

6 ● Faim d'azote lors d'incorporation de pailles : mythe et réalités 65

6.1 L'azote n'est pas à lui seul un facteur limitant de la décomposition 65

6.1.1 Parler de faim d'azote est souvent contestable 65

6.1.2 Pas de faim d'azote en forêt 66
6.1.3 Une faim de champignons 66
6.2 Comment s'opère le « miracle » de la décomposition par les champignons 67
6.2.1 C/N très élevés : le terrain de jeu des lignivores 67
6.2.2 Relocalisation de l'azote par les champignons 67
6.3 La décomposition fongique peut être favorisée 68
6.3.1 Quand les champignons ne peuvent plus « travailler » 68
6.3.2 La faim d'azote est aussi la conséquence de certaines pratiques 68
6.3.3 Des essais révélateurs issus de la mise en pratique de ces connaissances 69
6.3.4 Pas de faim d'azote sur des résidus laissés en surface 70
6.4 Antagonismes entre flore d'assimilation et flore de décomposition 70
6.5 Des substances allélopathiques en cause 70

7 ● Les engrais verts ne stockent pas durablement du carbone dans les sols 73

7.1 Les engrais verts ne sont pas des prairies, le ruminant fait défaut 73
7.1.1 Un incubateur bactérien 74
7.1.2 Les ruminants lèvent la dormance des spores 74
7.2 Les sols ne sont pas adaptés pour digérer des végétaux immatures 75
7.2.1 Des restitutions de matériaux immatures 75
7.2.2 Des matériaux avec une faible valeur pour les constructeurs d'humus 75
7.2.3 La destruction tardive à un stade immature : le scénario pénalisant 76
7.3 Minéralisation de l'humus stable par les plantes et donc par les engrais verts 77
7.3.1 Le RPE : effet minéralisateur de la rhizosphère 77
7.3.2 Les cultures intermédiaires : un effet minéralisateur additionnel 78
7.3.3 Les mycorhizes et la photosynthèse activent la minéralisation par le RPE 79
7.4 Conclusion : une tropicalisation des pratiques 80

8 ● Autres pistes et conclusion 81

8.1 BRF et mulching : un intérêt démontré des apports de matériaux mâtures 81
8.1.1 Des pratiques peu ou pas généralisables 81
8.1.2 La forêt fonctionne avec seulement 3 t/ha de matière sèche 82
8.1.3 Les terres n'en demandent pas tant 82
8.2 Conclusion : les saprophytes sont la clé de la construction d'humus dans les sols 83

C

Le climax : une clé pour intensifier un agrosystème durable

9 ● La productivité grâce à l'écologie appliquée **87**

9.1 De nouvelles bases pour l'écologie des sols 87

9.1.1 Chacun a sa place et occupe une niche écologique 87

9.1.2 Des écosystèmes rétrogradés à un état instable antérieur au climax 88

9.1.3 Un interventionnisme est obligatoire 90

9.2 Gérer le décalage de l'agrosystème sur son sol 91

9.2.1 En région tempérée la pause végétative hivernale est nécessaire à la construction d'humus 92

9.2.2 Le travail du sol est une clé historique et moderne de bonne gestion écologique 95

10 ● Prise en compte du décalage climacique pour les principaux types de cultures **99**

10.1 Les céréales à paille : un décalage à maîtriser en climat tempéré 99

10.1.1 Le blé est une plante exotique méditerranéenne 99

10.1.2 Des besoins en eau inférieurs et asynchrones 100

10.1.3 Bonnes pratiques pour restituer un engrais vert derrière une céréale à paille 101

10.2 Le maïs, le sorgho, le tournesol, le soja la betterave : des plantes écologiques ! 101

10.2.1 Une biodiversité parfois étonnante sous couvert de maïs 102

10.2.2 Pas de lixiviation des nitrates 102

10.3 Équilibre écologique des cultures pérennes 103

10.3.1 L'agroforesterie : un système qui entretient sa propre fertilité 103

10.3.2 Les vergers : le verrou phytosanitaire à lever 103

10.3.3 La vigne : laisser un couvert estival actif 104

10.3.4 Des céréales vivaces sources d'espoirs 104

10.4 Permettre à la prairie d'entretenir son système racinaire 104

10.4.1 Incidence de la coupe de l'herbe sur la photosynthèse et sur les enracinements 105

10.4.2 Prévoir un millet perlé ou un maïs à pâturer en cas de sécheresse 106

10.5 Une végétation estivale active : un bienfait écologique collectif 107

10.6 Décompacter les esprits pour changer de paradigmes 108

10.6.1 Nos projections mentales sont le levier de nos pratiques 108
10.6.2 La culture gouverne l'agriculture 109
10.6.3 Trouver le bon gouvernail 109

D

Approche du sol dans sa globalité : le profil de sol

11 ● Construction des sols et profil cultural 113

11.1 La construction des sols : par le vivant, pour le vivant 113
11.1.1 L'histoire du sol : de la pédogénèse à la pédologie 113
11.1.2 Le rôle crucial des bactéries 113
11.1.3 Les vers de terre 114
11.1.4 Les argiles 114
11.1.5 Certains sols sont particulièrement fragiles 114

11.2 Explorer la troisième dimension des sols avec le profil cultural 116
11.2.1 Intérêt d'une approche directe en 3D 116
11.2.2 Réaliser son profil de sol 117
11.2.3 Définir son type de sol 118

12 ● Analyse de la fertilité biologique 121

12.1 Évaluer l'activité de la macrofaune : fourmis, vers de terre anéciques 121
12.1.1 Enjeu : les anéciques ont un rôle majeur 121
12.1.2 Méthode d'observation 121
12.1.3 Méthode d'évaluation de la population 122
12.1.4 Analyse : des dynamiques à mettre en évidence 123

12.2 Autres types de bioturbation 124

12.3 Analyser les qualités d'enracinement 125
12.3.1 Enjeu : volume et vitesse 125
12.3.2 Méthode et analyse morphologique 125
12.3.3 Méthode et analyse de la cinétique d'enracinement 126
12.3.4 Méthode et analyse de la profondeur d'enracinement 126

12.4 Le rôle stabilisateur des pseudomycéliums (*wiskers* en anglais) 127
12.4.1 Enjeu : les pseudomycéliums fixent les cations, préviennent l'acidification de surface et tamponnent le sol 127
12.4.2 Méthode et analyse : détecter les traces de pseudomycéliums 128

12.5 L'évolution des résidus de récolte 128

13 ● Analyse de la fertilité physique **129**

13.1 Analyser la stabilité structurale de surface 129

13.2 Zones de compaction, semelles de labour et de non-labour 130

13.2.1 Zones de compactions et semelles de labour 130

13.2.2 Semelles de non-labour et couches d'alios 132

13.2.3 La compaction : avant tout un phénomène d'origine biologique 134

13.3 La porosité, voie respiratoire du sol 135

13.4 Les argiles : les meilleures nous quittent toujours les premières 136

13.4.1 Stabilité des argiles dans le sol 136

13.4.2 La structure profonde des sols 136

13.5 La couleur : reflet des évolutions et du fonctionnement du sol 138

14 ● Analyse de la fertilité chimique **139**

14.1 Le pH 139

14.1.1 Enjeu 139

14.1.2 Méthode & analyse 139

14.2 Présence de carbonates de calcium : test à l'acide chlorhydrique 140

14.2.1 Enjeu 140

14.2.2 Méthode 140

15 ● Analyse du fonctionnement hydrique **143**

15.1 Identifier les capacités d'absorption en eau d'un sol 143

15.2 Détecter des signes d'hydromorphie ou d'anoxie 144

15.2.1 Enjeu 144

15.2.2 Méthode et analyse 144

15.3 Évaluation de la fertilité hydrique 146

15.3.1 La capacité au champ 146

15.3.2 La réserve facilement utile (RFU) 147

15.3.3 La fertilité hydrique et la matière organique 147

16 ● Quelques pistes d'amélioration des fertilités biologique, physique, chimique et hydrique **149**

16.1 Fertilité biologique : restaurer l'équilibre microbiologique 149

16.1.1 Méthodologie. Comment établir une ration pour le sol ? 149

16.1.2 Avantages attendus 150

16.1.3 Ensemencement ou ciblage d'une flore microbienne utile 150
16.1.4 Optimisation des diazotrophes 151
16.1.5 Favoriser les mycorhizes 151
16.1.6 Alléger les programmes fongicides 152
16.1.7 Couverts végétaux 153
16.2 Leviers pour améliorer la physique du sol 153
16.2.1 Des labours agronomiques 153
16.2.2 Le sous-solage – fissurateur – décompacteur 154
16.3 Une approche plus globale pour la fertilité chimique 156
16.3.1 Une grille de décision élargie pour les corrections minérales 156
16.4 Fertilité hydrique : comment l'optimiser ? 156
16.4.1 Par les opérations mécaniques 156
16.4.2 Par les équilibres Ca/Mg 157
16.4.3 Par la reconstitution des taux d'humus 157
16.4.4 Par la fertilité biologique 157

E

Restauration de la fertilité des sols

17 ● Analyses de sols : comment en tirer le meilleur parti 161
17.1 Objectif et méthodes pour des analyses pertinentes 161
17.1.1 Méthode : prendre en compte et limiter les biais 161
17.1.2 Adopter de bonnes pratiques d'échantillonnage 162
17.1.3 Cas particuliers : TCS et semis direct 162
17.1.4 Un échantillon profond selon les situations pédologiques 163
17.2 Les outils d'évaluation majeurs : mesure de la CEC, pH et MO 164
17.2.1 Définition introductive de la CEC 164
17.2.2 Méthode d'évaluation en laboratoire 166
17.2.3 Le pH eau et le pH KCl 167
17.2.4 La matière organique 168
17.3 Conclusion 169
18 ● La fertilisation 171
18.1 Principes de base 171

18.1.1 La loi de l'optimum : les excès de l'un sont les facteurs limitants des autres 171
18.1.2 Règle d'universalité 172
18.1.3 Le choix des bonnes formes d'engrais et l'intégration de tous les éléments qui les composent 172
18.1.4 Le choix des amendements n'est pas dicté par le pH 172
18.1.5 Nourrir le sol avant de nourrir la plante 173
18.2 La CEC, premier poste de commandes de la fertilisation 174
18.2.1 Le sol idéal retient 25 % d'air et 25 % d'eau 174
18.2.2 Piloter la porosité du sol par la CEC 175
18.2.3 Qualités des principaux cations de la CEC 177

19 ● Pilotage des amendements 179

19.1 Le pilotage du calcium (Ca) prévaut pour rééquilibrer la CEC 179
19.1.1 Le pH équilibré est la résultante du sol vivant 179
19.1.2 Le besoin en calcium prévaut sur le pH pour décider d'un amendement 180
19.1.3 Scénarii de pilotage des amendements calciques 181
19.1.4 Le calcium interfère aussi avec de nombreux autres oligo-éléments 184
19.2 Prise en compte des autres minéraux 184
19.2.1 Le magnésium (Mg) 184
19.2.2 Le soufre (S) 185
19.2.3 L'azote (N) 185
19.2.4 Le phosphore (P) 187
19.2.5 Le potassium (K) 189
19.2.6 Le bore (B) 190
19.2.7 Les chlorures (Cl) 191
19.2.8 Le cobalt (Co) 191
19.2.9 Le cuivre (Cu) 191
19.2.10 Le fer (Fe) 191
19.2.11 Le manganèse (Mn) 192
19.2.12 Le molybdène (Mo) 192
19.2.13 Le zinc (Zn) 193
19.3 Zones de confort et zones d'intervention 193
19.4 Pilotage de la fertilisation organique 194
19.5 En résumé : un pilotage de la fertilisation chimique en cinq étapes 194

20 ● Revitalisation des sols en 7 étapes **197**

20.1 Restaurer la verticalité du sol : identification de semelles de labour ou de non-labour 197

20.2 Restauration du ratio des cations sur la CEC 197

20.3 Apporter les autres minéraux nécessaires aux enzymes du sol 198

20.4 Réintroduire les familles de micro-organismes qui peuvent faire défaut 198

20.5 Couvrir le sol en mimant le mieux possible le climax originel 198

20.6 Activer la flore fongique humificatrice du sol 198

20.7 Réduire, voire supprimer tous les fongicides de fin de cycle – Pratiquer la nutriprotection 199

Conclusion

L'homme est vivant quand la terre est vivante **203**

L'Homme, maillon dépendant des écosystèmes 203

Les agriculteurs ont une place particulière à prendre 204

Redonner confiance aux agriculteurs 204

L'homme est vivant quand la terre est vivante 205

Pour une écologie agricole de tous les hectares et de tous les hommes 205

L'utilisation intensive et renouvelable des ressources fait partie des écosystèmes 206

La revitalisation des sols est un enchaînement vertueux et économe 207

Bibliographie **209**

Index **213**

PRÉFACE

Pour soigner ces sols que nous devons à nos enfants

Majeure partie de la biodiversité terrestre, je gouverne les cycles de la matière, je suis source de l'alimentation et je joue avec l'effet de serre, qui suis-je ?

Le sol. Plus que le support de nos pas ou le support des plantes : un lieu de vie. Un gramme de sol héberge plus d'un milliard de bactéries, de plusieurs milliers d'espèces différentes ; il compte aussi 1 à 100 milliers d'espèces de champignon… Les bactéries des sols de France comptent au moins 115 000 espèces, à comparer aux 570 oiseaux, 6 500 plantes ou 189 mammifères connus ! Avec 50 % de la biomasse vivante, 23 % des espèces vivantes connues et 75 % de la matière organique terrestre, le sol EST l'écosystème terrestre : ce que nous voyons en surface n'en est qu'un diverticule !

La vie crée le sol : elle dégrade la matière organique pour en recycler les éléments ; elle attaque la roche pour libérer la fertilité ; elle exploite l'atmosphère dont l'azote gazeux est notamment transformé par des bactéries en azote assimilable. La vie brasse le sol, entre mouvements animaux et remontées d'éléments prélevés en profondeur par les plantes. Bien plus : 90 % des plantes ne survivent pas sans les champignons dits « mycorhiziens » qui, d'un côté, cherchent des ressources dans le sol et, d'un autre, colonisent les racines auxquelles ils prodiguent les minéraux collectés dans le sol. Longtemps vu comme une interface entre la géosphère et l'atmosphère, le sol est surtout un écosystème et un processus vivant.

Les sols font le monde. Leur fertilité emportée par les eaux fertilise les océans, ce qui explique pourquoi les eaux proches des continents sont les plus productives (même la pêche vient des sols !). Les organismes des sols émettent des gaz à effet de serre : CO_2 issu de la respiration de sols aérés, méthane et protoxyde d'azote issus des sols anoxiques réchauffent la planète… Inversement, des sols raisonnablement aérés ne dégradent que lentement la matière organique : une solution simple contre l'effet de serre est d'enfouir nos déchets organiques dans les sols ! Augmenter de 0,4 % par an la teneur en matière organique dans les sols stockerait l'équivalent de nos émissions annuelles de CO_2 !

Tristement, l'Homme n'a pas compris cela. Les aménagements et l'urbanisation recouvrent les sols d'un département tous les sept à dix ans en France. La salinisation menace 30 % des sols agricoles, car l'irrigation amène des sels qui s'accumulent. Le labour ramène la fertilité en surface, aère le sol et désherbe nos champs mais… sa pratique inconsidérée (récurrente et profonde) nuit au long terme. Pratiqués

© Dunod – Toute reproduction non autorisée est un délit.

d'automne et sans couverts végétaux, ils dopent l'érosion hivernale des sols nus, à la structure explosée, où la matière organique, oxydée, ne fait plus la cohésion : nos sols labourés s'érodent en moyenne dix fois plus qu'avant la charrue.

Les sols s'endommagent à leur rythme, un rythme lent. Il faut 100 à 1 000 ans pour faire un sol… Nous réalisons donc mal qu'ils sont un patrimoine qu'on ne peut remplacer. Nous héritons les sols de nos ancêtres et nous les devons à nos enfants ; nous avons le devoir moral de n'en utiliser que les intérêts : un usufruit.

Vision catastrophiste et moraliste ? Non, point du tout, car ce livre offre justement des solutions et des actions : la promesse que remplit cet ouvrage est de relier reconnaissance de la logique de vie du sol et pratique de terrain. Nous sommes obligés, dans nos aménagements, de toucher aux sols et de les modifier, il en va de la nutrition de l'humanité. Il nous faut donc des solutions pratiques et réalistes pour le faire en respectant la dynamique propre des sols et leur durabilité, pour les rendre plus fertiles et résilients.

Ensemble, agriculteurs, agronomes et citoyens, prenons en main le sol et son écologie comme des leviers pour soulever l'avenir. Souvenons-nous de toujours nous questionner, car nulle pratique n'est dénuée d'effet secondaire, nul impératif ne vaut pour toujours sans l'épreuve des faits : pilotons ensemble, attentifs à chaque instant, l'avenir de nos sols. Et commençons par lire les lignes qui suivent…

Marc-André Selosse
Professeur du Muséum national d'Histoire naturelle
Professeur aux universités de Gdansk (Pologne) et Kunming (Chine)
Membre de l'Académie d'agriculture de France

AVANT-PROPOS

Toutes les solutions imaginées par le vivant ont subi l'épreuve du temps, ce qui leur donne à ce titre toute leur légitimité. La Vie est apparue sur Terre sans doute sous forme d'une bactérie et ces briques originelles du vivant sont encore présentes dans la biologie contemporaine. Depuis, la Vie s'est complexifiée et a appris à respirer, à nager, à voler, à communiquer, à fabriquer des matériaux aux qualités incroyables et encore inégalées. En tant qu'agriculteur, ce constat force l'humilité. Il s'agit pour nous d'accepter de passer d'un statut « d'exploitant agricole » à celui de « fermier de la Nature ». « Exploitation » a comme signification dans le dictionnaire des synonymes : extraction, usage abusif, prélèvement, dans les stocks de la Nature et de la planète, sans contrepartie équilibrée. Alors que nous sommes son obligé, son « fermier ». Le fermage sous-tend la notion d'échanges et obligations pour l'Homme, pour l'agriculteur envers la Nature, obligation d'entretien, de « Mesnage des champs » dans ce « Théâtre d'agriculture » du XXI^e^ siècle (O. de Serres, *Le théâtre d'agriculture et mesnage des champs*, 1600). Cela signifie que la Terre ne nous est que louée, prêtée moyennant une contrepartie de respect et de bon entretien. Nous ne « faisons pas pousser » les plantes. En fait, elles acceptent de pousser dans les conditions choisies par l'Homme en des endroits choisis par l'Homme. Culturellement, nous sommes habitués depuis des siècles à imposer, à dominer la Nature, voire de manière si présomptueuse, à l'améliorer. Le mystère de la vie s'est résumé pour certains à une double hélice en couleur balisée de codes ACGT (les bases azotées de l'ADN) désormais décryptés. Depuis quelques dizaines d'années, l'Homme s'est mis à « tripatouiller » son génome, en se donnant parfois même l'illusion de participer à la création de la Vie. Ce sentiment de toute-puissance doit aujourd'hui laisser la place à une culture scientifique écologique qui ne place plus l'homme au sommet de la pyramide du vivant, mais de façon plus réaliste comme un maillon qui lui est dépendant. Alors nous pourrons cesser de nous focaliser sur le spectaculaire. Alors nous pourrons nous pencher sur les choses d'une apparente insignifiance. Alors nous pourrons nous pencher sur la vie des sols.

Pendant des millions d'années, l'homme a eu un impact limité sur la Terre et c'était le respect face à la Nature qui prévalait. Il était courant dans beaucoup de civilisations de demander pardon à la Nature déifiée, avant de sacrifier un animal ou d'abattre un arbre. La Nature était vue comme une divinité, un tout, Gaïa, et il était impensable de couper les cheveux de cette déesse (la forêt), ni de pénétrer

dans ses entrailles (extraction minière). La Révolution industrielle et la Science ont totalement désacralisé cette relation quasi mystique. La Nature a été résumée à un assemblage d'atomes, à des réactions chimiques, à des processus enzymatiques et dépouillée de son essence sacrée. La voie était ouverte pour une exploitation décomplexée et débridée. C'est ainsi que l'Homme, l'agriculteur, vise à affirmer son intelligence et sa suprématie sur le reste de toutes les autres formes de vie en inventant ses propres solutions ; solutions que pourtant, bien souvent, la Vie a déjà imaginées de manière plus élégante, plus économique, plus efficace et plus durable. L'Homme commencera à entrevoir les bonnes solutions lorsqu'il effacera de son imaginaire sa propre représentation, si souvent reprise, même dans les ouvrages scientifiques du XIX^e^ et du XX^e^ siècles, trônant en haut de la pyramide du vivant. Le monde est circulaire, pas linéaire. Tout ce que l'Homme possède, consomme, mange, construit, même en plein cœur de ville lui est fourni par l'entremise de son écosystème. Le pétrole, le charbon, le minerai transformé en acier, le quartz fondu en verre ne sont que du concentré d'énergie solaire transformée en énergie chimique grâce à la photosynthèse. Sans cette merveille qu'est la chlorophylle, rien n'existerait. Sa survie dépend totalement de ce qu'il pense avoir le droit de maltraiter. Arrêter, comme disait Rabelais, « de péter plus haut qu'il n'a le cul » lui permettra d'observer, puis de comprendre et enfin de respecter pour son plus grand profit les écosystèmes.

Que pouvons-nous apprendre de la longue histoire de la Vie ? Pendant des millénaires, le sol s'est auto-entretenu, autorecyclé en équilibre avec la flore, la faune, le microbiote et le climat. Steppes, savanes, prairies, forêts ou encore mangroves… Ces biocénoses[1] se sont développées de façon harmonieuse et continue sur l'ensemble de la terre. Leur production de biomasse annuelle est souvent impressionnante (jusqu'à 30 tonnes de matière sèche par hectare et par an). Par ailleurs la complexité de ces écosystèmes n'induit pas de fragilité, mais bien au contraire de la résilience, de la stabilité et une santé insolente. La maladie et le parasitisme y sont confinés à des niches écologiques très étroites. On ne peut qu'être admiratif devant cette symphonie jouée sans ratés par des milliards de micro-organismes, des millions d'insectes, des centaines de végétaux différents, où la règle est la communication, la collaboration et l'évolution adaptative : l'intelligence du vivant en pleine action !

Si les forêts primaires semblent encore fonctionner dans un cycle permanent sur ce modèle, que s'est-il passé avec nos sols agricoles ou forestiers qui ne cessent de s'appauvrir et de perdre leur faune endogée surtout depuis ces soixante-dix dernières années ? Quelles que soient les latitudes, quels que soient les systèmes de production, partout l'action des hommes a les mêmes effets et les mêmes causes communes. Partout la fertilité et la santé des plantes sont mal comprises. La volonté d'écrire ce livre est ainsi d'abord née de ce constat, de la nécessité d'expliquer pourquoi certaines voies sont devenues sans issue et de proposer les bases d'un nouveau modèle

1. Biocénose : ensemble des organismes vivants (animaux, végétaux, champignons, bactéries, etc.) coexistant au sein d'un milieu donné, le biotope. L'écosystème correspond à l'ensemble formé par la biocénose et son biotope.

bio-inspiré c'est-à-dire incluant de façon holistique[1] l'intelligence naturelle des écosystèmes. Notre carte mentale nous a conduits jusqu'alors à inventer alors qu'il reste tant à découvrir dans ce que la Nature a déjà testé et résolu. Nous nous devons de mieux connaître les rouages de la vie, du sol, de la chaîne trophique non pas pour mieux contrôler et améliorer, mais pour mieux respecter ses lois, nous permettre d'intégrer au mieux notre présence et notre activité dans cet atelier. **Cette science appelée écologie et cette méthodologie appelée biomimétisme, consistent à regarder humblement le génie de la vie**. C'est ce à quoi nous vous invitons. C'est la condition nécessaire si nous voulons réussir le virage de la deuxième révolution verte mais également si nous voulons prétendre pouvoir répondre aux enjeux de l'économie des exploitations agricoles, du climat, du stockage de carbone dans les sols, du maintien de la biodiversité et plus largement de la santé humaine.

Pourquoi les plantes cultivées seraient-elles obligatoirement malades alors que les écosystèmes naturels ne le sont jamais ? Pourquoi les prairies sont-elles asséchées en été tandis que les bords de route sont toujours verts ? Pourquoi les terres sont-elles si fertiles après une jachère cultivée ou une prairie ? Et pourquoi cette fertilité devrait-elle obligatoirement s'éteindre au fil des années ? Pourquoi en tant qu'agriculteur devrions-nous nécessairement nous passer des services que la nature offre par ailleurs gratuitement au sein des écosystèmes ? Le caractère perçu comme inéluctable, « normal » de ces évidences, fait que ces questions tellement élémentaires paraissent incongrues. Pourquoi ? Parce que durant les soixante-dix dernières années nous ne nous sommes préoccupés que de la production « maximisée » des plantes cultivées. Le rendement nous a aveuglés sur les fonctions biologiques des sols et la fertilité des sols en général. Des « outsiders » clairvoyants de la première révolution agricole ou des pionniers de la deuxième vague, avaient pourtant dès l'après-guerre souligné l'importance des grands équilibres écologiques ou minéralogiques du sol. Ce sont des chercheurs et des agriculteurs comme Allan Savory, Masanobu Fukuoka, André Voisin, Hans Peter Rusch, Francis Chaboussou, William Albrecht, Kathy Voth, Neal Kinsey… et bien d'autres. Ces voix ont été jusqu'à présent trop peu entendues. La réflexion proposée dans l'ouvrage que vous tenez entre les mains est aussi le fruit de la lecture féconde de ces auteurs dont les courants agronomiques ont été injustement oubliés en cédant à l'illusion d'une productivité croissante et pérenne. L'urgence a pris le pas sur l'important !

Dans une société de plus en plus hystérisée sur toutes les questions de société, l'agriculture et l'écologie ne sont pas épargnées. Trop souvent, devant l'horreur, nous fermons les yeux et nous crions : « Assez ! », exigeant des mesures pour résoudre le mal. Or certains problèmes demeurent sans solution… En tout cas, sans solution unique, analyse et théorise parfaitement l'écrivain français et philosophe Éric-Emmanuel Schmitt. Ainsi, on comprend la nécessité d'enrayer le réchauffement climatique, mais on ne veut pas stopper la croissance. On exige des aliments sains, zéro résidus, tracés et nutritifs, mais on veut des prix alimentaires bas. On fustige les produits phytosanitaires mais on veut la sécurité de l'approvisionnement

1. Holistique : qui s'intéresse d'un sujet sous toutes ses dimensions en prenant en considération les interactions entre les différentes parties qui le constitue, qui le forme et qui le déforme.

alimentaire… Voilà ce qu'on appelle le tragique : l'opposition de deux forces qui ne sont pas d'accord et qui, pourtant, ont raison toutes deux. Face au tragique des situations, la tentation est de préférer le drame avec son schéma élémentaire : le bon et le méchant, et de proposer une solution unique quitte à détruire l'autre, son raisonnement, son travail, son écologie intérieure, sa raison d'être. Face à la tentation facile qui est celle de la dramatisation et de l'hystérie autour des questions agricoles, nous faisons ici le pari « d'apprivoiser le tragique », de concilier écologie et économie, théorie et pratique, fertilité et rendement, productivité et santé des sols, nourriture abondante et santé humaine…

Dans le contexte actuel, le bon sens paysan qui est l'actif le plus solide des agriculteurs, est parfois mis à mal. Plus que jamais la tentation est grande de piloter les terres par l'excès. L'agriculture dite conventionnelle a pris un virage dont nous mesurons aujourd'hui justement les effets négatifs. Une correction de trajectoire est rendue nécessaire mais à bien y réfléchir et si nous n'y prenons pas garde, d'autres sorties de route se préparent. Entre deux excès contraires se trouve souvent une voie médiane appelée « médiété », concept aristotélicien. Ce juste milieu est selon Aristote là où se trouve toute vertu. Ainsi la générosité se place entre l'avarice et la prodigalité. Le courage est la médiane entre la peur et la témérité. La grande ambition de ce livre est de tenter de proposer aux agriculteurs quels que soient leurs productions, leurs systèmes de culture ou leurs cahiers des charges, cette voie médiane et vertueuse qui nous est masquée par les grandes théories dramatisantes de notre début de siècle et du siècle dernier. Pour cela il vous invite dans les premières parties à réapprivoiser le « tragique » en décortiquant les excès, les outrances et les limites de l'agriculture conventionnelle et les promesses exagérées et les succès en trompe-l'œil des différentes formes d'agriculture dites durables. Ensuite il propose – en redonnant sa juste place à l'homme dans l'écosystème cultivé, un nouveau paradigme d'agriculture bio-inspiré, à l'écoute des faits et à l'écoute des mécanismes et des relations complexes du vivant. Enfin les dernières parties de ce livre donnent une méthode basée sur la connaissance fine des sols pour restaurer les grands équilibres minéraux, physiques et biologiques. Remettre le sol au centre du dispositif relève ainsi d'une véritable révolution mentale qu'il est souhaitable aujourd'hui de mettre en place. C'est pourquoi nous invitons le lecteur à ne pas faire l'économie de la lecture des premières parties qui pourraient lui sembler par trop théoriques. Sans quoi la mise en pratique que nous proposons pourrait sembler infondée. Or toute la pratique qui est ici exposée est profondément ancrée dans une science souvent malmenée, détournée et mal comprise. Cette science s'appelle l'écologie.

Avec ce livre, l'auteur offre aux agriculteurs, et aux agronomes un condensé de son cheminement intellectuel et de son approche. Sa volonté, au travers de cet ouvrage, est d'élargir le « champ des possibles » « à tous ceux qui voudront bien partager ses réflexions et imaginer des prolongements ».

INTRODUCTION
DES ÉPIS DE BLÉ EN OR

Avril : 22 jours de pluie, 99,6 mm de cumul de précipitations.
Mai : 24 jours de pluie et 195 mm.
Juin : 16 jours de pluie et 120,5 mm.
Extrait personnel de journal de culture, Nièvre, 1994

L'année 1994 fait partie de ces années que l'on a envie d'oublier dans une vie d'agriculteur, de celles qui valident ce vieux dicton : « année de foin, année de rien ». Cette pluviométrie excessive – certes favorable à la croissance de l'herbe – fut en effet complètement désastreuse pour le remplissage des grains de blé.

Un automne et un hiver 1993-1994 plutôt cléments avaient pourtant produit en sortie d'hiver des blés, des orges « en herbe » luxuriants, épais et drus. Avec le climat de fin de printemps, les récoltes prometteuses prirent cependant de jour en jour une teinte de moins en moins chatoyante, puis virèrent aux jaunes sales ; des reflets grisâtres, puis rouille apparaissant au fil du temps. En juin, les espoirs finirent par définitivement s'évanouir avec les pluies ininterrompues. En juillet le couperet tombe sous la barre de la moissonneuse-batteuse. Les résultats concrétisent les craintes. Hectare après hectare, la catastrophe se confirme. Le nombre de grains est là, mais ils sont maigres, le PS (poids spécifique) et le PMG (poids de mille grains) sont misérables. Les grains sont creux et fripés, le rendement plafonnera à 45 quintaux par hectare (q/ha). Pas de quoi payer les charges proportionnelles et fixes. Tournons vite la page ! Après tout c'est le lot de l'agriculteur de s'inscrire dans le temps, de voyager entre l'espoir d'une récolte abondante et la déception ou la surprise heureuse et de réécrire une page nouvelle chaque automne, chaque printemps, avec le même enthousiasme. Évidemment puisqu'à chaque fois on donne le meilleur de ce que l'on sait, encore enrichi des expériences passées.

Pourtant, en dépit de la déception, cette année 1994 allait se révéler riche en enseignement. Avec le recul, on peut affirmer qu'elle valait son pesant d'or et que les mauvaises récoltes étaient sans doute le prix à payer pour apprendre. Parfois seules les situations extrêmes permettent d'offrir des contrastes suffisants pour donner à voir ce que d'ordinaire la nuance ne laisse pas apparaître. C'est ainsi qu'au détour d'une fourrière en courbe, éclairé par les phares de la batteuse, dans la mer d'épis grisâtres, une tache couleur or se détachait de plus en plus nettement dans le champ. Sur place le constat est plus surprenant encore. Des épis d'une belle couleur jaune font parfaitement le crochet du haut de leur chaume ! Dehors, l'élévateur à godets de la machine crache un flot ininterrompu de blé rebondi, visiblement lourd, d'une belle couleur de croûte de pain. Immédiatement, la

décision est prise de contourner cet endroit et d'y revenir vite le lendemain matin pour constater cela de plein jour.

À la lumière du soleil, à pied, les yeux au niveau du blé, à l'air frais du petit matin, il s'avère qu'il y a plusieurs endroits en lisière du champ où le phénomène observé la veille s'exprime. À un endroit, la chose est encore plus étonnante. Une branche maîtresse d'un arbre de bordure, brisée dans l'hiver par les vents violents et restée sur place, avait nécessité de contourner avec le pulvérisateur au printemps. Cette partie de la culture n'avait donc pas pu recevoir de fongicide. Le blé y était pourtant bien plus sain que partout ailleurs et le rendement devait être au moins 50 % supérieur. À y regarder de plus près, ce phénomène était très marqué près des grands arbres et notamment à proximité des chênes, mais aussi de quelques autres espèces dont les noyers et les merisiers sauvages. Qu'avait-il donc bien pu se produire cette année-là ?

La pluviométrie exceptionnellement abondante avait réduit l'impact de la compétition pour l'eau entre les arbres et la graminée. L'eau n'était, cette année-là, plus un facteur limitant. Seuls les effets positifs de cette cohabitation subsistaient. Il devenait probable que plusieurs mécanismes collaboratifs, régulateurs, écosystémiques, symbiotiques, adaptatifs de la Nature dont on a connaissance par la lecture de publications scientifiques s'étaient pleinement exprimés cette année-là en lisière des bois. La virtualité devenait réalité. À la lueur de cette expérience et d'autres, subies ou provoquées par l'expérimentation sur l'exploitation, l'idée devait s'imposer alors de plus en plus : qu'un blé malade, ne l'est pas forcément du fait d'une « carence en fongicide », ni d'une fatalité. C'est le plus souvent un blé qui n'a pas bénéficié de la solidarité du sol et de son environnement microbiologique.

Des solidarités dans les sols

Les phénomènes à l'origine de ces observations sont de toute évidence aussi bien souterrains qu'aériens. Les mécanismes de transfert de nutriments sont désormais bien connus. Les endomycorhizes peuvent s'établir pour des plantes d'espèces différentes. Il est donc possible que des transferts entre plantes de même espèce, mais aussi entre plantes d'espèces différentes s'effectuent de manière très efficace (travaux de Suzanne Simard, Université de Colombie-Britannique). Lors de ce printemps humide et peu lumineux de 1994, la photosynthèse défaillante des blés a très certainement été compensée par celle demeurée efficace des grands arbres, ce mécanisme de compensation se faisant par le système efficace d'échange et transfert d'hydrates de carbone (*i.e.* glucides) dans le sol. Il est démontré que des transferts de ce type s'effectuent entre de nombreuses plantes comme par exemple entre le plantain lancéolé et la fétuque ovine (Francis & Read, 1984). Ce mécanisme est d'autant plus marqué que l'une des plantes souffre d'un manque de lumière qui pénalise la production de sucre par photosynthèse. Le phénomène peut être multiplié par six en cas d'ombrage total comme dans le cœur d'une forêt. C'est ce qui explique la survie de jeunes plantes dans les forêts à l'obscurité quasi-totale causée par les arbres adultes. Les générations de plantes âgées fournissent de façon collaborative des nutriments aux plus jeunes et ce faisant elles assurent la survie et la croissance des générations

suivantes. Ceci quand bien même elles ne sont pas de la même espèce. Ainsi elles bénéficient en retour des services « barrières », « tampons » ou « collaboratifs » rendus possibles par le maintien d'un écosystème riche et équilibré.

Un Internet de la nature

On sait très bien aujourd'hui qu'il existe des mécanismes de répartition des richesses entre les plantes et que ces mécanismes sont favorisés par la vie du sol. De tels mécanismes ont notamment été mis en évidence par la chercheuse Suzanne W. Simard. En utilisant des formes isotopiques de phosphore dont elle a recouvert une parcelle de 1 m² de surface forestière, elle a démontré que les éléments avaient circulé sur une surface de 1 000 m² au bout de trente jours. Les mécanismes de capillarité ne suffisent pas à eux seuls à expliquer cette extraordinaire mobilité d'un élément justement d'ordinaire très peu mobile dans le sol. Il apparaît que seuls les grands arbres, sans doute supportés en cela par les mycorhizes, ont été capables de s'échanger ce minéral et de le faire circuler dans l'écosystème. Ceci a une incidence sur les sols : un sol qui fonctionne bien est aussi un sol où il y a peu d'hétérogénéité. Des isotopes du carbone ont servi à démontrer que deux espèces des forêts canadiennes, le sapin de Douglas et le bouleau, échangent des molécules par leurs racines. Les arbres d'une forêt sont des êtres sociaux et la communication entre eux leur est bénéfique. Et les plantes échangent bien plus que des nutriments. Elles sont capables d'échanger des informations. Une plante attaquée par un ravageur ou atteinte par une maladie peut dégager dans son environnement racinaire des signaux qui seront interprétés par d'autres. Il est montré que ces plantes saines dans certains cas réagissent à ces signaux en adaptant leur métabolisme comme pour se préparer au péril qui les guette. Le chercheur Song Yuan (2015), du Laboratoire d'agriculture écologique de Guangzhou a en 2010 planté des tomates deux par deux, puis soumit les feuilles d'une partenaire de chaque couple à l'attaque d'un ravageur. En présence du champignon racinaire, la tomate saine se met à produire des enzymes de défense, habituellement synthétisées lors de l'agression. À l'inverse, si la mycorhize est absente, les défenses de la tomate saine ne sont pas mobilisées.

Le canal de transmission à la fois des nutriments et des informations serait assuré efficacement par les réseaux mycorhiziens. D'innombrables espèces sont complètement interconnectées les unes aux autres par des liens autres que les chaînes trophiques (l'alimentation). Certaines de ces espèces ne peuvent en réalité pas vivre sans les échanges qu'elles entretiennent avec des autres. Ainsi certaines souches de micro-organismes ne peuvent pas être multipliées en cultures isolées.

Les échanges sont souverains également dans les systèmes cultivés

Dans le cas de notre champ de blé de 1994, les « panneaux photovoltaïques » des arbres ont visiblement joué la solidarité avec la culture. L'hypothèse est que le fonds de péréquation, l'économie solidaire mise en action a permis à des plantes pérennes,

avec une canopée large complètement exposée au soleil, d'approvisionner des plantes herbacées à cycle court au développement concentré essentiellement sur quelques mois, malheureusement sans luminosité en cette année 1994. En tirant ce fil sur l'exploitation familiale de polyculture-élevage, nous sommes rendus à l'évidence que ces mécanismes de solidarité biologiques ne sont pas le seul apanage des forêts et des arbres. Les écosystèmes cultivés – lorsque la biologie y est à la fois active et bien structurée entre ses grandes familles de micro-organismes, sont toujours le siège de mécanismes intensifs de répartition des richesses nutritives. L'hétérogénéité d'une parcelle est toujours révélatrice d'un manque de solidarité entre plantes, d'une absence de système de répartition et donc d'une microbiologie à restaurer.

Première conclusion : nous devons déplacer le centre de notre attention vers le fonctionnement du sol et de la vie du sol. 80 % des problématiques aériennes sont liées à son fonctionnement. Chaque intervention culturale a un objectif principal, mais a aussi des effets périphériques connus ou inconnus, intentionnels ou pas. Toutes les opérations : travail du sol, fertilisation, lutte contre les pathogènes du sol devraient-ils donc être raisonnées globalement de manière à peser aussi complètement que possible le bilan bénéfices/risques ? Pour emmener cette cohérence jusqu'au bout, toute action culturale ne devrait-elle donc pas prendre en compte la vitalité du sol ?

Un microbiote des feuilles

La seconde voie de communication et de collaboration par le vivant est aérienne. La phyllosphère est à elle seule un écosystème extrêmement riche. Quand les bourgeons éclosent la surface de la feuille est pratiquement stérile, mais va très rapidement être colonisée par d'innombrables micro-organismes. Dès qu'elle se sera déployée, des bactéries, des champignons, des levures y seront apportées par les pluies et le vent. Les plus nombreuses appartiennent à la famille des levures et sont particulièrement adaptées pour résister aux rayons du soleil en produisant de la mélanine. Il y a également de nombreux champignons non pathogènes tels que des *Aureobasidium pullulans* et des *Cladosporium* qui effectuent tout leur cycle de vie uniquement sur les feuilles. Ils sont armés pour résister à cet environnement très particulier que sont les surfaces des feuilles : résistance aux rayons UV mortels du soleil par une mélanisation poussée de leurs hyphes, ce qui les protège aussi d'une déshydratation poussée et des attaques bactériennes. Ils se nourrissent essentiellement des exsudats des feuilles de la plante hôte, à base d'acides aminés, de sucres et d'ions inorganiques qui sont essentiels pour leur croissance et à ce titre opposent une défense passive vis-à-vis des champignons pathogènes par une concurrence alimentaire. Autre exemple d'interaction : les conidies de *Botrytis cinerea* (maladie cryptogamique), présentes sur une feuille exsudent, après humidification par la rosée ou une pluie, des substances qui contiennent suffisamment d'acides aminés et de sucres pour que des bactéries se développent en nombre suffisant pour empêcher la germination de ces mêmes conidies. La maladie nourrit ainsi elle-même les « gendarmes » chargés de la contrôler.

Plus un arbre est âgé plus il dispose de faune et de microbiologie diversifiées, de biodiversité pour assurer sa propre protection et celle de ses voisins. Le blé, le petit

nouveau de l'année, aurait donc bénéficié de la protection bienveillante de « l'arsenal » du grand frère ? Détruire sur une plante par un fongicide des espèces non pathogènes voire auxiliaires pourrait-il donc au contraire de lui assurer une protection, la laisser complètement démunie ?

Deuxième conclusion : fongicides, herbicides, biostimulants, engrais foliaires ont obligatoirement une influence sur la flore phyllosphérique. Ne devraient-ils donc pas être raisonnés, conçus et gérés dans cette optique ?

Une résilience incroyable

Ces premières interrogations conclusives ne pouvaient mener qu'à une longue quête encore en cours. Depuis, des réponses ont été apportées. D'autres questions ont surgi : **Ne porte-t-on pas trop d'attention à ce qui est potentiellement toxique (ravageurs, maladies etc.) et insuffisamment à ce qui construit la santé des plantes, des animaux et de l'Homme (la fertilité au sens large) ?** L'un des exemples les plus frappants qui nous a amenés à poser cette question politiquement incorrecte est celui de la catastrophe de Tchernobyl survenue le 26 avril 1986. À l'époque, certains écologistes prévoyaient l'apparition d'un espace quasi lunaire avec la disparition de l'essentiel de la faune. Au moment de l'événement lui-même, il y a eu effectivement des pertes massives dans la faune et la flore, outre les dizaines de milliers de personnes qui sont mortes directement ou indirectement. Trente ans après, la forêt recouvre désormais 70 % de la zone sinistrée en doublant sa surface. « À l'heure actuelle, il est difficile de trouver des traces d'effets nocifs des rayonnements sur le biote à proximité immédiate de la source de rayonnement (à quelques kilomètres du réacteur endommagé), et sur le reste du territoire, les plantes et les animaux sauvages prospèrent en raison de l'élimination du principal facteur de stress naturel : l'Homme », concluaient ainsi les scientifiques de l'Agence internationale de l'énergie atomique dans leur rapport (IAEA, 2006).

Bien sûr, une telle catastrophe reste un drame absolu, mais voilà une belle preuve supplémentaire d'adaptation de la vie. Nous émettons d'ailleurs cette hypothèse selon laquelle des plantes soumises à des stress abiotiques importants produisent davantage d'antioxydants, de polyphénols, de tanins, de tocophérols etc. et permettent à l'ensemble de la chaîne alimentaire de bénéficier de cette concentration anormalement, mais heureusement, élevée de molécules protectrices. Le pire n'est jamais sûr et nous avons la preuve aujourd'hui qu'aucune fertilité n'est définitivement perdue. À partir de cette observation, une réflexion essentielle s'impose dans notre société si soucieuse du principe de précaution : **la santé est autant une question de présence de principes vitaux que d'absence de substances toxiques.**

Les sols ne sont pas morts

Quand on imagine que des formes de vie supportent les conditions extrêmes des cœurs de centrale nucléaire (*Deinococcus radiodurans* résiste à des radioactivités de 15 000 à 30 000 Gray. Pour mémoire, la dose mortelle pour l'homme est de