



Guide pratique de la **VIE** des **SOIS**

- ▣ Respecter les êtres vivants du sol
- ▣ Leur intérêt agronomique
- ▣ Les techniques culturales bénéfiques

Pierre Anfray



Introduction

Afin d'apprécier au mieux la vie du sol, il faut en connaître le plus de caractéristiques possible, au sens large, qu'elles soient physiques, chimiques ou biologiques. Cet ouvrage s'inscrit dans une forme de contribution à la compréhension du solum¹, cette interface entre l'atmosphère et la roche mère.

Ce guide se devait de ne pas être trop général afin de ne pas oublier la rigueur dont il faut faire preuve lorsqu'il s'agit d'interpréter l'ensemble des observations menées, *in situ*, sur la dynamique fonctionnelle du solum, mais également d'être suffisamment vulgarisé pour que chacun puisse l'utiliser au champ dans l'observation du solum et de ses annexes² et se faire sa propre idée de ce que ce dernier recèle ainsi que de son niveau d'activité biologique. Une base méthodologique commune reste toutefois importante dans le cadre d'échanges entre différents individus souhaitant mutualiser une partie de leurs observations. L'étude biologique des sols étant encore peu développée en matière de production végétale, ce domaine nous réserve de grandes surprises à l'avenir, d'où une certaine liberté à conserver dans la manière d'observer et d'interpréter le comportement fonctionnel du solum, du point de vue biologique.

Des travaux entre scientifiques et agriculteurs devront voir le jour, notamment dans la recherche et le développement à venir des techniques culturales. Celles-ci devront allier : **respect du solum** avec des **rendements adaptés** aux besoins réels et **qualité des produits consommés** (nutritionnellement et indemnes de xénobiotiques³). Une fois ces trois critères pris en compte, la pérennité de la ferme, siège de la production de nos aliments, n'en sera qu'améliorée et assurée. La notion de résilience ne devant être perdue de vue dans ce cadre de travail afin de conserver l'objectivité nécessaire à l'observation et la compréhension des systèmes naturels complexes devant lesquels nous devons rester très humbles. Dans cet objectif, le sol, cœur de l'économie mondiale – puisque tous, à la base, nous en sommes dépendants –, doit retrouver sa fertilité biologique naturelle. Les propositions de recherches émanant de l'agriculteur – l'acteur le mieux placé pour reconnaître les difficultés à surmonter – devraient être davantage prises en compte dans les futures études nécessaires au pilotage agroécologique des structures agricoles.

1. Tranche verticale d'une couverture pédologique, observable dans une fosse ou une tranchée. On intègre dans le solum une épaisseur suffisante de la roche sous-jacente pour permettre la caractérisation (AFES, 2008).

2. Annexe du sol : structure simple ou complexe qui diversifie la surface du sol. Ces annexes peuvent être de nature organique ou minérale, la litière étant un horizon et une crotte, une annexe (d'après AFES, 2008 ; Gobat et coll., 2010).

3. Un xénobiotique est une substance étrangère, considérée comme toxique pour les êtres vivants (pesticides, antibiotiques en élevage).

Pourquoi s'intéresser aux aspects et composantes biologiques du sol ?

L'agriculture moderne amorce, par obligation réglementaire mais aussi prise de conscience générale, une mutation à laquelle il faut se préparer. De nouvelles méthodes de culture ou techniques agronomiques voient le jour. En réponse, les moyens d'études doivent évoluer eux aussi afin de valider, dans le respect de l'agroécosystème, ces nouveaux itinéraires techniques. Il en découlera de nouvelles connaissances qui permettront de générer un appui technique nécessaire à l'ensemble du monde agricole – ou du moins, au départ, pour les fermes désireuses de piloter davantage leur production avec leur environnement naturel, perçu alors comme un outil multifonction.

L'objet est ici de permettre à tout agriculteur de mener ses propres observations et de lui donner un outil technique rapide et indicatif sur la valeur fonctionnelle des sols qu'il entretient. Afin de rester en adéquation avec la volonté d'intégrer les notions d'agroécologie, *stricto sensu*, à ce travail, il fallait y associer la prise en compte de la biodiversité édaphique⁴. De nombreux ouvrages existent sur ce thème complexe de l'édaphologie, pour la plupart assez anciens. Le travail présent doit donc être perçu à la fois comme une brève synthèse sur ce sujet, parfois oublié, tout en le replaçant dans un contexte d'analyse, majoritairement *in situ*. En effet, le recul pris depuis l'après-guerre a permis de montrer les faiblesses des techniques actuelles d'analyse, et ce, surtout face au manque de réponses concrètes en matière de sauvegarde de la biodiversité, qui s'amenuit jour après jour.

Le monde agricole n'est évidemment pas à lui seul responsable de cette empreinte négative, cependant, c'est ici, à la base de la chaîne alimentaire, qu'il paraissait le plus judicieux de faire évoluer les pratiques et la manière de les concevoir. Face aux craintes sociétales, mais aussi par souci d'avenir, pour nous et les générations futures, il faut dès aujourd'hui prendre conscience que nos moyens de production n'ont malheureusement pas suffisamment été remis en question. Et, compte tenu de la courte période que cela représente à l'échelle de notre histoire et des dégâts engendrés en si peu de temps, nul doute que nous avons aujourd'hui la possibilité, mieux, le devoir, de chercher à produire différemment. À ce titre, l'intégration de la phytosociologie ou de l'ethnobotanique à la recherche sur la dynamique fonctionnelle du sol, qui s'intéressent à l'étude d'organismes vivants bien souvent dépendant de l'édaphon ou le régissant, pourraient ajouter une pierre à l'édifice.

4. Édaphologie : domaine des sciences du sol cherchant à analyser, sous l'angle dynamique, la biologie, voire l'écologie, qui régit ce milieu vivant, complexe et diversifié.

Sommaire

Introduction	V
Pourquoi s'intéresser aux aspects et composantes biologiques du sol?	VI
PARTIE I – LES COMPOSANTES BIOLOGIQUES DU SOL UTILES COMME OUTIL DE DIAGNOSTIC D'UN SOL VIVANT	1
1 Outil de diagnostic pour l'étude de la biodiversité et capacité des cultures à faire face aux stress biotiques et abiotiques	3
Point de vue historique	3
Point de vue agronomique	7
PARTIE II – PRINCIPALES ESPÈCES ÉDAPHIQUES DES CHAMPS CULTIVÉS	9
2 Description générale des principales espèces vivantes impliquées dans la dynamique fonctionnelle du sol	11
La microflore	11
La microfaune	25
La mésofaune	32
La macrofaune	55
La mégafaune	84
PARTIE III – IMPACT DES COMPOSANTES BIOLOGIQUES SUR LA DYNAMIQUE FONCTIONNELLE DU SOL	87
3 Prospection (aspects physiques), alimentation (aspects biochimiques) et protection des cultures (équilibre et lutte biologique)	89
La formation d'un sol fertile: la pédogénèse	90
Les relations trophiques: régulation d'un système complexe	95
L'air du sol définit la porosphère	107
L'eau du sol, relation étroite avec la porosphère	110
La structure grumeleuse ou le siège de complexation entre particules minérales et organiques	116
Différenciation biologique du solum, ou répartition verticale des grands groupes édaphiques	119
PARTIE IV – VALORISATION ET MAINTIEN DES ESPÈCES ÉDAPHIQUES	127
4 Notions d'agriculture de conservation en lien direct avec l'essor et le maintien de la dynamique fonctionnelle du sol	129
Pratiques limitantes	130
Pratiques améliorantes	146

PARTIE V – APPROCHE SIMPLIFIÉE DE L'ÉTUDE BIOLOGIQUE DU SOLUM	151
5 Quelques techniques de visualisation et d'extraction de la faune du sol	153
L'observation directe	154
Appréciation quantitative visuelle de la microflore	157
La mésofaune	158
Les macroarthropodes	161
Les oligochètes terricoles	161
Clef de détermination simplifiée	166
Conclusion	170
Bibliographie	171
Liste des figures, photos et tableaux	173
Index	183

Description générale des principales espèces vivantes impliquées dans la dynamique fonctionnelle du sol

La microflore

En raison de la complexité du « milieu sol », l'étude des bactéries et, plus largement, celle de la microflore, voire de tous les individus du sol, demande une certaine prudence. Afin d'être le plus représentatif d'un point de vue fonctionnel, ce type d'étude doit intégrer tous les acteurs au champ³, dont les animaux, mais également les végétaux, dont la promiscuité est évidente.

Les études réalisées en microbiologie du sol perdent de leur valeur pratique tant les disparités sont importantes entre la réalité bio-physico-chimique du sol et le milieu contrôlé en laboratoire. Et ce, notamment, parce qu'il est impossible de prévoir et par conséquent de maîtriser tous les facteurs abiotiques au champ, dont la pluie et l'ensoleillement, qui jouent un rôle prépondérant dans le maintien des flux biologiques. De plus, l'isolement d'un micro-organisme sur milieu spécifique pour en étudier le fonctionnement relève de l'artifice puisque, dans le sol, les micro-organismes se livrent une guerre permanente⁴ faisant fluctuer leurs populations. Enfin, un milieu naturel, au vu de sa complexité biologique, physique et chimique, est tout sauf spécifique.

Il existe donc une réelle complexité dans l'étude liée à l'analyse de la microflore du sol, incluant archées, bactéries dont actinomycètes, algues et champignons. Cela tient en partie aux variations démographiques que ces populations connaissent à la suite d'une modification du milieu, que celle-ci soit d'origine naturelle ou non, mais aussi à cause de la complexité des inter-/intrarelations régissant le milieu sol. La résultante de ces variations qui impliquent les espèces les plus petites du vivant oblige à prendre un certain recul par rapport à l'appréciation qualitative des constituants de la microflore, en écologie pratique des sols. Cela étant valable aujourd'hui par manque de moyens techniques d'études, rapides et fiables. Par conséquent, une approche simplifiée, par dilution, éventuellement avec coloration, et par observation directe au microscope sera pour l'instant privilégiée en

3. En fonction, systématiquement, d'un type de sol donné et à un instant « t », par exemple, les saisons ou épisodes climatiques spécifiques (correspondant à des critères abiotiques plus ou moins reproductibles).

4. Les armes employées sont des antibiotiques aux enzymes lytiques, ils sont surtout de nature biochimique, d'où la guerre permanente que se livrent les micro-organismes du sol.

attendant que des tests de mise en évidence (présence et activité) soient développés et accessibles sur le marché.

Loin d'être exhaustive, l'approche considérée – délibérément synthétique et vulgarisée – sera donc réductrice. Il faut garder à l'esprit que l'objectif est ici de permettre au monde agricole d'accéder à des connaissances afin d'évoluer sereinement vers des pratiques agro-écologiques⁵, et que cela s'acquière progressivement.

La spécialisation qui existe dans le domaine scientifique représente un problème majeur aujourd'hui. Alors que, dans le sol, champignons et bactéries cohabitent plus ou moins au sein de mêmes agrégats (ou se font la guerre, d'ailleurs...), il est difficile d'imaginer comment ne pas intégrer les notions d'interrelations écologiques, de manière quasi systématique, dans l'étude de ces différentes populations. Du point de vue métabolique et des spécificités d'action, même s'il s'agit de populations différentes, le résultat de ces inter-/intrarelations, c'est-à-dire ce que cela va impliquer lorsque l'on considère des espèces dans leur ensemble, non plus séparément et surtout d'un point de vue fonctionnel, peut se révéler intéressant. Ainsi, et pour le lecteur qui désire en apprendre davantage sur l'écologie microbienne des sols, il est possible de se référer aux études et ouvrages des professeurs S. Winogradsky⁶ et J. Pochon⁷, tous deux grands spécialistes de ce sujet. Rappelons toutefois que l'on peut attendre énormément des découvertes en la matière – autant pour la santé végétale qu'animale et donc humaine –, mais que seul le temps permettra de percer les mystères de ce « bouillon de culture ».

Bien que certaines connaissances théoriques soient indispensables à la compréhension des grandes lignes de la biologie du sol (édaphique), ce sont les avancées pratiques qui nous intéressent ici. Gardons à l'esprit qu'en agroécologie, *stricto sensu*, le savoir amène à une certaine technicité et réciproquement. Dans la recherche et le développement des processus engagés au niveau du sol, il faut conserver une certaine rigueur opérationnelle. Celle-ci est indispensable à la mise en pratique au champ, ainsi qu'à toutes les réflexions théoriques sur le sujet.

En ce qui concerne les composantes de la microflore, les interactions connues sont mises en évidence *via* des schémas dynamiques. Cela permet de se faire une idée des rôles décisifs que la microflore joue dans les processus tant physiques que biologiques, ainsi que dans l'évolution de la matière organique ou la fertilité biologique globale du solum.

D'une manière générale, il faut percevoir l'ensemble des composantes de la microflore comme des espèces pionnières de la décomposition des matières organiques. Aussi, l'absence de toute faune pourrait probablement ne pas empêcher la décomposition des matières organiques, même en condition anaérobie (seuls un laps de temps et des facteurs climatiques suffisants détermineront le degré de décomposition, en termes quantitatifs et qualitatifs). Dans ce dernier cas, les produits de cette dégradation peuvent présenter certaines toxicités, notamment à l'égard de certaines composantes biologiques.

La diversité des espèces présentes (dont les fonctions sont décrites *p.* 4-5) génère une meilleure efficacité du cycle de la MO. Et plus ce processus engage d'espèces, plus la diversité

5. Agroécologie qualifiée ici, *stricto sensu*, comme la production de végétaux, où les fonctions des êtres vivants composant l'agroécosystème remplacent en partie les outils mécaniques et technologiques qui joueraient un rôle similaire.

6. S. Winogradsky (1949), *Microbiologie du sol, problèmes et méthodes; 50 ans de recherches*, Masson, Paris.

7. J. Pochon et H. De Barjac (1958), *Traité de microbiologie des sols, applications agronomiques*, Dunod, Paris.

des produits qui en seront issus sera large. Cela signifie que, plus il y aura d'espèces à concourir pour dégrader la MO, plus ce processus sera rapide et permettra de rendre davantage d'éléments nutritifs intermédiaires (minéraux, inorganiques et organiques) disponibles pour les plantes cultivées.

En ce qui concerne la description des espèces édaphiques, les données chiffrées restent approximatives et servent à fournir un ordre de grandeur en termes d'abondance. La plupart de ces données sont issues de sources scientifiques⁸ avec comme référence des milieux peu anthropisés, notamment la prairie. Cette dernière pourrait servir, à l'avenir, comme référence de base pour les parcelles cultivées.

TABLEAU 2.1 : CHIFFRES EMPLOYÉS DANS L'OUVRAGE AVEC CORRESPONDANCE DES CRITÈRES DÉVELOPPÉS POUR LA DESCRIPTION DES ESPÈCES ÉDAPHIQUES

N°	Critères	Intérêts
I	Abondance	Nombre d'individus comptabilisés par g de sol ou m ²
II	Diversité et taille	Apporte des éléments liés à la diversité des espèces ainsi qu'à leur taille utiles à leur observation
III	Habitat (niche écologique) et distribution dans le solum	Facilite la reconnaissance par la connaissance des milieux principaux affectés
IV	Régime alimentaire	Situe l'espèce au sein du réseau trophique
V	Relation agronomique	Rôle partiel dans la dynamique fonctionnelle du sol en lien avec quelques notions agrologiques importantes

Archées

TABLEAU 2.2 : ARCHAEA

Archées (domaine des *Archaea*)

Abondance	■ Non déterminée
Diversité	■ Importante diversité ■ Structure cellulaire simple s'apparentant à celle des bactéries
Habitat (principal ou affecté)	■ Présentes jusque dans les horizons les plus profonds, les archées pourraient faire partie des rares formes de vie adaptées aux milieux extrêmes ■ Affecte les milieux extrêmes : anoxiques (hydromorphie temporaire et permanente, compaction à la suite de l'altération physique de la structure, etc.) ■ Sols salins
Régime alimentaire	■ Réduction de composés complexes en molécules simples assimilables par les végétaux, tels que le soufre. Les <i>Archaea</i> méthanogènes sont capables de transformer le dioxyde de carbone en méthane (méthanogenèse)
Rôle agronomique	■ Les archées affectent les milieux extrêmes, elles seront présentes là où des erreurs agronomiques ont provoqué compaction, hydromorphie et autres phénomènes empêchant la circulation d'air dans le solum (présence traduite par l'odeur de soufre comme dans certaines zones maraîchères) ■ Rôle similaire aux bactéries au niveau du cycle des composés chimiques, notamment dans les processus d'oxydoréduction (<i>voir plus loin, « Bactéries »</i>)

8. CNRS/sagascience, « Les organismes vivants du sol », et d'après Gobat et coll., 2010.

Bactéries

TABLEAU 2.3 : BACTERIA				
Bactéries (domaine des Procaryotes ⁹)				
Abondance	<ul style="list-style-type: none"> ■ Surface active : 50 cm²/g de sol ■ Biomasse : 1,5 t/ha sur 20 cm ■ Nombre : 10 milliards de germes vivants/g de sol 			
Diversité	<p>Actinobactéries : filamenteuses à Gram+, formant un mycélium; occupent tous les milieux agricoles du fumier au sol; grandes actrices de la décomposition des effluents solides; odeur caractéristique dans les sols humifiés (« odeur de moisi »)</p>	<p>Flagellées : se déplacent grâce à un flagelle; colonisent les plus petits recoins des agrégats du sol; participent activement à la décomposition des MO</p>	<p>Myxobactéries : se déplacent en masse par reptation à la surface des corps solides; souvent vivement colorées; laissent sur leurs passages une substance muqueuse, la « gelée cytophagienne »</p>	<p>Cyanobactéries : activité photosynthétique identique à celle des végétaux; capables de stocker du carbone et de fixer l'azote (moléculaire et minéral)</p>
Habitat (principal ou affecté)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Habitats très diversifiés, dont aérobies et anaérobies strictes ou facultatives (tolèrent la présence d'oxygène). Ces populations peuvent être distantes de quelques millimètres. Les thermophiles ont une croissance optimale dans les compost ou fumier fraîchement retournés, vers 60 °C ■ Ex. : Les bactéries méthanogènes et nombres de pathogènes vivent en anaérobiose stricte, tandis que d'autres comme les actinobactéries du sol sont liées à la dégradation de la cellulose et de la chitine (constituant de la carapace de nombreux insectes) 			
Régime alimentaire	<ul style="list-style-type: none"> ■ Les bactéries assurent une grande diversité de réactions métaboliques depuis des activités symbiotiques (ordre des <i>Rhizobiales</i>, notamment chez les légumineuses) ou de protection des végétaux jusqu'à la minéralisation des matières organiques, d'origines animale et végétale ■ Des airs au sous-sol, elles sont omniprésentes et influencent nettement l'écologie du milieu ■ Forte compétition pour les ressources, limitant ainsi l'explosion démographique de certains organismes, et maintien direct de la pression d'autres micro-organismes par sécrétion d'antibiotiques (rôle important en phytoprotection) 			
Rôle agronomique	<ul style="list-style-type: none"> ■ Elles sont capables de synthétiser des facteurs de croissance, des vitamines (F. Allison, 1948, cité par Pochon et De Barjac, 1958) ainsi que des hormones de type auxine (F. Bukatsch et coll., 1952, cité par Pochon et De Barjac, 1958), d'où une multitude d'interrelations entre les plantes et les micro-organismes, et entre les plantes elles-mêmes ■ Rôle important dans l'attaque des matières organiques fraîche (MOF) conduisant aux synthèses humiques en fonction du terroir (sol, climat, etc.) et du type de litière ■ Elles participent aux transformations des minéraux (azote, carbone, soufre, potassium, bore, etc.) et à leur extraction de la matière minérale (éléments grossiers et roche mère) ainsi qu'à leur mise à disposition des plantes par solubilisation ■ Rôle certain dans la dépollution des xénobiotiques ■ Sécrétion de polysaccharides intervenant dans la constitution de la matière humifiée (humus stable très résistant aux attaques biochimiques) ■ Sécrétion d'humine microbienne, qui participe à la cohésion et au maintien des structures biogéologiques telles que les microagrégats du sol qui conditionnent en partie la structure aérée et grumeleuse du sol, d'où un rôle essentiel dans la formation et l'évolution du sol (d'un point de vue biologique, physique et chimique mais aussi agronomique) 			

9. Dont la cellule ne contient pas de noyau.



▲ **Photo 2.1:** Récolte difficile en maraîchage, laissant supposer le degré d'altération de ces sols suite à de tels pratiques

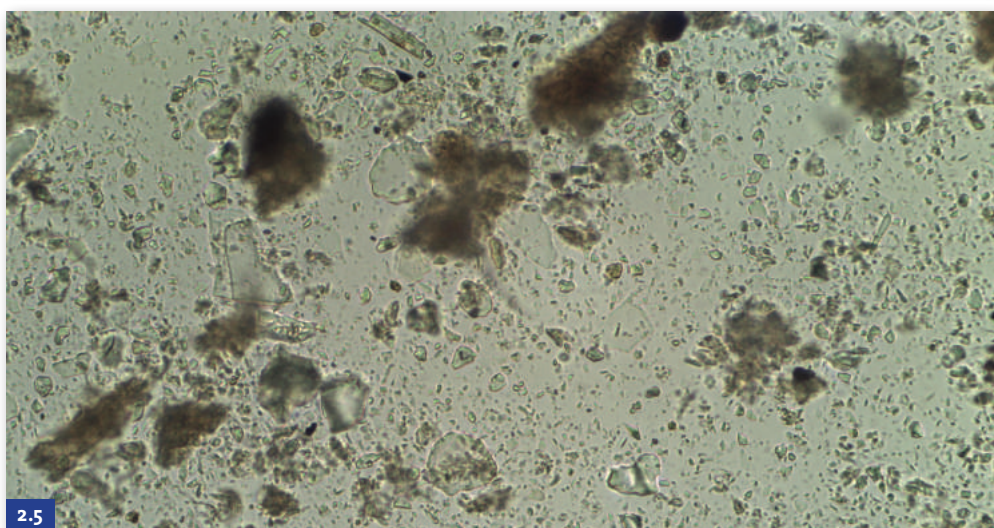
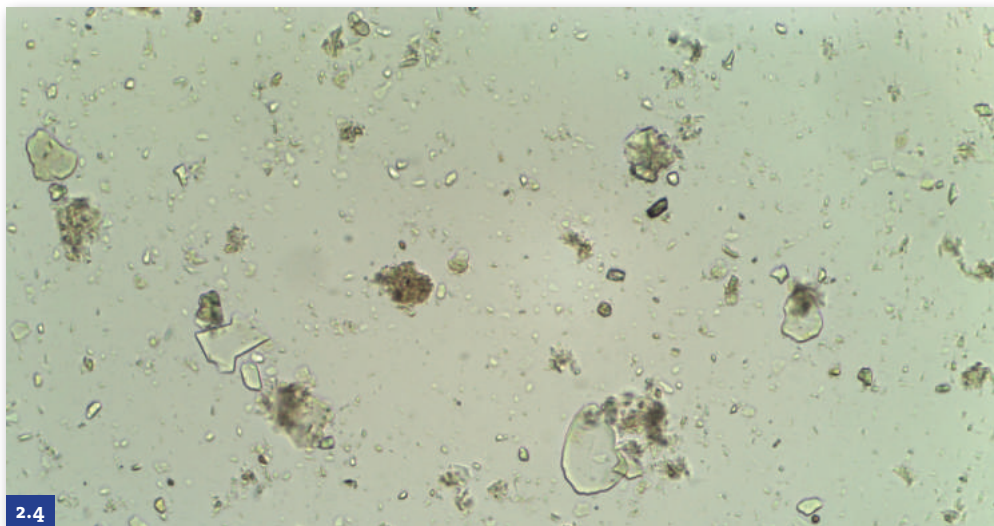
Photographie réalisée à la suite d'une récolte de poireaux en conditions humides. Remarquons les ornières ainsi que leur profondeur laissant présager de nombreux désordres passés et à venir dans ces sols. Voilà un exemple de milieu extrême où les couches compactes du sol peuvent être occupées par des archées.



▲ **Photo 2.2:** Racine de vesce cultivée
L'on devine la répartition de l'oxygène (O_2) dans le profil, matérialisée par la présence des nodosités. Notons un manque d' O_2 dans les premiers centimètres puis une augmentation de sa teneur; enfin, une seconde réduction, due aux conditions limitantes liées à la profondeur.



► **Photo 2.3:** Nodosité de lentille
Notons la couleur rosée de la nodosité indiquant son activité au moment du prélèvement de la racine.



▲ **Photos 2.4 et 2.5:** Analyse visuelle de biomasse bactérienne au microscope (sans coloration ni contraste de phase) en fonction de deux modalités

2.4: L'herbe de la prairie a été broyée ras, ce qui a par la suite soumis le sol à la sécheresse.

2.5: L'herbe a été broyée à plus de 20 cm de hauteur, ce qui a permis de conserver une certaine fraîcheur.

Notons une différence nette d'abondance entre les deux modalités avec une biomasse plus importante pour la partie broyée à plus de 20 cm. L'objectif était d'évaluer à long terme l'impact de la couverture restante sur la dessiccation du sol (prélèvements réalisés simultanément à moins de 1 m l'un de l'autre et plusieurs semaines après le broyage). Du peu que l'on sait, le fait de laisser une certaine hauteur d'herbe conserve un microclimat assez humide s'accompagnant du maintien de l'activité biologique. Ajoutons que, dans de telles conditions, les parties mortes du végétal tombant au sol se retrouvent dans les conditions propices à leur attaque par les micro-organismes. En conclusion, la partie où l'herbe a été conservée à plus de 20 cm, donc moins anthropisée, suit la voie du continuum écologique contrairement à la partie broyée ras, où l'intervention de l'homme a pu bloquer en partie les processus de décomposition.

Notions d'agriculture de conservation en lien direct avec l'essor et le maintien de la dynamique fonctionnelle du sol

Dans les parties précédentes, nous avons réalisé un tour d'horizon des grandes familles d'espèces édaphiques retrouvées dans les sols agricoles et souligné leur importance tant au niveau de la fertilité biologique que du maintien d'une structure favorable à la culture du végétal. **Voyons maintenant quelles sont les pratiques qui limitent l'essor d'une dynamique fonctionnelle favorable à la production végétale, notamment sous l'angle qualitatif, et quelles sont aujourd'hui celles qu'il est possible d'intégrer afin de respecter, maintenir, voire restaurer, la dynamique biologique et fonctionnelle du sol.**

Pour ce travail, le plus important était de s'affranchir des contraintes propres à une agriculture basée sur les conventions d'après-guerre portant sur :

- l'analyse physico-chimique du sol ;
- le semis ;
- les engrais ;
- la protection phytosanitaire ;
- le travail du sol.

Aujourd'hui, les objectifs ne sont plus ceux des années 1940. Il s'agit plutôt de réinventer des systèmes de production durables s'appuyant sur la prise en compte des relations écologiques au sein de l'agroécosystème. L'agroécologie, *stricto sensu*, doit donc être perçue comme un outil fonctionnel et opérationnel permettant de créer de nouvelles techniques de production végétale (et non l'inverse). L'agroforesterie¹, même extraparcellaire, en est un exemple concret, de même que la réintégration de l'élevage, voire de l'aquaponie² pour les aquaculteurs traditionnels, qui pourront se réinventer maraîcher (et inversement). En réalité, les possibilités dépassent largement l'imagination, et mettront des années à être concrètement validées. D'ores et déjà, bon nombre d'entre elles fonctionnent, même si le recul ne dépasse pas quelques décennies pour les plus anciennes techniques mises en place dans ce renouveau agricole.

1. Association d'arbres (foresterie) et de cultures au sein d'un même espace (intraparcellaire) ou en périphérie de cet espace (extraparcellaire). Les plantations d'arbres sont linéaires dans les deux cas afin d'assurer la circulation des engins agricoles et de gérer ou de limiter les phénomènes de compétition avec les végétaux cultivés.
2. Principe basé sur la culture hydroponique de végétaux à partir d'une solution nutritive issue de l'élevage de poissons (aquaculture) et riche en éléments fertilisants (excréments de poissons).

Pratiques limitantes

Rappel des objectifs poursuivis par une approche respectueuse des entités biologiques du sol

Le sol, rappelons-le, est un **carrefour multifonctionnel** auquel les pratiques culturales doivent être adaptées.

1. **L'amélioration de la structure grumeleuse et la répartition verticale des ressources précédemment affectées** par des façons culturales néfastes (rattrapage des erreurs passées, sans en commettre de nouvelles).
2. **La culture de végétaux, en quantité et qualité** suivant les objectifs fixés, tout en bénéficiant des bienfaits d'une couverture diversifiée.
3. **La restitution minimale en MO avec des amendements répondant aux principes stricts de l'agro-écologie**, au sens cultural, donc d'origine organo-minérale, indemnes de xénobiotiques et fonction du degré précis d'exportation des cultures.
4. **Au principe général de conservation des sols, ne pas bouleverser et mélanger les différents horizons du solum**; l'usage de la charrue et d'outils de retournement semi-profond (environ 20-30 cm) ou à action rotative doit être mieux justifié et/ou ceux-ci doivent être mieux employés.

Usage de xénobiotiques

D'après les conventions établies en agriculture moderne, depuis l'essor de la mécanisation et de la chimie, l'application de xénobiotiques ou produits phytosanitaires d'origine artificielle se pratique dès l'apparition de pathogènes ou ravageurs, voire de manière préventive suivant l'élaboration de programmes propres à chaque culture. Dans le cadre de cet ouvrage, il est nécessaire de prendre le problème globalement, alliant répercussions directes au niveau du végétal³ et conséquences possibles à l'échelle du solum et des nappes phréatiques. En soi, lorsque l'on cherche à maintenir les niveaux de fertilité biologique et de dynamique fonctionnelle au plus haut, il faut exclure l'usage de toute substance xénobiotique. Ces dernières freineraient la restauration des cycles biologiques au niveau des agroécosystèmes. Pour l'instant, aucune des principales molécules actives employées de manière courante ne montre de signe positif après application. Nous touchons ici au domaine de l'écotoxicité et, afin de ne pas alimenter de discours justifiant ou non l'utilité de ces produits, il paraissait plutôt intéressant d'en faire abstraction et de ne se référer qu'aux observations faites en agriculture biologique sans labour, où l'usage de toute substance xénobiotique est naturellement prohibé. Car dans l'étude biologique des sols, la chimie représente un biais important dont on ne connaît pas assez les véritables répercussions à court comme à long terme.

Effets délétères des pesticides

Après passage du produit, l'espèce A, sensible à la substance active en question, disparaît. Même si certains individus de l'espèce A ont pu résister (et renforceront la résistance des populations à la matière active), le rôle écologique lié à cette espèce A, dans sa globalité, peut être affecté, d'où les répercussions suivantes :

- l'épandage a réduit, par effet direct, la population d'individus A et indirectement la population d'individus C du fait que les individus B ne sont plus régulés par les individus A, générant ainsi une plus forte pression sur la population d'individus C qu'avant épandage;

3. Qui se trouve être le cœur de métier des phytopathologistes.

- à l'inverse: si une espèce constitutive (C) du régime alimentaire d'une autre espèce (A ou B) vient à disparaître, alors cette dernière (A mais surtout B) doit s'adapter et modifier ses relations trophiques, d'où la possibilité pour cette espèce de se rabattre sur une autre aire de répartition ou son RA sera satisfait OU de modifier ce dernier, ce qui vient affecter le cours normal du cycle de restauration sur l'aire initiale.

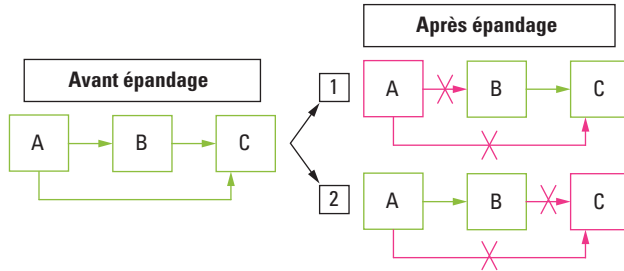


▲ **Photo 4.1:** Ce dermaptère (ordre des Perce-oreilles) a subi l'application d'un insecticide visant l'altise. Cet individu, bien qu'également phytophage, est pourtant un auxiliaire des cultures puisque son régime alimentaire comprend de nombreux petits insectes, dont des ravageurs du colza tels que les pucerons.



▲ **Photo 4.2:** Ver de terre desséché en surface

Le perce-oreille n'est pas le seul à avoir subi l'application de l'insecticide, comme en témoigne la présence de ce ver de terre desséché en surface. Des diptères et autres coléoptères ont également été observés morts en surface dans cette parcelle ce jour-là.

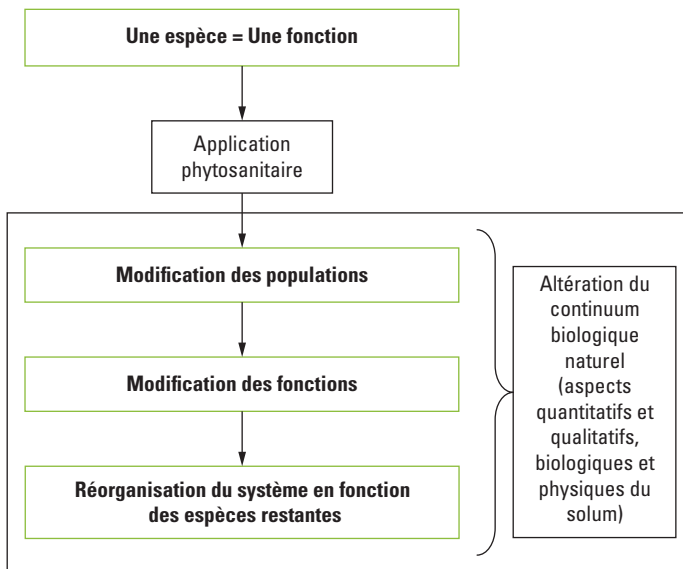


▲ **Figure 4.1:** Contraintes liées à l'application de produits phytosanitaires

Chaque molécule active ciblant des organismes vivants (insecticide/acaricide) possède une spécificité d'action biocide et/ou mutagène sur la biocénose du sol, provoquant une modification de l'état des relations trophiques.

Il ne s'agit ici que d'un exemple d'affectation pour des espèces à régime assez spécifique et pour une relation trophique ne comprenant que trois individus. Or le sol, au sens large, est un milieu bien plus complexe que cette simple équation, et fait intervenir des réseaux trophiques beaucoup plus importants et diversifiés, d'où, en réalité, un effet bien plus vague des pesticides (ou sous-estimé) sur les relations trophiques.

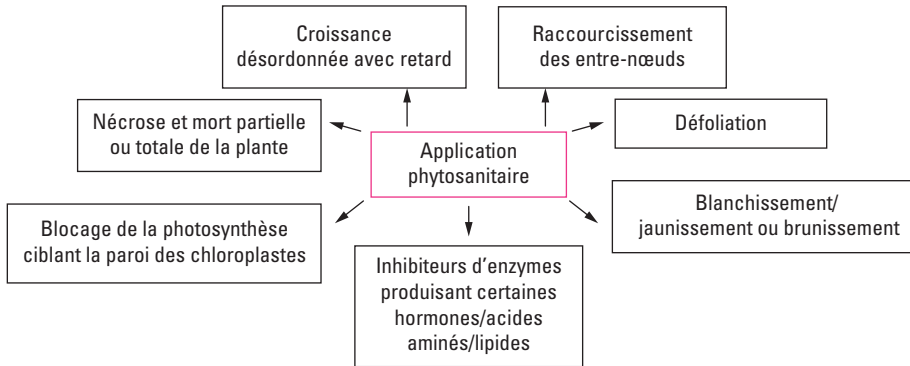
Selon que le milieu est soumis ou non à l'épandage de produits phytosanitaires, une des répercussions est donc la réorganisation du réseau trophique⁴. Ces modifications d'ordre biologique peuvent être le résultat de plusieurs interactions :



▲ **Figure 4.2:** Impacts possibles des produits phytosanitaires d'origine chimique sur l'organisation globale du sol témoignant des incidences que l'on ne peut contrôler/mesurer avec exactitude

4. Des peuplements végétaux, des espèces vivantes impliquées dans leur maintien ou leur élaboration ainsi que celles qui assurent leur recyclage (phyto- et saprophages).

La modification des biocénoses par réduction ou extinction de populations sensibles, d'autres plus résistantes étant capables de prendre le relais, se traduit par une augmentation de l'abondance des populations résistantes s'accompagnant alors d'une modification des flux nutritifs et des aspects structuraux inhérents à ces dernières. Cela est récapitulé à travers la relation illustrée dans la *figure 4.3*, valant autant pour les questions d'assimilation et de nutrition du végétal que pour celles des aspects physiques propres à la colonisation des racines et donc celles, aussi, des espèces édaphiques qui dépendent de ces voies de passage préférentielles.



▲ **Figure 4.3 :** Impacts possibles des produits phytosanitaires d'origine chimique sur le végétal au niveau physio-métabolique

Source : Baudet A. et Meunier J. (2015), *Index phytosanitaire ACTA*.

L'impact des produits phytosanitaires sur les plantes traitées est aussi essentiel, car il induit une modification du métabolisme et de la physiologie du végétal, altérant de nombreux échanges biochimiques. Cet effet est propre à chaque molécule active.



▲ **Photo 4.3 :** Épandage d'herbicide sur la parcelle voisine

Une dérive du produit causée par le vent a provoqué l'apparition de ces nécroses sur sarrasin. Ces signes sont propres à certaines espèces.

Comment préserver un sol ? En apprenant à mieux le connaître ! Ce guide vous donne de précieuses clés pour en redécouvrir la richesse.

Les pratiques de culture changent en fonction des questions que se posent les agriculteurs sur la qualité de leur production et la protection de leur sol et de l'environnement. Respecter le sol et donc les êtres vivants qui le composent devient un enjeu majeur pour les agriculteurs. Ces derniers participent ainsi à l'essor de l'agroécologie. L'agroécosystème qu'ils génèrent de cette façon peut, s'il est bien pensé, remplacer en partie les outils mécaniques et technologiques.

Ce guide pratique vous accompagne, pas à pas, dans votre démarche d'analyse :

- outil de diagnostic pour l'étude de la biodiversité et capacité des cultures à faire face aux stress biotiques et abiotiques ;
- description des principales espèces vivantes impliquées dans la dynamique fonctionnelle du sol ;
- impact des composantes biologiques sur la dynamique fonctionnelle du sol ;
- notions d'agriculture de conservation en lien direct avec l'essor et le maintien de la dynamique fonctionnelle du sol ;
- techniques de visualisation et d'extraction de la faune du sol.

Il vous aidera, si c'est nécessaire, à faire évoluer vos pratiques pour garantir vos sols et vos productions végétales.

***Pierre Anfray** est agriculteur. Il est aussi consultant, pour les agriculteurs, en analyse et développement des mesures agroécologiques, notamment sur la préservation biologique des sols.*