



CLAUDE & LYDIA BOURGUIGNON



Le sol, à terre et les champs



POUR RETROUVER UNE AGRICULTURE SAINNE



Sang de la Terre
ÉCOLOGIE • ENVIRONNEMENT • SOCIÉTÉ

Le sol, la terre et les champs



Le code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Cette pratique s'est généralisée au point que la possibilité pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles est aujourd'hui menacée. En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement le présent ouvrage, sur quelque support que ce soit, sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie, 20 rue des Grands-Augustins, 75006 Paris.

© SANG DE LA TERRE • QUATRIÈME TRIMESTRE 2009 • ISBN 978-2-86985-188-7
Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays.

Éditions Sang de la terre

BP 60001 • 75560 Paris cedex 12 • Tél. : 0891 670 008^{0891 670 008} • Fax : 01 40 01 09 94
E-mail : info@elleboire.fr • Sur Internet : <http://www.sangdelaterre.fr>

CLAUDE ET LYDIA BOURGUIGNON



Le sol, la terre et les champs



POUR RETROUVER UNE AGRICULTURE SAINTE





Sommaire

| | |
|---|-----|
| Préface | 9 |
| Introduction | 13 |
| 1 - Le sol, milieu dynamique | 21 |
| Un milieu inconnu | 23 |
| Une nouvelle approche de la dynamique des sols : naissance, maturité et mort des sols | 26 |
| L'agrologie et la complexité du sol | 43 |
| 2 - Le sol, milieu vivant | 53 |
| Les organismes vivants du sol | 56 |
| Les micro-organismes du sol et les cycles biogéochimiques | 68 |
| Marnage et compostage | 83 |
| 3 - Le sol et les plantes | 89 |
| Les végétations climax | 91 |
| Origine des plantes cultivées | 95 |
| Environnement et nutrition des plantes | 100 |
| Biodiversité et agriculture | 118 |

| | |
|--|-----|
| 4 - Agrologie et fertilisation | 123 |
| La fertilisation du sol | 126 |
| La fertilisation de la faune du sol | 132 |
| La fertilisation des microbes du sol | 133 |
| La fertilisation des plantes | 134 |
| 5 - Le sol et les animaux | 145 |
| Leur adaptation au climat | 147 |
| Origine des animaux d'élevage | 148 |
| Environnement, nutrition et comportement des animaux | 154 |
| L'homme et l'animal : la fin d'une harmonie ? | 160 |
| 6 - Le sol et le terroir | 167 |
| Définition du « terroir » | 170 |
| Rôle des variétés de plantes et des races animales | 182 |
| La fin des produits du terroir | 184 |
| Conclusion | 193 |
| Du chasseur-cueilleur au paysan | 196 |
| Du paysan à l'exploitant agricole | 203 |
| De l'exploitant agricole à l'agriculteur de demain | 207 |
| Annexes | 213 |
| Glossaire | 215 |
| Bibliographie | 219 |
| Remerciements | 223 |

À Emmanuel, Hortense et Lise pour que la planète
que nous leur laisserons ne soit pas un enfer.

« La terre sera mon chant
Mère en plénitude
Bonne en ses fondements
L'ancêtre, elle fait paître au
Sol tout l'existant. »

Hymne à la terre, (époque d'HOMÈRE).



Préface

« Toutefois dans le sein d'une terre inconnue
Ne va pas vainement enfoncer la charrue. »

VIRGILE, Géorgiques, L. I.

La première édition de ce livre était le résumé d'un travail personnel de recherche effectué davantage au laboratoire que sur le terrain. Il était temps de remettre à jour cette édition car nous avons quitté la recherche publique pour fonder à deux un laboratoire privé (LAMS) qui travaille directement au contact des agriculteurs et des vignerons. Avec eux nous avons pris conscience de deux points fondamentaux :

- Le rôle incontournable de la faune et des champignons dans la fertilité des sols agricoles,
- L'importance de cette nouvelle gestion des sols que représente le semis direct sous couvert.

En effet, les deux raisons principales de la mort des sols agricoles sont :

- L'abus des pesticides et des engrais chimiques qui détruisent la microflore et la faune des sols.
- Les labours qui, en exposant la terre au soleil et à la pluie, sont la cause de la disparition de la matière organique et de la désertification des sols.

Il va sans dire que faire arrêter le labour aux agriculteurs est un vrai choc culturel. Le labour est plus qu'une pratique millénaire, il est un mythe fondateur de l'agriculture. La terre doit être violée pour être fécondée pensent tous les agriculteurs. On comprend alors que le semis direct soit rejeté avec force par le milieu agricole. Et pourtant il faut démythifier le labour, il en va de la survie de l'humanité. Autant on peut comprendre que ce mythe ait eu son utilité à l'époque ancienne où l'humanité se devait de protéger ses cultures de la compétition des autres herbes dites « mauvaises ». Autant, dans une époque moderne comme la nôtre, la haine de la « mauvaise herbe » devient sorcellerie car elle n'est plus justifiée. La science actuelle nous permet enfin, après 6 000 ans de luttés contre les « mauvaises herbes », de définir, pour la première fois dans l'histoire de l'humanité, une agriculture respectueuse des sols et de l'environnement.

Cette vraie « évolution verte » ne se fera pas en un jour car elle heurte de plein fouet des milliers d'années d'obscurantisme et d'idées préconçues. Ce ne sont d'ailleurs pas les agriculteurs eux-mêmes qui sont les plus hostiles à cette évolution verte puisque certains d'entre eux ont déjà appliqué cette méthode sur leur sol, mais les agronomes purs et durs qui restent bloqués dans la pensée unique et archaïque du tout mécanique et du tout chimique. Nous espérons que ce livre sera un maillon de la longue chaîne de cette évolution verte qui devra inclure les lois de la biologie du sol dans l'agronomie.

Cette évolution verte prend à contre-pied l'archaïsme agronomique actuel de la révolution verte, en redéfinissant de façon moderne les quatre piliers de l'agronomie (la manipulation génétique, les pesticides, le travail du sol et les engrais), pour en faire les quatre piliers de l'agrologie : la sélection massale, la lutte biologique, le semis direct sous couvert et les amendements.

Alors que l'agronomie s'enlise dans les OGM en croyant détenir l'avenir de l'humanité, l'agrologie s'appuie au contraire sur l'emploi de la biodiversité. Au lieu de continuer à appauvrir le bagage génétique des plantes cultivées afin de rendre les agriculteurs prisonniers des semenciers, elle développe au contraire l'usage de nouvelles espèces déjà sélectionnées par la nature pour leur aptitude à restructurer les sols, à récupérer les engrais lessivés par les pluies, à pousser sur des sols pauvres et arides.

Ce n'est donc pas vers un appauvrissement de la génétique que va l'agrologie mais au contraire vers un enrichissement de la biodiversité agricole. Ces nouvelles plantes s'introduisent en intercultures dans nos champs et nos cultures y sont semées en direct dans leur couvert ⁽³⁰⁾ 1.

Tandis que les labours participent au réchauffement planétaire par la perte de matière organique, sous forme de gaz carbonique, qu'ils occasionnent, le semis direct sous couvert devient la nouvelle technique agricole protectrice des sols et de l'atmosphère. En effet, en laissant la litière s'humifier à la surface du sol, on augmente la teneur en matière organique de 0,3 % par an ⁽³¹⁾. Pour un pays comme la France, cela représente une fixation de 35 millions de tonnes de gaz carbonique dans les sols agricoles par an, soit 1/5^e de notre consommation de pétrole. Alors que les agronomes ne croient encore qu'aux labours, des agriculteurs du nouveau monde et des agriculteurs d'Europe développent des techniques de semis direct. Pour la première fois dans l'histoire de l'agronomie, les agriculteurs sont en avance sur les agronomes et c'est de cette innovation qui vient de la base que va sortir l'agriculture de demain.

Pendant que les hommes politiques se préparent à taxer les agriculteurs sur les engrais, ceux-ci en adoptant cette nouvelle évolution verte développent par eux-mêmes une agriculture productive et non polluante. En agronomie classique un blé labouré demande 3 kg d'azote par quintal et 120 litres de fuel par hectare, en agrologie un kilo d'azote suffit pour produire un quintal de blé et l'arrêt du labour permet de ne consommer que 30 litres de fuel par hectare... En respectant les lois physiques, chimiques et biologiques des sols, l'agrologie, cette nouvelle évolution verte, permet aux hommes, pour la première fois dans l'histoire, de

CULTIVER LA TERRE SANS L'ÉRODER.

Claude et Lydia **Bourguignon**,
Marey-sur-Tille, printemps 2008.

1 Les appels de note entre parenthèses de cet ouvrage renvoient aux références correspondantes dans la bibliographie.



Introduction

« Elle est la terre, elle est la plaine, elle est le champ.
Elle est chère à tous ceux qui sèment en marchant. »

VICTOR HUGO, *La Légende des siècles*.

L'environnement est devenu le grand problème de notre siècle. L'humanité se sent dans une impasse et perçoit confusément que la survie de cette civilisation planétaire dépend de la façon dont nous définirons notre nouvelle relation avec la terre. Depuis vingt ans, c'est surtout sous un angle pessimiste et contestataire que ce problème a été abordé. Les écologistes, en se politisant, ont adopté l'attitude négative des sans-culottes. Après la description, en large et en travers, des malheurs et des pollutions qui s'abattent sur la planète, il est temps de passer aux solutions. Ne nous leurrions pas : il nous reste moins de trois hectares de terre émergée par habitant et, sur cette petite étendue qui nous est encore octroyée, un dixième seulement est cultivé et nous nourrit ; sur le reste, il nous faut nous loger, nous habiller, nous véhiculer, enfin... vivre. Peu de temps après la découverte de l'univers infini des astronomes, nous voici ramenés brutalement à l'exiguïté de cette planète Terre dont, pour la première fois dans l'Histoire, nous sommes entièrement responsables. C'est dans cette notion de responsabilité et dans celle de respect que se situent les solutions au problème de l'environnement. D'enfants de la terre, nous sommes devenus ses gardiens.

Nous avons peur de cette nature, et il nous faut maintenant l'aimer et la respecter. La terre a vite vieilli sous notre action et nous avons vite grandi en l'exploitant ; c'est elle maintenant qui a besoin de nous pour résister dans cette vieillesse précoce. Elle était notre mère à tous, elle est devenue notre grand-mère à tous, et il nous faut la ménager. Cette incroyable responsabilité qui nous incombe nous rend complètement libres de notre destinée. Nous pouvons choisir de tuer la terre et de nous suicider par la même occasion, mais nous pouvons aussi choisir de vivre en harmonie avec elle et d'y survivre. Le méchant n'est plus la bête fauve, mais nous-mêmes. Ange et démon pour la terre, voilà l'homme du XXI^e siècle. Et ce ne sont pas des décisions politiques qui nous forceront à être des anges ou des démons, mais nous-mêmes. Chacun de nous doit comprendre qu'il est responsable devant la terre. Celle-ci ne pourra continuer à nous héberger que si nous devenons et décidons d'être des adultes responsables de leur planète.

Voici encore un siècle, il aurait été impossible de demander aux hommes d'arriver à cet état de conscience. La civilisation mondiale n'existait pas, et l'humanité était encore trop inquiète sur sa propre existence pour pouvoir réfléchir à ce grand problème de la terre. Depuis, la situation a beaucoup évolué, notre maîtrise technique sur des choses aussi fondamentales que la santé, la production d'aliments, l'énergie et le contrôle des naissances nous donne la possibilité de prendre du recul et de penser globalement. De faibles que nous étions, nous sommes devenus forts, trop forts même devant la nature, mais nous avons gardé une mentalité de faibles. Il ne faut donc pas gémir sur toutes les pollutions qui menacent l'air, l'eau et les sols, mais proposer des solutions concrètes, créer une dynamique, développer un esprit neuf et créatif. Et, pour cela, puisque le grand débat devient cosmique, il faut reprendre les données à la base et commencer par le sol et ses habitants : les microbes, pour nous élever progressivement vers la terre et ses habitants : les hommes. Voilà pourquoi le sujet de ce livre est l'agriculture de demain. Au long de ces pages, nous décrivons une nouvelle approche agricole que nous appelons l'agrologie, pour reprendre le mot de M. de Gasparin ⁽¹⁾. Beaucoup d'auteurs ont repris ce terme en l'utilisant pour décrire une petite partie de la pédologie, celle concernant les sols cultivés. Sur le plan étymologique, cela ne nous paraît pas justifié. Le terme grec *agros* signifie d'abord le champ, avant d'avoir comme sens dérivé : le sol cultivé. Aussi nous semble-t-il préférable d'opposer l'agrologie à

l'agronomie. En effet, l'agrologie est la science, la connaissance du champ, alors que l'agronomie en est la loi, la police. Dépasser l'agronomie revient donc à passer d'une approche dirigiste et simplificatrice de l'agriculture à une approche plus scientifique et plus globale. Il ne s'agit plus seulement de forcer le champ ou l'animal à se plier à notre modèle productiviste, mais de comprendre et d'accepter la complexité du champ.

Ce livre n'est pas un réquisitoire contre l'agronomie ; au contraire, il veut montrer que la progression des idées se fait toujours à l'abri des progrès précédents. Accumuler des excédents agricoles comme nous le faisons, dans un monde où domine la malnutrition, peut sembler honteux, mais c'est à l'abri de ces amoncellements que nous pouvons réfléchir sur une autre forme d'agronomie. C'est parce que nos grands-parents et nos parents nous ont apporté confort et satiété que nous pouvons les dépasser. C'est parce qu'ils ont bâti un empire matériel que nous pouvons rechercher nos racines spirituelles et un développement harmonieux de notre économie. C'est parce que nous avons le ventre plein que nous percevons l'importance de l'environnement dans notre avenir. Mais nous savons aussi que le progrès ne s'arrête pas, qu'il faut toujours être plus exigeant, qu'il faut toujours aller de l'avant. En plus d'une quantité de vie, nous pouvons exiger une qualité de vie ; en plus d'une industrie puissante, nous pouvons exiger une industrie non polluante. L'évolution du vivant ne se fait pas uniquement par la lutte pour la vie, mais aussi par l'adaptation créatrice. Une espèce ne s'implante pas seulement en détruisant les autres, elle s'implante aussi par la qualité de son adaptation, par la qualité innovatrice qu'elle représente. Il en est de même pour l'homme. Ce n'est pas en détruisant le monde vivant que l'humanité survivra, mais c'est en établissant une harmonie entre elle et la terre. L'agriculture est l'exemple même d'une activité humaine où cette harmonie est tellement nécessaire. L'agrologie telle que nous allons la présenter est une conscience de ce que devient l'homme dans l'environnement agricole qu'il se crée et qui le fait. Nous savons bien que l'univers conceptuel où nous cherchons à placer l'agrologie n'en est qu'au stade de l'élaboration. Mais il nous semble évident que l'agrologie ne peut être qu'une science conscience ⁽²⁾, c'est-à-dire une science qui aboutit à une conscience du fait que des modes d'emplois trop réductionnistes, appliqués aux champs, ne peuvent pas aboutir à autre chose qu'à ces excès que sont les pollutions agricoles de notre

environnement, la production de blés impanifiables et l'élevage de veaux aux hormones. L'agrologie, en redonnant au sol et aux microbes du sol la place qu'ils méritent en agriculture, se veut une science de la complexité. Au cours de ce livre, nous essaierons de jeter les bases de l'agriculture de demain, qui devra être à la fois plus scientifique et plus spirituelle ou qui ne sera pas. En effet, notre époque accumule toutes les potentialités d'une nouvelle ère, elle est riche de son passé spirituel, et la science actuelle, à force de repousser ses limites, semble se rapprocher des frontières de l'esprit, aplanissant ainsi le fossé de querelles et de haines qui la séparait de la spiritualité. Les physiciens ne croient plus au déterminisme, ils parlent d'attracteurs étranges, de particules charmées. Les mathématiciens se passionnent pour la morphogenèse ou le chaos, et cherchent des opérateurs d'univers. Les chimistes s'interrogent sur les cristaux colloïdaux, et les biologistes commencent à douter de pouvoir un jour écrire l'équation du cerveau. Une nouvelle conception de l'univers s'annonce grâce à cette immense libération que permet la science. L'humanité change ses rapports avec le cosmos et en particulier avec la nature.

La question de notre siècle est la « question naturelle » (3). Pour que cette grande libération arrive, il faut accepter la complexité et développer dans les différents domaines de la science les principes de la théorie quantique qui nous dit que tout dans l'univers n'est pas déductible des premiers principes de la physique. En particulier dans le domaine de l'agriculture qui nous préoccupe ici, il ne faut pas se contenter de ramener la production de nourriture à une simple production industrielle de calories, de vitamines et d'additifs alimentaires. Le champ n'est pas une usine, les plantes et les animaux ne sont pas des robots ; ils ont un immense degré de complexité et d'imprévisible. Il faut accepter et essayer de comprendre, en la respectant, cette complexité, si nous ne voulons pas sombrer dans un totalitarisme plus près de la magie noire que de la science. La conquête de notre liberté passe par ce respect de la complexité de l'univers.

Définir une nouvelle théorie agricole peut sembler, a priori, être une entreprise vaniteuse et prétentieuse, loin en tout cas de cette modestie qui doit être la qualité de tout homme essayant de faire de la science. En fait, la théorie scientifique est le fruit de la fusion entre l'inspiration et la raison du scientifique. Ce n'est pas l'orgueil qui inspire ou qui est à la base d'une théorie, mais un mélange d'imaginaire et de

raisonnement, de culot, voire même d'inconscience, puisqu'une fois émise, la théorie, cette fille chérie du scientifique, est jetée en pâture à ce fauve qu'est l'expérience. C'est d'ailleurs le choc de l'expérience, confirmant ou infirmant la théorie, qui est la grande leçon de modestie du scientifique, puisqu'elle a toujours le dernier mot. La modestie de l'homme de science s'exprime dans la prudence de l'interprétation des résultats de l'expérience et dans l'acceptation que tôt ou tard l'expérience pourra infirmer la théorie. Il doit donc se résigner au fait que son activité est quelque peu paradoxale, comme le décrit si bien Georges Bataille (4) : « À l'extrémité de la réflexion, il apparaît que les données de la science valent dans la mesure où elles rendent impossible une image définitive de l'univers ; la ruine que la science a faite, continue de faire, des conceptions arrêtées, constitue sa grandeur et, plus précisément que sa grandeur, sa vérité. Son mouvement dégage d'une obscurité pleine d'apparitions illusoires une image dépouillée de l'existence : un être acharné à connaître, et devant la possibilité de connaître qui lui échappe demeure à la fin, dans son ignorance savante, comme un résultat inattendu de l'opération. »

Le scientifique doit donc être à la fois inconscient et courageux pour émettre une théorie, modeste et humble devant le verdict de l'expérience. C'est en cela que l'activité scientifique se rapproche tellement du jeu de l'enfant. En effet, celui-ci imagine une merveilleuse bêtise qui le transporte de joie, mais il devra serrer les dents sous le choc de la fessée parentale qui le ramène à une dure réalité. L'homme de science découvre le monde comme l'enfant apprend la vie, c'est-à-dire que ce sont ses erreurs qui le font avancer et non ses réussites illusoires. Il est d'ailleurs intéressant de constater que le rôle des réfutations des théories dans l'avancement des sciences est maintenant admis dans toutes les sciences, même en mathématiques (5). Vu sous cet angle, le développement d'une nouvelle théorie agricole devient alors non pas hérétique, mais bien nécessaire. Il ne s'agit pas, bien sûr, de nier les apports de l'agronomie, mais il s'agit de la dépasser.

On pourrait rétorquer que l'application aux champs cultivés des théories de l'agronomie actuelle présente l'énorme avantage de nourrir plus qu'abondamment l'Occident, et qu'il serait suicidaire de vouloir abandonner cette théorie. Si le qualitatif laisse plus qu'à désirer, les Occidentaux sont par contre heureux de disposer à loisir du quantitatif,

et c'est ce qui est le plus important à leurs yeux. Si les hommes sont avant tout conservateurs, il ne faut tout de même pas oublier que la civilisation a toujours progressé en violant quelque peu les conventions. Nous précisons bien les conventions, c'est-à-dire les règles établies par un certain nombre, et non la tradition établie par tous qui, elle, doit rester notre guide, quels que soient les changements et les modes de pensée. L'agronomie actuelle est conventionnelle, l'agrologie que nous proposons est traditionnelle, puisqu'elle est étymologiquement la connaissance du champ, c'est-à-dire naître avec le champ, ce qui nous ramène à la tradition. Nous ne connaissons jamais tout sur les champs ; il nous paraît donc souhaitable d'en avoir une double approche scientifique et intuitive, et c'est ce qu'implique l'agrologie. L'approvisionnement alimentaire surabondant ne peut pas non plus être un justificatif d'un refus de changement. N'oublions pas que ces montagnes de blé, de beurre, de viande, de lait en poudre ont coûté cher pour être produites, stockées, puis parfois détruites. Les coûts deviennent tels qu'ils mettent le monde agricole en péril. Les excédents ont toujours fait baisser les prix. En ce sens, l'agronomie actuelle ne se justifie plus ; elle représente d'ores et déjà un passage qui a été nécessaire, mais qui est maintenant obsolète. L'enjeu n'est pas purement philosophique, il est vital pour l'humanité. Si ce siècle ne change pas radicalement sa façon d'appréhender la nature et les champs cultivés, s'il ne définit pas un nouvel esprit scientifique, il n'y a pas beaucoup à parier que cette science qui a fait la grandeur de notre époque sera aussi la cause de son effondrement. Nous ne pouvons pas rester fascinés par cette immense force qui aboutira, tôt ou tard, à une immense faiblesse. Il nous faut devenir lucides. Sans ce changement, on arrivera à cette chose paradoxale que l'agronomie, en refusant de quitter son carcan physico-chimique devenu trop étroit, débouchera inévitablement sur une situation qui sera non plus de faire vivre les hommes en les nourrissant, mais de mettre en danger leur existence par une détérioration qualitative des aliments et de l'environnement. Notre siècle croit en la science, elle lui attribue des vertus qu'elle n'a pas. Elle exige d'elle alimentation abondante, reproduction garantie et sur mesure, santé perpétuelle, assurance de vivre. En un mot, nous exigeons d'elle ce que nous exigeons autrefois de la religion par nos pieux pèlerinages. Tout le monde est convaincu que les problèmes actuels auront une solution scientifique. Or, non seulement rien n'est moins sûr, mais rien n'est plus faux. L'impasse dans laquelle est tombée l'humanité n'a pas de solution purement

scientifique ; elle ne peut avoir qu'une solution spirituelle d'abord et scientifique ensuite. Ce ne sont pas des insecticides plus puissants qu'il faut à nos plantes, mais des conditions de culture plus équilibrées et plus harmonieuses. Ce ne sont pas des antibiotiques plus performants qu'il faut à nos troupeaux, mais un peu d'affection et de respect de notre part.

La science peut nous donner le pourquoi de la destruction de l'ozone, des forêts, des maladies de nos plantes et de nos animaux, mais elle ne peut pas nous dire le comment de notre comportement, de notre pensée ; c'est à nous de devenir responsables. La science n'a rien à voir avec notre bonheur ; celui-ci est du domaine intérieur. Le pourcentage des gens épanouis est le même en 1989 en France qu'il l'était à l'époque médiévale et qu'il l'est actuellement en Afrique, et à ceci la science ne peut rien changer. Mais l'épanouissement intérieur demande un effort constant, et nous aimerions tellement confier notre bonheur aux laboratoires scientifiques qu'il suffit de payer, comme la retraite des vieux, avec nos impôts. C'est un grand leurre de croire que nous pouvons détruire la terre à l'abri de la science, en laissant à celle-ci le soin de réparer nos bêtises. La science ne nous maternera pas et ne réparera pas nos enfantillages. La terre souffre, et ce n'est pas de pansements dont elle a besoin, mais d'amour.

Détruire le peu de nature qu'il nous reste sous prétexte que nous sommes dans l'impasse n'est pas une solution ; d'autant plus que notre avenir réside dans cette marge de nature non détruite : la mer, la forêt, les marais. Gardons précieusement cette part que nous croyons « maudite » ⁽⁶⁾, elle contient notre futur. Nous avons exploré le soleil, les déserts et les champs ; c'est à une vision d'un monde plus obscur, celui du sol, celui de l'ombre, que nous vous convions. Réjouissons-nous, tout n'est pas détruit, tout n'est pas violé, tout n'est pas connu. Un avenir se dessine dans le monde obscur du sol, dans le monde liquide de l'eau, dans le monde ombré des bois. Osons entrouvrir ces portes mi-closes, laissons nos bulldozers au hangar, respectons ce monde intact et entrons-y sur la pointe des pieds.

Avant de quitter cette introduction, nous nous permettons encore d'insister sur le fait que la théorie agrologique que nous présentons ici n'a rien à voir avec la vérité avec un grand V. Elle doit être prise comme elle est, c'est-à-dire comme une tentative de dépasser la conception que nous nous faisons de ce que doit être l'agriculture, afin de préparer l'avenir.

Puisse ce livre, que nous avons voulu humble, réconcilier les agronomes purs et durs avec les agrobiologistes trop purs et trop durs. Puisse-t-il aussi contribuer à cette réconciliation de la ville et du champ, tellement nécessaire dans notre époque aux trop vastes cités. L'agronomie nous a permis de connaître la terre, l'agrologie nous permettra de l'aimer.

The background is a solid brown color with a fine, woven texture. In the lower-left quadrant, there is a faint, darker brown image of a plowed field with curved furrows receding into the distance.

CHAPITRE 1

Le sol,
milieu dynamique

« Comme la terre est la mère commune et nourrice du genre humain, et tout homme désire de pouvoir y vivre commodément ; de mesure, il semble que la Nature ait mis en nous une inclination à honorer et faire de l'Agriculture... »

OLIVIER DE SERRES,
Le Théâtre d'agriculture et ménage des champs.

• Un milieu inconnu

La terre nourrit l'homme depuis 10 000 ans et pourtant la science ignore encore l'essentiel sur ce milieu complexe qu'est le sol. En fait depuis 10 000 ans nous travaillons la terre empiriquement et ce n'est que depuis cinquante ans que nous avons décidé de faire de l'agriculture hors-sol, c'est-à-dire d'éliminer le sol de l'agriculture sans avoir abordé sa complexité. Les agronomes ont préféré ramener le sol à un simple support physico-chimique et ont balayé de la main la complexité vivante du sol. Il est évidemment plus facile de faire des équations en physique et en chimie que d'en faire avec la vie. Et puis le succès de la révolution verte avec ses augmentations vertigineuses de rendement laissait à penser que l'on pouvait continuer à ignorer le rôle de la biologie du sol dans la production agricole, comme Laplace se passait de l'hypothèse de l'existence de Dieu dans son système universel. Mais lorsque l'on chasse la Nature, elle revient au galop et l'érosion, la salinisation des sols agricoles, les chutes de rendements, les inondations, nous rappellent brutalement qu'une agriculture qui ne tient pas compte de la vie du sol

n'est pas durable. Il va donc falloir, de façon urgente quitter l'agronomie archaïque et passer à l'agrologie moderne pour créer une agriculture durable. Voyons d'abord comment, au cours de l'histoire, l'attitude des hommes face au sol a évolué. Dans tous les mythes fondateurs de la genèse, Dieu fabrique l'homme avec de l'argile. Le sol semble donc fondamental pour les peuples dits primitifs. Ils sentent confusément que toute la vie vient du sol. Dans les langues latines le mot *humus* a donné *homme* et *humilité*. Tout ceci est lourd de sens, l'homme est pétri de terre, l'homme est fils de la Terre. Cette attache primordiale de l'homme et de la terre se rompra avec l'agriculture et plus précisément avec le labour. Tant que l'homme n'éventre pas la terre, celle-ci le nourrit abondamment, dès que l'homme la déchire elle fait pousser les ronces et les chardons. C'est la malédiction biblique qui pèse sur Caïn. À partir de ce moment les hommes vont souffrir pour se nourrir et ils vont se détacher de la terre pour se focaliser sur la plante, sur la nourriture. Pendant longtemps le sol va apparaître à l'agriculteur comme une fatalité contre laquelle il ne pouvait pas grand-chose. On avait ou non la chance de tomber sur un sol riche. Aussi, pendant des siècles, l'approche agricole des sols s'est-elle limitée aux deux classifications romaines : l'une basée sur les caractères cultureux des sols et l'autre sur leurs caractères physiques. La première semble due à Caton (160 av. J.-C.) qui définit les terres propices aux vignobles, aux jardins, au blé, aux chênes, etc. La deuxième se trouve dans le *De Re rustica* de Columelle (45 apr. J.-C.) qui différencie les terres grasses, maigres, fortes, meubles, etc. Au XII^e siècle, l'agronome arabe Ibn al-Awan ⁽⁷⁾ introduit une nouvelle approche physique des sols par la couleur, qui lui permet, dit-il, de les classer par fertilité décroissante : terres noires, violettes, cendrées, blanc cendré, jaunes et rouges. Ce même auteur introduit une notion intéressante pour évaluer la fertilité d'une terre avant sa mise en culture, par l'observation de la vigueur de la végétation naturelle en place. Il apporte aussi une notion d'analyse de la terre par le goût et l'odorat, en buvant et en sentant la solution de terre dans de l'eau de pluie après décantation. Cette conception du sol restera quasiment inchangée jusqu'à la fin du XIX^e siècle, bien que de nombreux auteurs adhèrent à l'idée du sieur Liger ⁽⁸⁾ : « Le principal fondement de l'agriculture est absolument de connaître la nature du terroir que nous voulons cultiver afin que ne luy refusant aucun des soins qui lui sont nécessaires pour le rendre en état de rapporter du bled, nous ne perdions point notre tems et nos peines. »

Le sol ne semble donc pas un sujet digne de la science, les scientifiques préfèrent étudier des thèmes plus nobles, comme la physiologie végétale, la géologie ou la minéralogie. En 1875, Rendu ⁽⁹⁾ considère toujours que l'étude spéciale des sols n'est pas du ressort de l'agriculture. Au début du xx^e siècle, Dumont ⁽¹⁰⁾ tente une autre classification en se basant sur les nouvelles méthodes d'analyses physiques qui permettaient d'évaluer la proportion des éléments du sol (sable, limon, argile). Il définissait ainsi une terre-étalon qui possédait les proportions idéales pour être cultivée, et classait ensuite les sols par rapport à cet étalon qu'il appelait « terre franche ». En fait, cette classification qui devait définir les aptitudes agricoles d'un sol fut un échec, car le sol est bien plus complexe que ne le pensait Dumont. Comme le fait remarquer Gaucher ⁽¹¹⁾, cet échec est dû à trois causes principales :

- le sol est formé de petits granules et comporte donc des vides dont la taille dépend de la dimension des grains de terre. C'est dans ces vides que circulent l'eau et les gaz. Leur dimension a donc un rôle fondamental sur les caractéristiques d'un sol, et ce n'est pas une simple analyse physique qui nous renseigne correctement sur ces vides ;
- l'analyse physique regroupe sous un même terme « argile » des composés extrêmement variés qui confèrent au sol ses aptitudes à être cultivé. Ainsi, par exemple, un sol dont l'argile sera surtout de la kaolinite sera facile à travailler, mais sera peu fertile. À l'inverse, un sol dont les argiles seront des vermiculites et des smectites sera plus lourd, mais riche ;
- enfin, l'analyse physique découpe le sol en tranches, supprimant ainsi toutes les relations subtiles qui existent entre les éléments du sol. Chaque élément pris séparément n'a aucun intérêt agricole ; c'est la synergie de tous ces éléments qui va faire que le sol sera fertile ou non.

De même, la tentative de Rissler ⁽¹²⁾ de réduire l'analyse du sol à une étude géologique du sous-sol qui le supporte fut une simplification trop hâtive car une roche mère ne rend pas toujours compte des caractères d'un sol qui en dérive. En fait, ce furent les Russes, sous l'impulsion de Dokoutchaïef, qui créèrent cette nouvelle science qu'est la pédologie. Elle acquit ensuite ses lettres de noblesse sous l'impulsion de l'école américaine et française.

Cette science est née d'une nouvelle conception du sol qui quittait la vision anthropologique d'une simple couche inerte et labourable de trente centimètres pour en faire un « milieu spécial », très complexe, en perpétuelle formation, qui naît, qui grandit et qui peut mourir.

• Une nouvelle approche de la dynamique des sols : naissance, maturité et mort des sols

Sous l'influence des « États-Uniens », des Russes et des Français, le sol devient un milieu dynamique qui, comme beaucoup de systèmes de la nature, évolue dans le temps et l'espace. Cette dynamique rappelle celle d'un organisme vivant avec sa naissance, sa maturité et sa mort.

LA NAISSANCE DU SOL

La vie se développe dans trois milieux : l'air, l'eau et le sol. Contrairement aux deux premiers milieux qui sont purement minéraux, le sol se caractérise par le fait qu'il est organominéral. Cette caractéristique lui confère deux propriétés : la première est que le sol n'existe que sur la planète Terre, car il faut de la matière organique, donc de la vie pour faire un sol. Beaucoup de planètes qui nous entourent ont une atmosphère ou de l'eau mais aucune ne possède un sol. Les anciens ont donc eu raison d'appeler notre planète la Terre car elle est la seule à posséder un sol. À cette époque les hommes ne se contentaient pas d'une approche quantitative du monde comme nous le faisons, ils l'approchaient aussi de façon sensible et qualitative. En effet, notre planète est recouverte à 70 % de mer, les anciens auraient donc pu l'appeler Océan. L'atmosphère fait 70 kilomètres d'épaisseur, les sols font moins d'un mètre en moyenne, ils auraient donc pu appeler notre planète : Air. Et pourtant ils lui ont donné le nom du milieu le plus rare, mais le plus important car c'est du sol que sort la vie.

La deuxième propriété qui confère au sol sa composition organominérale est sa fragilité. Alors que l'air et l'eau sont formés de composés minéraux dont les attaches sont atomiques donc très solides, le sol est formé d'attaches électriques qui sont faciles à rompre. En effet, l'air est formé de gaz, c'est-à-dire de molécules, comme l'azote ou l'oxygène qui sont très solidement constitués. L'homme peut polluer

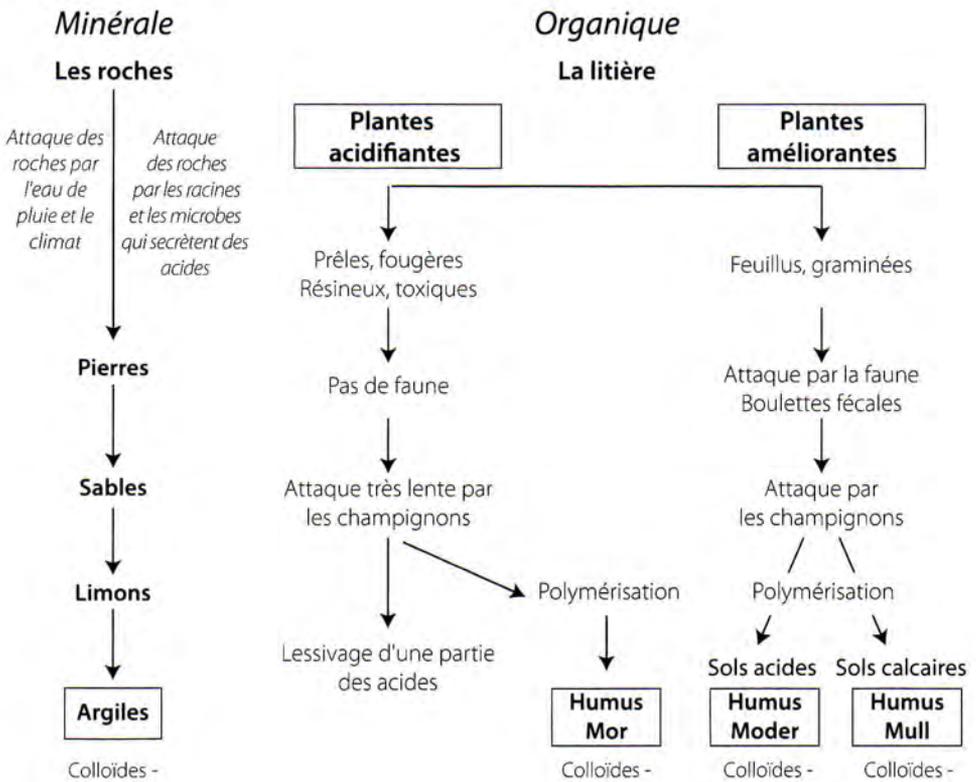
l'atmosphère et il ne s'en prive pas mais il ne peut pas détruire l'azote qui constitue 79 % de l'atmosphère car la molécule d'azote est très solide. Certes l'homme arrive à détruire certains gaz de l'atmosphère comme l'ozone et cela pose des problèmes mais il n'arrivera pas à faire disparaître l'atmosphère. Il en va de même pour l'eau des océans ou des rivières, l'homme les pollue allégrement mais il ne peut pas faire disparaître les eaux de la surface du globe. Pour le faire il lui faudrait chauffer la planète à ébullition. À l'inverse de ces deux milieux solides, le sol est très fragile car il est issu des attaches de composés minéraux provenant de roches et de composés organiques provenant de la litière. Or ces attaches sont électriques et donc très fragiles. C'est pour cela que l'homme a déjà détruit deux milliards d'hectares de sol. En ne respectant pas les lois de la naissance du sol, l'homme brise les attaches qui lient monde minéral et monde organique et le sol disparaît. Mais comment le monde de la silice, celui des roches, fait-il pour se fusionner avec le monde du carbone, celui de la litière.

Sur le plan chimique ces deux mondes paraissent incompatibles. Le monde minéral de la silice est dur et cassant, alors que le monde organique est mou et souple.

Le schéma n° 1 (voir page suivante) nous montre comment se forment les sols. Au départ il faut des composés minéraux provenant de la roche mère et formés essentiellement de silice, d'oxygène, d'hydrogène, de fer et d'aluminium, et des composés organiques provenant des cadavres de plantes et d'animaux, la litière. Cette litière est majoritairement formée de carbone, d'oxygène, d'hydrogène et d'azote. Ces composés minéraux et organiques, apparemment incompatibles vont se transformer, sous l'influence de la vie du sol et du climat, en composés colloïdaux, les argiles et les humus qui vont s'unir pour former le complexe argilo-humique qui est stable.

Pour former un sol il faut donc ces deux composés : l'un minéral, l'autre organique. Dans les zones du globe où il n'existe pas de vie, c'est-à-dire les déserts brûlants et glacés, le sol ne peut pas naître. Privés de plantes donc de litière pour les retenir, les produits d'altération des roches, par le gel ou le soleil brûlant, sont emportés par le vent ou par l'eau. Ainsi, lorsque la glace fond sur les terres glacées du globe, on voit apparaître la roche mère et les cailloux et lorsque les vents soufflent sur les déserts, les particules les plus fines, provenant des pierres s'envolent au loin pour ne laisser que les sables ou les cailloux.

SCHÉMA 1 – LA PÉDOGÉNÈSE

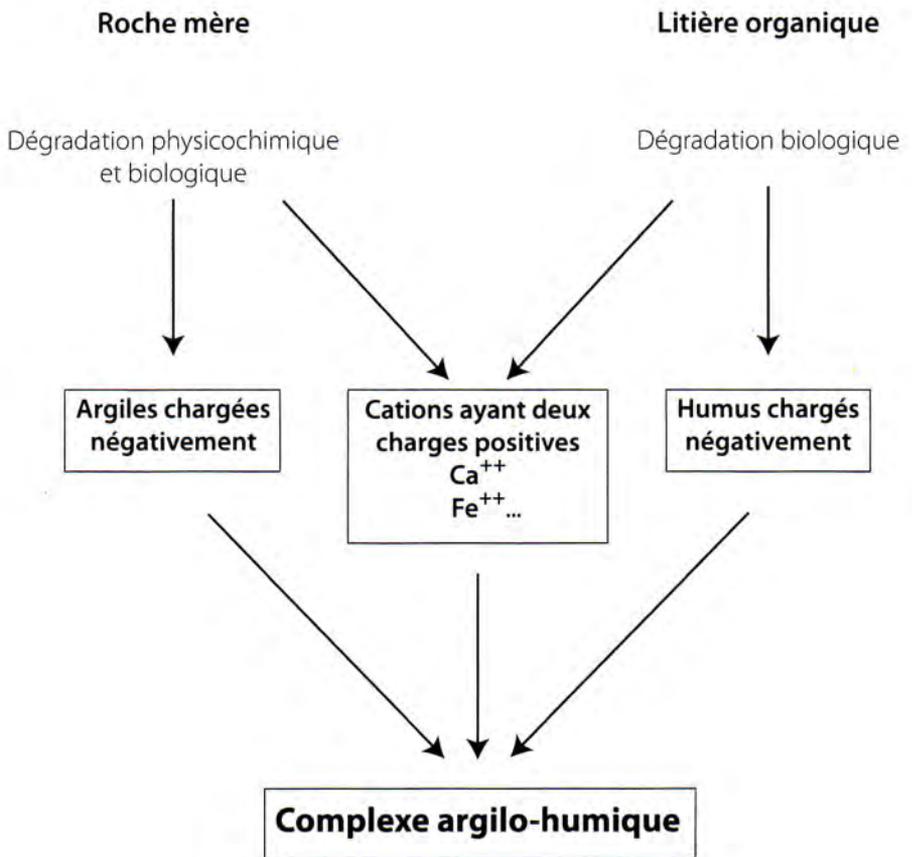


À l'inverse dans les montagnes ou les marais, la matière organique se décompose trop lentement et s'accumule en couches épaisses formant les tourbières. N'arrivant pas à s'unir, matière minérale et matière organique évoluent indépendamment aboutissant parfois à des situations contradictoires, comme ces tourbières acides du Jura qui reposent sur des roches calcaires basiques.

Le sol est donc le fruit d'une synergie entre les argiles provenant de la roche mère et les humus provenant des débris organiques. Mais comment argile et humus font-ils pour s'unir ? Pour expliquer cela, il nous faut introduire la notion de colloïdes, petites particules chargées électriquement sur leur pourtour, qui peuvent se disperser et rester en suspension dans un liquide polaire. Or, l'eau est justement un liquide de ce type, c'est-à-dire constitué de molécules dans lesquelles les électrons ont tendance à être plus attirés par le noyau d'oxygène que par les deux noyaux d'hydrogène. Il se crée alors une charge électrique négative vers un bout de la molécule et positive à l'autre bout. Vers ce pôle positif, les colloïdes électronégatifs que sont les argiles et les humus vont être attirés, restant ainsi faiblement liés aux molécules d'eau. On comprend alors que si la formation des sols n'aboutissait qu'à des colloïdes argileux ou humiques, ceux-ci seraient entraînés dans l'eau avec laquelle ils seraient liés. C'est ce qui arrive en été dans les déserts glacés et lors des rares orages dans les déserts torrides. Pour pouvoir échapper à l'emprise de l'eau, ces colloïdes doivent pouvoir s'attacher à d'autres pôles positifs que ceux de l'eau. Or, c'est ce qu'il se passe dans le sol, car l'altération de la roche mère libère des ions positifs, comme le calcium, le magnésium, le fer et l'aluminium qui vont alors servir de pont d'attache entre ces particules chargées négativement que sont les argiles et les humus. Le complexe argilo-chimique ainsi formé précipite et résiste alors à l'érosion de l'eau. Cette explication pourra paraître trop complexe pour les personnes non initiées aux bases de la chimie, mais nous espérons que les schémas n° 1 et 2 les aideront à comprendre la formation de ce milieu naturel autonome et complexe qu'est le sol à partir de ces matériaux très cohérents que sont la roche et les débris vivants.

Cela nous amène à parler des facteurs qui participent à l'altération des roches et à la décomposition de la litière. Ces facteurs se séparent en deux grands groupes : les facteurs physico-chimiques et les facteurs biologiques.

SCHÉMA 2 – LA FORMATION DU COMPLEXE ARGILO-HUMIQUE



Parmi les facteurs physico-chimiques on peut citer la température. En effet, une loi nous dit que toute augmentation de la température de 10 °C multiplie la vitesse des réactions chimiques par trois. On comprend alors que les roches soient attaquées plus vite à l'équateur qu'aux pôles. Il en est de même pour la litière, celle-ci se décompose lentement en haut des montagnes et s'accumule en couches épaisses alors que sur le sol des forêts tropicales la litière est très mince du fait de la vitesse de sa décomposition. Un autre facteur est la pluviométrie. Plus celle-ci est abondante plus la décomposition des roches et de la litière sera rapide. En zone tropicale la couche d'altération des roches dépasse souvent les trente mètres d'épaisseur alors que vers les pôles on est vite sur la roche intacte. On comprendra aisément que la dureté des roches joue un facteur sur la vitesse de formation des sols. Il est plus facile aux racines d'attaquer un calcaire qu'un granit. D'autres facteurs comme le relief ou le type de végétation qui pousse sur un sol agissent sur la formation des sols. Devant le nombre et la variété de ces facteurs, on s'explique la grande diversité des types de sols, qui ne peuvent être compris et connus qu'à la lumière de l'action de ces facteurs sur leur genèse. Tous ces sols sont définis par des classifications qui varient selon les pays, la classification la plus couramment utilisée dans le monde étant « l'états-unienne ». Les phénomènes qui entraînent la formation des sols se regroupent en trois types : décomposition, migration, accumulation. La décomposition des roches en argile est restée longtemps un mystère. Les pédologues n'arrivaient pas à comprendre comment en partant d'un calcaire, d'un schiste ou d'un granit, la vie, par attaque acide, aboutissait toujours à des argiles. Il faudra attendre la fin du xx^e siècle pour comprendre ce processus. En fait les racines et les microbes attaquent la roche mère, non pas pour le plaisir de l'attaquer mais pour y prélever leur alimentation. Or nous l'avons vu, les roches sont essentiellement formées de silice, de fer et d'aluminium. Lors de leur attaque, les racines et les microbes vont prélever dans les roches les éléments dont ils ont besoin à savoir, la potasse, le phosphore, le soufre, le calcium, la magnésie, etc. Par contre la silice, le fer et l'aluminium sont des oligo-éléments pour les plantes, elles vont donc en prélever très peu. Ce faisant, elles vont laisser, dans l'eau du sol, de grandes quantités de silice, de fer et d'aluminium puisqu'ils sont majoritaires dans les roches. Lorsque les concentrations de ces éléments seront arrivées à un

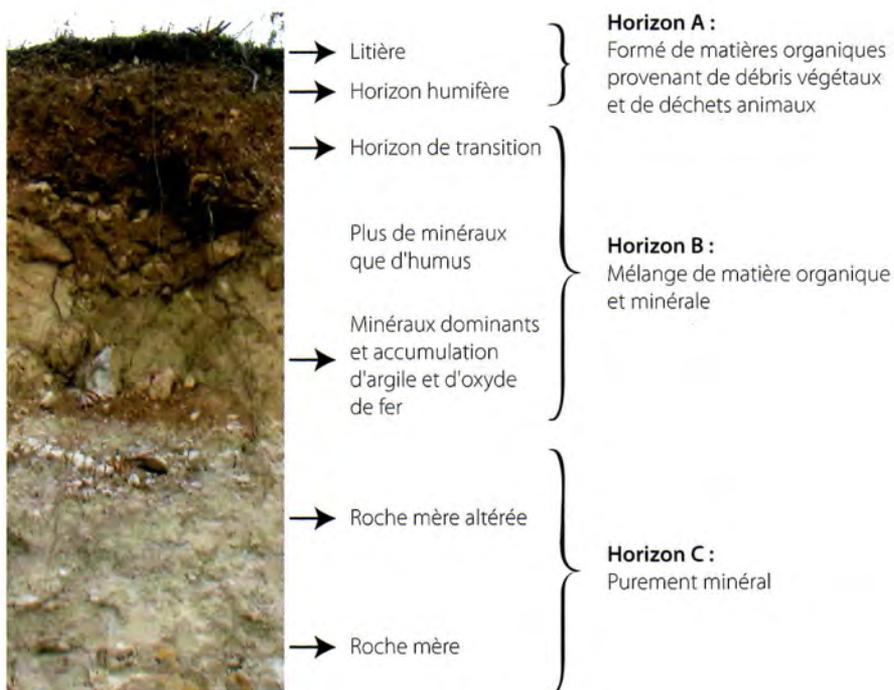
certain niveau, il y a cristallisation de la silice, du fer et de l'aluminium en silicates de fer et d'alumine, qui sont des argiles. Les expériences, en laboratoire, montrent qu'en mettant des cristaux, comme des micas, en présence de racines de plantes, on obtient les premières argiles en sept heures. Ce mécanisme s'observe facilement sur le terrain en regardant les fissures de roches remplies de racines entourées de leur gangue d'argile. Nous parlerons, dans le chapitre sur la faune du sol, de la façon dont les litières se décomposent. Certaines litières toxiques, comme celle des résineux ne sont pas attaquées par les animaux du sol et se décomposent lentement sous l'action des microbes. D'autres litières, comme celles des feuillus ou celle des steppes et des savanes sont rapidement broyées par la faune du sol et leurs excréments sont ensuite transformés en humus par les microbes et en particulier par les champignons. La migration des substances dans un sol sera verticale, du fond vers la surface si le sol abrite une vie intense. À l'inverse la migration des ions et des substances sera latérale ou verticale de la surface vers le fond si le sol a été détruit biologiquement par les excès de labours et de pesticides. Les hommes oublient souvent que les plantes et les vers de terre remontent les éléments vers la surface alors qu'un sol nu, ou un sol dépourvu de vers de terre, s'appauvrit constamment. L'accumulation de substances pourra se faire en surface du sol : ce sera le cas des grosses particules comme les sables ou les humus ; ou vers la profondeur du sol comme c'est le cas des oxydes de fer ou des argiles dans les sols biologiquement peu actifs.

Le résultat de ces décompositions, migration et accumulation sera la maturité du sol c'est-à-dire sa constitution en strates, appelées horizons.

LA MATURITÉ DU SOL

Chaque type de sol possède son profil, c'est-à-dire sa succession d'horizons, de la roche mère jusqu'à la surface, qui constitue en quelque sorte le phénotype du sol, la naissance ayant donné son génotype, si l'on veut comparer un sol aux systèmes vivants. De même qu'un animal sera décrit en fonction de certaines caractéristiques phénotypiques, comme la couleur des plumes, la forme du bec, la taille des pattes, etc., de même le sol sera décrit selon son profil. Le schéma n° 3 nous donne une idée de la constitution du profil d'un sol. Les différents horizons que l'on y observe correspondent, si l'on veut, aux muscles, derme et épiderme des tissus animaux. Sur ce schéma, on peut observer que le sol croît, par les deux bouts. En profondeur la roche se décompose en argile sous l'action des

SCHÉMA 3 – PROFIL CULTURAL AVEC LES PRINCIPAUX HORIZONS



racines et des microbes formant ainsi l'horizon C. En surface la litière se décompose en humus sous l'action de la faune et des microbes, formant l'horizon A. Le sol à proprement parler, c'est-à-dire le complexe argilo-humique, se forme dans l'intestin des grands vers de terre qui chaque nuit viennent chercher la litière en surface, la redescendent en profondeur et font de même avec l'argile. Par ce brassage incessant ils sont les grands créateurs des sols. La vitesse de formation de ces trois horizons se fera à des vitesses très variables selon le climat, allant de dix mille ans pour les zones froides à cent ans pour les zones tropicales. Toujours selon le climat, tel ou tel horizon sera épais ou mince, un peu comme pour les mammifères qui ont une fourrure épaisse aux pôles et rase aux tropiques. De même que chaque milieu a entraîné la création et le développement de formes végétales et animales qui lui sont adaptées, de même chaque climat, chaque roche, chaque végétation, chaque faune du sol, entraînent la création d'un profil de sol bien particulier et bien adapté à ces facteurs. Cette adaptation se traduit par le fait qu'un sol cherche à s'opposer à toute action extérieure qui tend à modifier son équilibre. Il devient alors très important pour l'agriculteur de connaître cet équilibre avant de tenter toute action sur le sol. L'érosion, la salinisation et la désertification, rapides et inquiétantes qui frappent nos sols cultivés, à travers le monde, sont liées au fait que l'agronomie industrielle a rompu ces équilibres. Ceci nous amène à parler de la mort des sols qui frappe chaque année dix millions d'hectares à travers le monde.

LA MORT DU SOL

Toute personne qui a l'occasion de survoler la forêt amazonienne en avion est frappée de voir que certains fleuves sont transparents et qu'ils se trouvent entourés de forêts intactes alors que d'autres fleuves, entourés de zones cultivées, sont orange et chargés de terre. Dans le vieux monde, en Asie ou en Afrique, l'occupation humaine étant très ancienne, quasiment tous les fleuves sont chargés de sédiments au point que les hommes considèrent que ce phénomène est normal. En fait, l'érosion est un phénomène anthropique. Il n'y a pas d'érosion dans la nature, il n'y a que de la lixiviation, c'est-à-dire des pertes d'ions. Ceci est confirmé par l'observation de zones encore non perturbées par l'homme où tous les fleuves sont transparents et ceci est confirmé par la géologie. Prenons par exemple le plissement hercynien qui a commencé en Bretagne il y a 350 millions d'années et qui s'est terminé en Allemagne il y a 270 millions d'années. Les géologues estiment que les



Exemples de rigoles d'érosion en France.



Érosions en nappe sur sol argilocalcaire de Bourgogne.
Les argiles entraînées en bas de la parcelle ont colmaté
la porosité du sol.

montagnes de Bretagne faisaient à l'époque cinq mille mètres de haut et elles ne font plus que cinq cents mètres. Si, comme certains pédologues le prétendent, l'érosion est un phénomène naturel, il aurait dû intervenir sur le massif hercynien. Admettons cette hypothèse et faisons le calcul en prenant une érosion moyenne de dix tonnes de sol par hectare et par an. En 350 millions d'années, à 10 tonnes par an, le massif hercynien aurait donc perdu 3 milliards cinq cents millions de tonnes de sol par hectare. Sachant qu'un mètre de sol pèse 10 000 tonnes par hectare, cela nous donne une hauteur de départ de 350 000 mètres. Or les géologues nous disent que la hauteur initiale des montagnes de Bretagne n'était que de 5 000 mètres, soit 70 fois moins. Notre soi-disant érosion est donc limitée à 10 tonnes divisées par 70, soit 150 kg perdus par hectare et par an. Effectivement, nous savons que dans nos régions, sous forêts non perturbées les sols perdent 150 kg d'ions (silice, calcium, magnésium, etc.) emportés par l'eau de pluie vers les nappes et les rivières. Nous sommes loin des dix tonnes de terre emportées chaque année comme l'affirment les pédologues. Dans la nature, en l'absence de dégradation humaine, les rivières, les fleuves et les nappes sont transparents et contiennent des ions en solution. Ces ions se déposent aux fonds des lacs et des mers par précipitation microbienne ou faunique et absorption par les plantes aquatiques. En s'accumulant, les restes des organismes aquatiques formeront les roches sédimentaires. Des études récentes en microscopie à balayages ont confirmé ces données. Les roches sédimentaires proviennent uniquement de précipitations biologiques d'ions en suspension dans les eaux et ne contiennent pas de sable, de limons ou d'argiles arrachés par érosion aux sols terrestres. Ce sont les hommes qui ont déclenché le processus d'érosion, créant des terres là où il y avait la mer comme cela s'observe couramment dans les zones de vieilles occupations humaines comme le pourtour de la Méditerranée. Cette érosion provoquée par l'homme est d'autant plus violente que le climat est dur. Ainsi en Suède le taux d'érosion était de 4 tonnes de terre perdues par hectare et par an ; il était de 33 tonnes en Espagne. Ces chiffres datent d'avant la « révolution verte » c'est-à-dire avant 1970, période à partir de laquelle on a appliqué les excès d'engrais et de pesticides qui sont devenus la règle. En effet, l'érosion s'est fortement amplifiée depuis. Elle est maintenant de 10 t/ha/an en Suède, de 40 tonnes/ha/an en France, de 60 tonnes en Espagne et 100 tonnes au Maghreb. Dans certaines régions des États-Unis et d'Europe l'érosion a dépassé 200 tonnes par hectare et par an et même atteint cinq cents tonnes ⁽¹³⁾. En zone tropicale, des sols peuvent ainsi

être ruinés en moins de dix ans de culture. Pour comprendre dans le détail le phénomène d'érosion, il faut savoir que celui-ci se déroule selon une dynamique particulière. Le point de départ de la mort d'un sol est sa mort biologique. Depuis l'agriculture conventionnelle a développé trois méthodes destructrices de la matière organique :

- Le labour qui dégage une tonne de gaz carbonique par hectare et par an.

- Les engrais qui, en apportant trop d'azote, font baisser le C/N (carbone sur azote) de la matière organique ce qui favorise la minéralisation de cette dernière par les bactéries qui se multiplient avec l'azote. Or l'humus est formé, essentiellement à partir de la lignine qui est attaquée uniquement par les champignons qui se multiplient vingt fois plus lentement que les bactéries. Ainsi, avec l'azote des engrais la minéralisation prend le pas sur l'humification.

- L'irrigation qui favorise la minéralisation puisque l'on apporte de l'eau en période chaude, alors que d'habitude, en zones tempérée et méditerranéenne lorsqu'il fait chaud, il fait sec et que la minéralisation est donc ralentie en été.

Avec ces trois méthodes, la teneur moyenne des sols européens a été diminuée de moitié en 50 ans. On a supprimé ainsi l'alimentation de la faune du sol c'est-à-dire des vers de terre et de toute cette mésofaune qui se nourrit de la litière, du fumier et du compost. Or les vers de terre ont un rôle fondamental celui de remonter, chaque jour, par leurs excréments, les éléments nutritifs du sol, la potasse, la magnésie, le calcium. Privé de ces bases le sol s'acidifie et entre dans la deuxième phase de dégradation : la dégradation chimique. Au lieu de remonter, chaque jour, dans les excréments des vers, les éléments nutritifs partent en profondeur polluer les nappes phréatiques, ou en surface polluer les rivières. Dans les zones sèches, les hommes avaient l'habitude de cultiver des plantes adaptées à la sécheresse. Avec l'agriculture industrielle on pratique l'irrigation massive de ces sols secs. Comme les eaux de nappes contiennent des sels, contrairement à l'eau de pluie qui est naturellement distillée, l'irrigation aboutit à la salinisation des sols et à leur mort. C'est actuellement le principal facteur de désertification des sols agricoles. Les hommes ont déjà provoqué la désertification de deux milliards d'hectares dont un milliard au vingtième siècle. Ceci représente une désertification de 10 millions d'hectares par an dont environ 6 millions sont dus à l'irrigation, le reste étant détruit par l'érosion hydrique ou éolienne. Mais que l'homme laboure ou irrigue, il détruit inexorablement la matière organique et donc la faune



Différentes formes d'érosion hydrique en France.





Érosion hydrique en France sur sols argilocalcaires,
réputés pour être les plus résistants à l'érosion.



Érosion hydrique dans le vignoble européen.

du sol. Dans un sol mort biologiquement, l'agriculteur augmente les doses d'engrais, chaule son sol pour lutter contre les baisses de rendements.

Mais celles-ci sont inexorables car son sol n'est plus dominé par les lois de la vie, la remontée biologique des éléments, mais par les lois physiques de l'univers : la lixiviation, le lessivage, c'est-à-dire la mort. Sans vie il n'y a pas de sol que ce soit sur Mars, sur Vénus ou Mercure car ces planètes sont dominées par les lois glaciales et mortelles de l'Univers. Seule la vie, phénomène fragile mais têtu, se permet de lutter contre ces lois universelles et de s'imposer dans ce milieu qu'est le sol. Privé de vie, lessivé par les lois physiques, le sol s'acidifie et ne peut plus assurer la cohésion entre les argiles et les humus. Ceux-ci étant des colloïdes ils seront entraînés, en solution dans l'eau, par les pluies ou emporté par les vents. On entre alors dans la troisième dégradation de sols : la dégradation physique, appelée érosion, illustrée par les photos précédentes. Le sol part, le patrimoine s'en va, et l'homme, pourtant à l'origine de ce désastre, accuse la pluie, le vent ou le soleil de la perte de son sol. En résumé on peut dire que l'agriculteur provoque l'érosion ou la désertification des sols agricoles par des actions directes (labour, irrigation, excès d'engrais, déboisements) ou indirectes (destruction de la faune et de la microflore) sur le complexe argilo-humique. Le sol a ses lois que l'agronomie ne respecte pas. C'est ce non-respect de la dynamique des sols qui rend l'agriculture industrielle polluante. En niant le rôle fondamental de la biologie dans le fonctionnement des sols, l'agriculture actuelle confirme cette phrase de Chateaubriand : « La forêt précède les peuples, le désert les suit. »

• L'agrologie et la complexité du sol

Ce que nous venons d'apprendre sur la dynamique de naissance, de maturité et de mort des sols est très loin de la conception simpliste du sol comme simple support. Nous découvrons que les relations qui unissent le sol, les microbes, la faune et les plantes sont complexes et fondamentales. Se contenter d'une simple analyse physico-chimique du sol pour déterminer la quantité d'engrais à apporter ne peut pas aboutir à autre chose qu'à la mort des sols. Une agriculture durable doit se baser sur l'agrologie c'est-à-dire sur la compréhension des lois du sol et non sur leur schématisation. Dans l'agriculture industrielle on trouve normal de voir des agriculteurs varier les doses d'engrais sur des

sols identiques. On se contente de dire que le sol le plus gourmand en engrais est fatigué alors qu'en fait il est mort. Il y a une grande différence entre la fatigue et la mort. À l'inverse on voit appliquer des mêmes doses d'engrais sur des sols très différents car on applique les doses en fonction de la plante que l'on cultive et non en fonction du sol. Et pourtant nos études montrent que l'on peut diviser par deux les doses d'azote et arrêter complètement les engrais potassiques ou phosphorés sur un sol biologiquement actif, tout en maintenant les mêmes rendements. L'agriculture industrielle pollue car elle est obligée de mettre des excès d'engrais pour compenser la mort biologique des sols. Si la difficulté de nos relations humaines tient au fait que nous ne sommes pas à l'écoute les uns des autres, l'inconvénient de l'exploitation industrielle de la terre est de ne plus être à l'écoute du sol. Pour dépasser cela, il faut changer de concept et quitter l'agronomie réductrice pour une agrologie qui redonne au sol la place qu'il mérite en agriculture en respectant sa dynamique. Toute intervention agricole sur un sol devrait avoir pour préalable la connaissance du profil et de la dynamique de ce sol. Ce n'est pas en envoyant un échantillon de terre à un laboratoire qui ne verra jamais le sol en place que l'on pourra fertiliser correctement un sol agricole. C'est comme si on envoyait un flacon d'urine au médecin au lieu d'aller en consultation. L'échantillon de terre est au sol ce que le flacon d'urine est à notre corps, un pâle reflet. L'agriculteur doit prendre le temps de creuser un trou dans chacune de ses parcelles et de regarder, d'observer longuement le profil de son sol. Pour cela il utilisera ses cinq sens. Avec sa vue il notera les changements de couleurs, l'épaisseur de chaque horizon, la profondeur des enracinements, la présence de vers de terre. Avec son odorat il sentira les couches du sol pour y détecter d'éventuelles zones anormales de pourrissement. Il vérifiera en surface que son sol dégage une forte odeur de géosmine, ce parfum de sous-bois qui caractérise les sols vivants. Il utilisera son toucher pour sentir la souplesse ou la compaction du sol sous ses pas. Avec ses doigts il repérera la prédominance des sables, des limons ou des argiles. Avec sa langue, si son sol n'a pas été intoxiqué par les produits chimiques, il goûtera sa terre pour détecter les sels, la douceur ou l'acidité du sol. Ibn Al Awan on l'a déjà vu, mettait du sol dans l'eau de pluie, agitait et buvait. Cette technique ancienne reste toujours valable sur le terrain. Même l'ouïe peut servir à entendre la vie du sol. Chaque profil sera alors une prise de connaissance avec une parcelle cultivée qu'il s'était contenté, jusqu'alors, de regarder du haut de son tracteur.

C'est un peu comme lorsque l'on se lie d'amitié avec une personne que l'on croisait chaque jour et que l'on avait toujours ignorée. En connaissant le sol de ses parcelles, l'agriculteur changera son attitude. Ce ne sera plus alors l'indice des prix du marché ou le montant des subventions qui lui dicteront le choix des espèces à cultiver mais le souci de chercher les rotations et les espèces qui entreront en équilibre et même en symbiose avec ses sols. De plus, ce ne seront pas seulement les exigences des plantes cultivées, mais aussi tous ces renseignements pédologiques qui le guideront dans le choix de ses amendements (**marnage***, **chaulage***, compostage) et de ses engrais (engrais verts, engrais organiques stables ou rapidement minéralisables, plantes de couvertures, etc.).

Il nous semble aussi très important d'insister sur le fait que sentir et prendre conscience de la dynamique du sol nous permet de comprendre que toute action humaine a une conséquence, positive ou négative, sur l'évolution d'un sol. Pour l'agriculteur, gérer son sol est comme élever un enfant ; il peut l'aider à se développer ou, au contraire, le bloquer dans sa maturation et le faire entrer rapidement dans une voie de désertification. Par cet exemple, nous découvrons la valeur de cette vieille expression : « Cultiver en bon père de famille », que l'on retrouvait dans les baux de fermage. L'agriculteur de demain ne se contentera pas d'être attentif à l'alimentation de ses plantes ; il devra aussi connaître son sol pour participer à son amélioration et à sa maturation. C'est évidemment un changement radical d'attitude que nous proposons dans cette approche agrologique de l'agriculture. Mais cette approche nous paraît indispensable pour garantir, dans l'avenir, la fertilité de nos sols. L'agrologie n'exploite pas le sol, elle le gère et l'améliore, elle est durable. On rejoint ici l'attitude millénaire de l'agriculteur chinois qui ne parle pas de fertilité des sols, mais de quantité de travail à développer sur un sol pour le rendre productif. Pour un Chinois, il n'y a pas des sols riches et des sols pauvres, il y a des sols qui demandent plus ou moins de travail pour être cultivés. En termes agrologiques, nous dirions que cette masse de travail est liée à la quantité d'interventions pour amender un sol, c'est-à-dire pour l'aider, dans sa pédogenèse ou dans sa restauration, à devenir un sol mûr, aux horizons bien équilibrés, capable d'héberger une récolte abondante et en bonne santé. Ainsi, un sol très jeune, aux argiles peu évoluées et à la matière organique peu transformée, sera aidé par des apports d'un

* Les mots suivis d'une astérisque sont expliqués dans le glossaire en fin d'ouvrage.

complexe argilo-humique stable qui démarrera, en surface, le processus de pédogenèse. Un sol calcaire ou une **rendzine***, dont la matière organique est fossilisée, sera aidé dans sa maturation par l'emploi d'engrais verts qui, en stimulant la vie microbienne, aideront à l'attaque de la couche de calcite enrobant et bloquant le complexe argilo-humique. De même, un sol tropical, en voie de **latéritisation***, sera aidé par l'apport d'argiles, à grande **surface interne***, de matières organiques très évoluées, de calcium (disparu du profil de ces sols dégradés) et de couvertures végétales. L'Afrique tropicale et équatoriale pourrait se sauver de la famine avec ces techniques, aussi anciennes que simples, que sont le marnage et le compostage et les couvertures végétales permanentes des sols. Pour illustrer le rôle fondamental joué par l'agriculture sur l'évolution des sols cultivés, nous prendrons des exemples en Europe et en Afrique. Nous regarderons le résultat, sur les sols, de différentes actions humaines : remembrement, séparation géographique de l'élevage et des cultures, et labours profonds pour l'Europe ; le défrichement et la divagation du bétail pour l'Afrique.

Le remembrement est une bonne illustration d'une pratique dont le but de départ était louable : lutter contre le morcellement excessif du terroir, et dont l'application a été faite sans discernement et sans tenir compte de la diversité des sols. Le même maillage, c'est-à-dire la même dimension de champs entourés de haies, a été utilisé pour des sols argileux résistants à l'érosion éolienne et hydrique, et pour des sols sableux ou limoneux très sensibles aux vents et à la pluie. Ce même maillage a été utilisé dans les zones de colline ou les zones de plaine, dans les zones exposées aux embruns marins et dans les zones battues par les vents. Or, la dimension du maillage aurait dû être définie en fonction des cartes géologiques, topographiques et climatiques et non pas uniquement selon des critères économiques de taille de parcelle. Ce n'est pas seulement le paysage de l'Europe qui aurait été gagnant, mais aussi la fertilité de ses sols agricoles. Cette approche pluridisciplinaire du remembrement se met doucement en place et mériterait d'être encouragée, afin de réparer les nombreux dégâts commis.

La séparation dans l'espace de l'élevage et de la culture s'est faite naturellement, suivant des contraintes économiques, puis a été encouragée selon des critères économiques, mais non pédologiques. L'élevage a été repoussé dans les montagnes sur des sols plus pauvres et plus difficilement mécanisables. Or, sous les climats froids montagnards, la matière

organique évolue lentement, et tout apport excessif de litière déplace la dynamique des sols vers la formation de tourbières, c'est-à-dire de sols stériles. La seule façon de faciliter l'évolution de ces sols est de les aérer régulièrement afin que le soleil, les pénétrant, y favorise, par sa chaleur, la multiplication des microbes qui transforment et minéralisent cette matière organique. En maintenant ces sols sous herbage permanent, on ralentit l'évolution de cette matière, et comme on déverse sur ces prairies les fumiers des étables, on engorge davantage ces sols. On peut dire qu'à l'heure actuelle, si les régions d'altitude en Europe ne redémarrent pas leurs cultures, elles iront, à plus ou moins long terme, vers des tourbières sur lesquelles ne poussent plus que les carex, les sphaignes et les bouleaux nains. Les régions d'Europe qui souffrent le plus de l'excès d'élevage sont les zones côtières, la Galicie, la Bretagne, la Hollande, le Danemark. Comme la PAC a baissé culotte devant les États-Unis, elle a renoncé à cultiver les plantes protéagineuses nécessaires à l'alimentation des bêtes et elle s'est engagée à importer par bateaux les tourteaux de soja américains. La CEE dépend à 77 % de l'Amérique pour l'alimentation de ses animaux d'où l'idée de mettre les élevages industriels près des ports où arrivent les navires chargés de soja. Dans ces zones l'entassement des porcs et des volailles est tellement démesuré que ces régions puent la « merde » et que leurs habitants sont obligés d'acheter de l'eau minérale en bouteille, tant la pollution des nappes est préoccupante. En Bretagne ou en Galicie, il y a plus de porcs que d'habitants et comme un porc produit autant d'excréments que trois habitants, ces régions sont les plus polluées et les plus nauséuses d'Europe.

À l'inverse, la culture sans élevage a été développée sur les sols plus fertiles des plaines où le climat a tendance à faire évoluer plus vite la matière organique et où les sols ont donc besoin d'apports réguliers de fumiers compostés. L'absence de bétail, dans ces zones, a rendu impossible la restitution de cette litière, et les sols céréaliers européens sont en voie de désertification insidieuse. Le labour est un autre exemple des inconvénients d'une technique qui ne respecte pas l'équilibre des sols. Avant l'agriculture sédentarisée, l'homme pratiquait l'agriculture sur brûlis. Celle-ci consistait à semer les graines dans des trous faits avec des bâtons à fouir et de reboucher avec l'orteil. Tant que les mauvaises herbes n'envahissent pas trop les brûlis, les semis se poursuivent puis au bout de trois à six ans l'invasion des mauvaises herbes force les agriculteurs à brûler une autre forêt. Lorsque l'humanité, suite à l'apparition des villes, a créé l'agriculture sédentarisée, il a fallu trouver un moyen

de lutte contre les adventices qui concurrençaient les plantes cultivées. Les hommes ont inventé la lutte mécanique, à l'araire d'abord puis avec le labour. Avec l'évolution technique, le labour s'est approfondi à un niveau tel que la matière organique ne peut plus se transformer en humus à l'intérieur des profonds sillons. En effet, la lignine, qui est la substance produisant le plus d'humus, n'est attaquée que par les champignons, or ceux-ci sont tous aérobies. Enfouie en profondeur, la paille ne peut plus s'humifier et se minéralise. On arrive ainsi à ce résultat absurde que l'agriculture moderne a triplé la production de paille par hectare (on produisait deux tonnes de paille par hectare en 1900 et on en produit six tonnes actuellement) et a divisé par trois la teneur en matière organique des sols.

Il faut donc abandonner le labour qui détruit la matière organique et expose les sols à l'érosion et le remplacer par le semis direct sous couvert. Cette technique, qui couvre maintenant 90 millions d'hectares dans le monde, consiste à moissonner les céréales en laissant les pailles entières et debout et à semer derrière la moissonneuse-batteuse une culture intercalaire à l'aide d'un semoir à disques qui fend la terre, y dépose la graine et referme la fente. Cette plante est choisie pour sa croissance rapide au niveau racinaire (plus de 3 cm/jour) et au niveau aérien. Elle permet d'étouffer les mauvaises herbes, de protéger le sol du soleil d'été, de servir d'abris à la faune et de remonter en surface les engrais lessivés. À l'automne, on écrase cette plante intercalaire à l'aide d'un rouleau cranté et on sème, en direct, la céréale d'hiver. Ainsi, le blé pousse sur un sol propre, couvert par un mulch et ne nécessitera aucun herbicide pendant sa croissance car la terre n'ayant pas été remuée, les mauvaises herbes ne peuvent y germer. Plus le climat est chaud et humide plus on choisit une plante intercalaire puissante. Ces plantes dépasseront deux mètres de haut aux tropiques et atteindront 50 cm chez nous. Il aura fallu 6 000 ans pour que les agriculteurs inventent une technique de culture protectrice des sols. Il est d'ailleurs intéressant d'observer que c'est dans les pays de Cairns, où l'agriculture n'est plus subventionnée, que cette technique du semis direct se répand le plus rapidement. En Europe ou aux USA, les agriculteurs endormis par les subventions restent encore très attachés au labour. Le semis direct sous couvert est pourtant la plus grande invention agricole depuis que l'homme cultive la terre. Grâce à cette technique, l'agriculture polluante et dégradante des sols



Exemples de semis direct dans des cultures intercalaires en France.



La plante intercalaire couchée par le semoir forme un mulch, qui évite la germination des mauvaises herbes.

n'est plus une fatalité. Il devient enfin possible de cultiver les sols en respectant leur fonctionnement et leur biologie.

Le défrichement à blanc des grandes forêts tropicales est un autre exemple d'erreurs commises ces dernières années dans le développement agricole. En effet, les sols tropicaux sont fragiles, car leur teneur en humus est faible, du fait des températures élevées qui favorisent l'activité microbienne minéralisatrice, et leurs argiles néoformées sont souvent de mauvaise qualité (faible surface interne). Leur complexe argilo-humique est donc peu abondant et fragile. L'exposition brutale de ces sols, aux rayons du soleil et aux violences des pluies tropicales, les conduit rapidement à la désertification par le processus de latéritisation. Alors que les zones tempérées ont pu facilement passer de la forêt au pays de bocage, les zones tropicales et équatoriales ne peuvent résister à une déforestation que dans le cas des rizières inondées ou des semis directs sous plantes de couvertures. Dans ces pays, il faut conserver au moins 30 % du couvert forestier et pratiquer la polyculture-élevage. On se heurte alors au deuxième drame des tropiques : la divagation du bétail. Pour sauver ces pays, il faut créer un bocage, avec des pâturages en rotation avec des cultures, et utiliser le fumier des bêtes pour favoriser la pédogenèse de ces sols. Il faut conserver la structure des forêts galeries le long des rivières et garder un minimum de couvert forestier. L'Europe a arrêté ses famines en développant l'équilibre agro-sylvo-pastoral, système agricole où les bêtes fournissent le fumier pour les céréales et où les arbres bloquent l'érosion dans les points fragiles du paysage. Il en sera de même pour les zones tropicales et équatoriales dont on peut dire que la forêt sera le tampon écologique, tandis que labourages et pâturages en seront les mamelles.

Nous voudrions conclure ce chapitre sur le sol en signalant une menace qui pèse sur leur avenir en Europe. Nous voulons parler de la mise en jachère de millions d'hectares dans la CEE. N'oublions pas qu'un sol cultivé est comme un animal domestique : il ne peut plus vivre, c'est-à-dire évoluer favorablement, tout seul ; son équilibre est devenu dépendant de l'homme. Et, de même que les animaux domestiques, abandonnés avant les grandes vacances, meurent de faim, de même ces sols abandonnés seront la proie de l'érosion et du lessivage. En effet, ayant perdu leur horizon organique de surface du fait du labour, ils ne pourront pas accueillir tout de suite la végétation naturelle avec

laquelle ils sont en équilibre et qui, dans nos régions, est très souvent la forêt. Cultiver un sol est un acte aussi important que de faire un enfant, car c'est une prise de responsabilité. En cultivant le sol, l'homme en devient, en quelque sorte, le co-créateur. S'il en respecte l'équilibre, il peut l'orienter vers un enrichissement ; si, au contraire, il le brutalise, il le poussera vers l'érosion et l'appauvrissement. Abandonner des sols à la jachère pour mieux intensifier les autres sols, déjà très fatigués, ne nous semble pas un choix très sage. La mise en jachère n'est pas une mise en réserve des sols, comme pourrait l'être une plantation de forêt de feuillus ; elle en est la destruction comme l'est la plantation de résineux qui provoque la podzolisation des sols. Plutôt que d'abandonner nos sols, il nous paraît à la fois plus judicieux et plus moral d'aider les agriculteurs à les cultiver en bons pères de famille, c'est-à-dire en baissant les rendements. Nos sols sont en péril, et notre survie dépend d'eux. Si nous voulons assurer un avenir pour nos enfants, il faut arrêter d'exploiter les sols et apprendre à les gérer raisonnablement en tenant compte des connaissances que nous avons accumulées sur leur dynamique et leur équilibre. Il est temps d'assumer pleinement notre responsabilité de peuples agricoles et de permettre aux cultivateurs de demain de suivre cet adage : « Connais ton sol et cultive-le en conséquence. »



CHAPITRE 2

Le sol,

milieu vivant

« Personne ne doutera encore que les vers ne jouent un rôle important dans la nature. »

CHARLES DARWIN, 1882.

Lorsque l'on veut parler des organismes vivants du sol, on ne peut pas s'empêcher de penser à Darwin ⁽³³⁾ qui, dans son ouvrage sur les vers de terre, montre que l'étude de ces animaux apparemment répugnants est fondamentale pour comprendre la naissance d'un sol. Il conclut son ouvrage par cette observation remarquable : « La charrue est une des inventions les plus anciennes et les plus précieuses de l'homme, mais longtemps avant qu'elle existe, le sol était de fait labouré régulièrement par les vers de terre et il ne cessera jamais de l'être encore. Il est permis de douter qu'il y ait beaucoup d'autres animaux qui aient joué dans l'histoire du globe un rôle aussi important que ces créatures d'une organisation si inférieure. » Si nous savons maintenant que la charrue est néfaste pour les sols, nous continuons de reconnaître la justesse des vues de ce grand naturaliste. En effet, le sol est un biotope extraordinaire pour de nombreux organismes, qu'il abrite et qui le forment. En bon état, un sol contient jusqu'à un milliard de micro-organismes par gramme et une à quatre tonnes de vers de terre par hectare.

Malgré son aspect apparemment revêche pour l'épanouissement de la vie, le sol héberge le gros de la biomasse vivante de la planète. Ce grouillement d'organismes que nous piétons tous les jours est un peu comme le bouillon primordial d'où est partie la vie ; il est à la base de tous les processus biologiques. C'est là, en contact étroit avec les particules d'argile, que les micro-organismes font entrer la terre, la *materia prima*, dans le cycle vivant. Ce monde invisible, discret, joue un rôle fondamental pour le bon déroulement de la vie sur Terre. Pour pouvoir entrer dans cette alchimie vivante, il nous faut d'abord en connaître les auteurs et savoir quelles sont leurs actions réciproques au sein du biotope sol. Puis nous verrons comment les micro-organismes réalisent, grâce à leur infailibilité biochimique, leur rôle d'interface entre le monde minéral et le monde vivant. Il nous sera alors possible de comprendre comment l'homme peut intervenir dans ce processus du sol en dirigeant cette fermentation qu'est le compost ou en utilisant la technique du BRF.

• Les organismes vivants du sol

Peu de personnes connaissent ou imaginent la richesse biologique des sols et, à part les taupes et les vers de terre, la plupart des hommes ignorent tout des habitants du sol. Pourtant, ils sont bien plus nombreux que ceux vivant à la surface. Cependant, leur vie et leur travail sont ceux de l'ombre, de la nuit, et les hommes préfèrent la lumière, ce qu'ils voient. Rares sont ceux qui aiment observer leur femme enceinte ; ils ont peur du mystère de la gestation, car ils ne voient rien, ils se sentent exclus de cette aventure. Ils ne se considèrent devenir pères qu'au moment de la naissance de leur enfant, lorsque celui-ci va entrer dans leur champ visuel, perceptible, et que leur femme aura repris son tour de taille normal. Il en est de même pour le sol. Peu d'agronomes s'intéressent aux micro-organismes et à leurs infinies réactions biochimiques qui permettent l'incorporation de la matière terre dans le monde vivant, car cette vie a lieu dans cet endroit mystérieux : le sol. Ils préfèrent s'intéresser aux récoltes, au bétail, qui se voient, se palpent, se pèsent et dont ils augmentent le rendement et la productivité sans se préoccuper de ces organismes discrets du sol qui sont à la base de tout.

La connaissance que nous avons du sol peut se comparer à celles que nous avons des océans avant l'invention des bathyscaphes et des

scaphandres : un monde liquide, noir, rempli de bateaux coulés. Et maintenant les images des océanographes nous montrent un monde multicolore d'une infinie biodiversité.

En vous faisant entrer dans ce monde des habitants du sol, nous allons essayer de vous les faire connaître et de vous les faire aimer. Pour cela, nous décrirons d'abord les plus gros, que l'on appelle les macro-organismes, puis nous verrons les plus petits, les plus nombreux : les micro-organismes.

Ils appartiennent aux deux règnes : végétal et animal. Les macro-organismes végétaux du sol sont tout simplement les racines des plantes. C'est par elles que nous commencerons.

LES RACINES DES PLANTES

Les racines sont généralement beaucoup plus importantes en volume que les parties aériennes. Elles sont cependant beaucoup moins connues que ces dernières, car elles ne sont guère accessibles à l'observateur, étant donné leur développement dans ce milieu opaque qu'est le sol. Il faut utiliser des cultures artificielles où l'on nourrit les plantes avec des brouillards de solutions nutritives et où les racines se développent dans le vide pour observer la disproportion entre le développement des racines et celui des parties aériennes. Vue dans ces conditions, la plante prend un aspect étrange, avec cette immense chevelure blanche qui pend dans le vide et contraste avec la petite partie aérienne bien verte. Lorsque les plantes sont sur le sol, il est impossible de dégager tout le système racinaire, car le chevelu de racines, qui évolue pourtant dans ce milieu dur et apparemment agressif qu'est le sol, est d'une fragilité extrême. En s'armant de patience, on peut creuser une fosse devant une plante et suivre sans les arracher quelques racines. On est alors surpris de voir qu'un pied de blé, dans un limon profond, peut produire 200 km de racines et un seigle 600 km ⁽³²⁾. Cela représente plus de 4 milliards de kilomètres de racines à l'hectare. Un chêne peut s'enraciner à plus de 140 mètres de profondeur et une luzerne peut envoyer sa racine pivotante à plus de dix mètres de profondeur. Beaucoup d'arbres peuvent faire descendre leurs racines jusqu'à la nappe phréatique. Ce sont les seules plantes qui mettent en relation l'eau du ciel et l'eau des nappes souterraines. Lorsque l'on sait cela, on n'est plus étonné de voir des arbres bien verts en plein désert. C'était sûrement le cas de l'arbre du Ténéré qui

impressionnait les voyageurs lors de la traversée du Sahara. Cependant, si les racines fournisseuses d'eau pour les plantes peuvent s'enfoncer très profondément, leur masse reste réduite par rapport au chevelu nutritif qui, lui, se développe dans cet horizon B, où se mélangent humus et argile – un pied de blé par exemple produit 5 000 km de poils absorbants (32). Dans ce milieu, le chevelu racinaire peut absorber les éléments nutritifs solubilisés par les micro-organismes. En échange, il sécrète des exsudats racinaires, riches en carbone, qui nourrissent certains microbes du sol. De plus, à la mort de la plante, le chevelu racinaire se décomposera et fournira à nouveau de la matière organique. Les galeries formées par le passage des racines serviront ensuite à l'écoulement de l'eau et à la circulation des gaz. Ainsi, la racine agit un peu comme le capitaliste de la théorie d'Adam Smith : en s'enrichissant sur le sol, elle enrichit celui-ci. Il est facile pour tout un chacun d'observer ce rôle améliorateur du sol exercé par les racines en arrachant une touffe d'herbe au bord d'un champ. On constate la présence autour des racines d'une terre grumeleuse ayant l'aspect, mais non la couleur, de la semoule de couscous cuite. Cette terre légère, bien aérée, tombant en fines boulettes quand l'on secoue la touffe d'herbe, contraste avec la terre lisse et lourde de la partie nue du champ. On voit alors que les racines, en s'infiltrant partout, ont éclaté la structure compacte du sol et en sécrétant les exsudats ont permis au monde microbien de se développer autour de ces petits agrégats du sol. Cette observation directe nous fait comprendre pourquoi il n'est pas bon de laisser une terre à nu. Dans les cultures modernes, où l'on brûle la paille des céréales, les racines restent les dernières sources de matière organique pour un sol. Dans un champ de blé, le sol contient deux à six tonnes de racines, qui laisseront deux cents à six cents kilos d'humus après leur décomposition ; c'est un peu grâce à elles que nos sols agricoles ne sont pas d'ores et déjà biologiquement morts.

LA MACROFAUNE ET LA MÉSOFAUNE

Il s'agit de tous les animaux visibles du sol, qui appartiennent à quatre groupes d'animaux extrêmement différents : les mammifères, les arthropodes, les mollusques et les vers de terre. Les mammifères du sol sont soit des rongeurs, comme les campagnols ou les mulots, soit des insectivores comme les taupes. Les rongeurs n'ont qu'un seul rôle : celui de creuser d'immenses réseaux de galeries où ils s'abritent et se reproduisent et qui permettent à l'air et à l'eau de pénétrer massivement le sol. Les rongeurs subissent souvent des fluctuations de population et connaissent

des pullulations parfois intempestives. Des études ont cependant montré qu'une prolifération de campagnols pouvait détruire 30 % de la production d'une prairie, mais que l'année suivante, du fait de l'aération du sol, la prairie produisait 30 % de foin en plus. Étonnant équilibre de la nature où tout fluctue. La grande fertilité des sols du Middle West américain tient d'ailleurs aux travaux de foussement millénaires des chiens de prairie qui ont conféré aux sols une aération exceptionnelle.

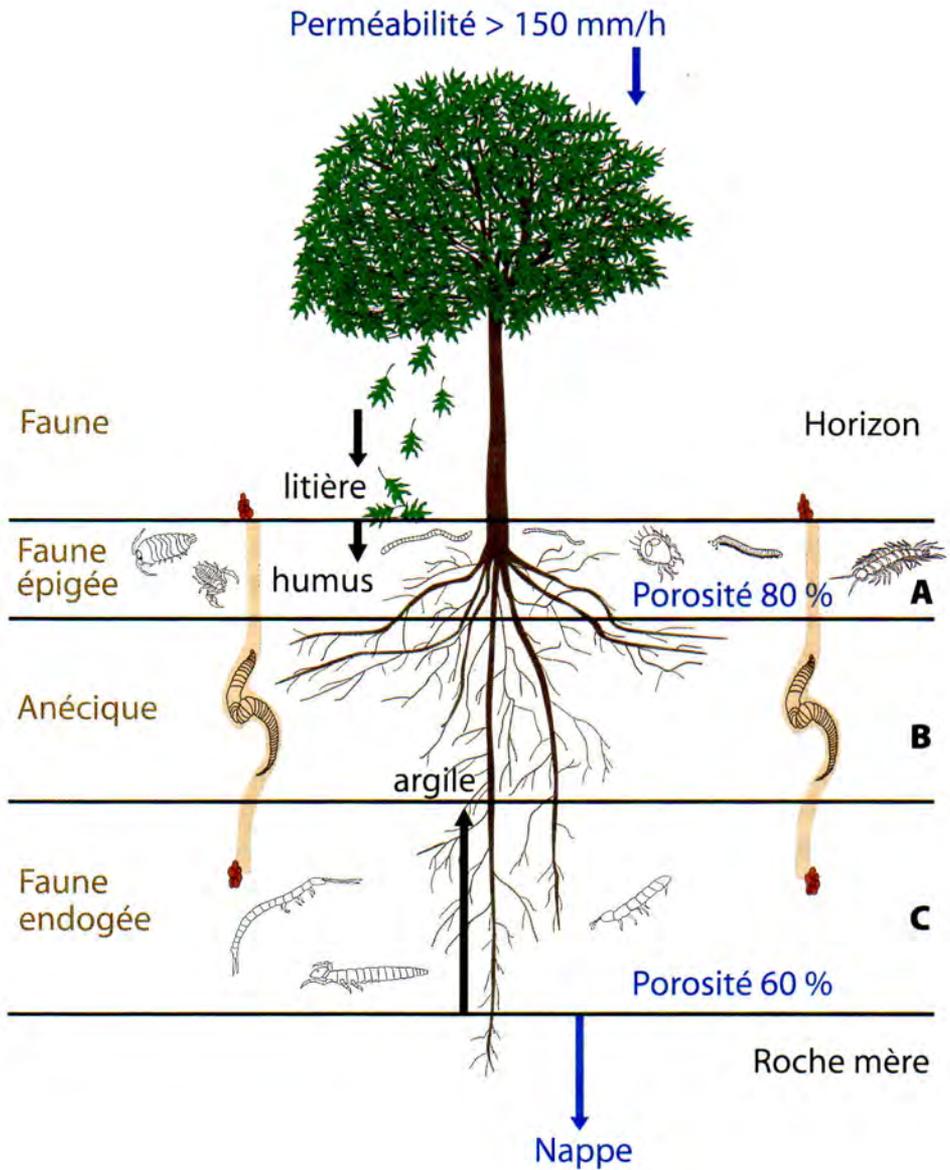
Le rôle des taupes est triple. Par les taupinières qu'elles forment, elles assurent une remontée du sol profond et donc un bon mélange des horizons, n'en déplaise aux tondeurs de gazon qui les tuent et sont ensuite obligés de traiter contre la mousse qui se développe sur les sols non remués. Par leurs nombreuses galeries (une taupe peut en creuser près de cent mètres par nuit), elles assurent une bonne aération du sol. Par leur goût pour les vers blancs, les courtilières et les vers de terre, on peut les assimiler à des carnassiers souterrains, dont les chasses, moins spectaculaires que celles des lions et des guépards, n'en sont pas moins très efficaces, puisqu'une taupe sent un ver blanc à vingt centimètres de distance à travers le sol. Leurs rôles semblent importants sur Terre, puisqu'elles existent en Australie, où vit une taupe marsupiale dont la poche est dirigée vers l'arrière, afin d'éviter que la terre ne s'y accumule lors de l'avancement de la femelle dans les galeries. L'adaptation des taupes à la vie souterraine est un chef-d'œuvre de la nature. En effet, leur fourrure ne peut pas être mise à rebrousse-poil, ce qui permet à l'animal d'avancer et de reculer dans les galeries. Les yeux atrophiés et protégés par les poils ne craignent pas la terre, et leurs membres antérieurs sont merveilleusement adaptés pour fouir.

Comme on le voit sur le schéma n° 4 (page suivante), les invertébrés du sol appartiennent à tous les groupes : crustacés (cloportes), arachnides (araignées et acariens), myriapodes (mille-pattes et iules), insectes, collemboles, protoures, thysanoures, mollusques, vers et nématodes.

Leurs populations se répartissent en trois grands groupes : les épigés qui vivent dans l'horizon organique de surface, les endogés qui mangent les racines en profondeur et les anéciques qui circulent verticalement de la profondeur vers la surface. Voyons le rôle fondamental de chacune de ces populations.

Les épigés se nourrissent de la litière de surface. Ils la broient et produisent des boulettes fécales qui seront attaquées par les microbes et transformées en humus. Chaque famille épigée attaque des parties précises de la litière. Les collemboles attaquent les feuilles dans leurs parties

SCHÉMA 4 – LA FAUNE DES SOLS FORESTIERS



LES COLLEMOLES



Entomobrya muscorum (x20)



Orchesella villosa (x10)



Neanura muscorum (x63)



Dicyrtoma saundersi (x35)



Orchesella cincta (x12)



Isotomurus palustris (x20)

LES ACARIENS



Bdellidae (x32)



Actinedida (x15)



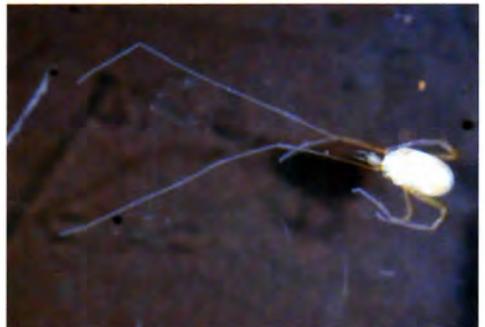
Permargasus (x63)



Permargasus (x20)



Oribate (x20)



Linopodes (x15)

DIVERS INSECTES, FAUNE ÉPIGÉE



Cloporte (x5)



Araignée (x15)



Chelifer cancroïdes (x20)



Punaise (x5)



Thysanoure (x10)



Diploure (x20)

LES MYRIAPODES-DIPLOPODES



Ch Scolopendromorphes (x8)



Polyxenus lagurus (x20)



Jeune Polyxenus lagurus (x20)



Geophilus ferrugineus (x5)



Diplopede (x15)



Diplopede (x12,5)



Punaise (x10)



Coccinelle (x12)



Papillon (x8)



Fannia (x10)

LES LARVES



Enchytréide



Vers en diapose

LES VERS



Aplotaxis



Allolobophora (x1)

tendres entre les nervures. Ce sont eux qui forment ces feuilles en dentelles que nous voyons dans les sous-bois. Les acariens attaquent les nervures des feuilles. Enfin, les cloportes et les iules, aux mandibules puissantes, attaquent le bois des rameaux. Les nématodes et les petits vers épigés mangeront des fractions plus fines ainsi que les excréments des autres espèces. Cette faune épigée fuit le soleil et travaille à l'abri de la dernière couche de feuilles. Elle est fortement détruite par les labours qui l'exposent au soleil. En circulant à la surface du sol, cette faune crée de nombreuses galeries qui confèrent à la peau du sol, cette couche qui subit les chocs du gel et de la pluie, une très forte porosité. Il y a 80 % de vide à la surface du sol. Ceci va conférer au sol une très forte perméabilité qui atteint 150 mm/heure en forêt de feuillus tempérée et 300 mm/heure au sol de forêts tropicales. Grâce à cette perméabilité, le sol de forêt peut absorber tous les orages sans érosion. Un limon labouré, qui devient battant, voit sa perméabilité tomber à 1 mm d'eau/heure. Cela explique pourquoi notre époque est touchée par les inondations alors que la pluviométrie n'augmente pas. En tuant la faune épigée par nos labours, nos engrais et nos pesticides, nous avons créé le siècle des inondations, des glissements de terrain et nous essayons de fuir nos responsabilités en rejetant toute la faute sur la pluie !

La faune endogée, elle, se nourrit presque exclusivement de racines mortes. Elle comprend les mêmes groupes que la faune épigée : thysanoures, collembolles, acariens, myriapodes, vers, plus un groupe qui lui est propre : les protozoaires. Les espèces sont par contre plus petites, souvent de couleur blanche et plus allongées afin de suivre les réseaux des racines les plus fines. Grâce à elles, les racines mortes ne s'accumulent pas dans le sol et laissent la place à l'eau, à l'air et aux nouvelles racines. Cette faune assure une porosité de 60 % au sol de profondeur, ce qui permet la respiration des racines.

Enfin, la troisième faune, l'anécique, est connue de tous. Ce sont les grands vers de terre, les lombrics qui vivent dans des terriers verticaux. Ils sont nocturnes ; toutes les nuits, ils remontent chercher de la litière. Ils font demi-tour, vident leur intestin à l'extérieur de la galerie pour former les turricules et replongent en profondeur. Ce sont eux qui brassent continuellement le sol de profondeur riche en argile, avec le sol de surface riche en humus. On a montré que c'est dans leur intestin que se forme le complexe argilo-humique. Leur poids atteint une à quatre tonnes/ha selon le type de végétation et ils mangent leur poids de terre par jour. Cela fait 300 à 1 000 tonnes de terre par hectare qui passent chaque année dans leur tube digestif, soit trois à dix centimètres de terre.

Ce sont eux qui enterrent les restes archéologiques. Et Darwin, dans son célèbre livre ⁽³³⁾, les considère comme les animaux les plus importants du monde tant par leur poids qui égale celui des autres espèces réunies, que par leur rôle fondamental dans la constitution des sols. Darwin proposait même de mesurer l'épaisseur de la couche de terre déposée par les vers pour dater les restes archéologiques. Ce sont eux qui font disparaître lentement les pas japonais sous nos gazons. Certaines espèces dépassent 3 mètres de long et font des turricules qui pèsent plus de 80 grammes. Aux tropiques, leur rôle est remplacé par les termites dont les boulettes fécales, très résistantes au climat, créent l'étonnante perméabilité des sols argileux tropicaux.

Cette perméabilité est d'autant plus étonnante que la majorité des sols tropicaux sont des latosols c'est-à-dire des sols contenant plus de 70 % d'argile et ces argiles sont des kaolinites réputées pour leur mauvaise structure. Or ces sols argileux, lorsqu'on les observe sous forêt, ressemblent à des sables. Les pédologues les appellent d'ailleurs des pseudo-sables car ils ne savent pas expliquer pourquoi ces argiles sont en boulettes bien aérées. En fait, les pédologues n'ont jamais regardé les boulettes fécales des termites, s'ils l'avaient fait ils auraient constaté que ces boulettes fécales étaient de la même taille et de la même forme que les pseudo-sables des latosols. En fait, ces sols tropicaux sous forêts sont constitués de plusieurs mètres d'accumulation, au cours des siècles, de boulettes fécales de termites qui ont gardé leur structure résistante au climat. Dans ces sols argileux structurés par les termites la perméabilité atteint 300 mm d'eau par heure en surface et 100 mm d'eau par heure à un mètre de profondeur. Ce sont les sols les mieux aérés du monde et ce sont eux qui reçoivent les plus fortes pluviométries. Ces mêmes sols, déboisés, exposés au soleil, perdent leur population de termites et deviennent durs comme du fer par latéritisation. Plus de 600 millions d'hectares de latosols ont été ainsi ruinés par les mises à nu de ces sols et par leur labour.

On voit ainsi que chaque faune a un rôle très particulier. L'épigée décompose la litière et aère le sol de surface. L'endogée digère les racines mortes et la faune anécique brasse la terre, évitant ainsi le lessivage des éléments.

Pour maintenir la totalité de cette faune dans nos sols agricoles, il faut diminuer les doses et les volumes de pesticides et surtout arrêter les labours et les remplacer par le semis direct. En ne perturbant plus la terre, on limite les adventices, on remonte le taux d'humus et on permet à toute cette faune de reprendre son rôle comme agent de la formation et du maintien de la fertilité des sols.

• Les micro-organismes du sol et les cycles biogéochimiques

Quittons le monde visible, palpable, et descendons dans l'infiniment petit, là où se passe toute l'alchimie de la vie. Le monde microscopique se divise, lui aussi, en animaux et végétaux. Les premiers ayant surtout comme rôle de manger les seconds. Les animaux microscopiques les plus importants du sol sont les amibes, dont il existe cent à trois cents kilos par hectare et qui sont présentes dans le monde entier. Certaines espèces mangent la matière organique et d'autres mangent les bactéries. Cette action carnassière est très utile, car elle permet aux populations microbiennes de rester en bonne santé (si je puis dire), en éliminant les corps microbiens en excès et surtout en libérant des niches écologiques pour d'autres espèces microbiennes. Ainsi, par exemple, lorsqu'un brin de paille tombe au sol, il est d'abord attaqué par les bactéries capables de dégrader la cellulose et qui pullulent sur les fibres cellulosiques de la paille. Puis, les amibes mangent ces bactéries et libèrent les fibres de **lignine***, permettant ainsi aux champignons qui dégradent celles-ci d'intervenir. Sans l'action de ces amibes, les champignons seraient gênés par les bactéries de la cellulose et ne pourraient pas attaquer les fibres de lignine. Les amibes sont donc les régulatrices du monde microbien.

Voyons maintenant quels sont les agents de la microflore du sol. Ils se divisent en quatre groupes : les algues, les champignons, les bactéries filamenteuses ou actinomycètes et les bactéries.

Les algues n'existent qu'en surface du sol, car elles ont besoin de soleil pour leur photosynthèse. Leur activité est limitée pendant les périodes où le sol est humide. Malgré leur faible nombre (cent mille par gramme de sol), elles ont un rôle important comme sources de matière organique et comme fixatrices d'azote en symbiose avec des algues bleues.

Les champignons forment un règne à eux tous seuls, leur importance est telle, dans la fertilité des sols, qu'ils mériteraient un chapitre à eux tous seuls. Ils ne sont pas les plus nombreux des micro-organismes du sol, mais leur poids est très important, du fait de leur grande taille, comparativement aux bactéries. Ainsi, on peut avoir d'une à deux tonnes de champignons par hectare de sol agricole. Ils représentent les deux tiers de la biomasse microbienne du sol. Leurs rôles sont variés ;

ils ont une action mécanique sur la structure du sol en enlaçant les particules du sol dans les mailles très fines du **mycélium***. Leur action est un peu comparable à celle de ces gros grillages qui retiennent les galets des torrents au bord des routes de montagne. Ils assurent ce qu'on appelle la stabilité structurale du sol. Mais leur rôle le plus déterminant vient du fait qu'ils sont les seuls organismes sur terre, à part quelques rares bactéries, à être capables de décomposer la lignine des plantes. Or, la lignine est la principale source d'humus dans le sol. Pour effectuer ce travail fondamental, les champignons ont besoin d'un sol bien aéré, car tous les champignons, sauf ceux très particuliers du rumen des bovins, ont besoin d'oxygène pour vivre. On dit qu'ils sont aérobies. C'est la raison pour laquelle la végétation des marais, qui se décompose en absence d'air au fond de l'eau, donne naissance à la tourbe et non à l'humus. Connaissant cette particularité des champignons, on comprend alors pourquoi les céréaliers brûlent maintenant les pailles après la moisson : c'est que celles-ci, étant couvertes de fongicides (produits de traitement contre les champignons parasites) appliqués sur les cultures, elles ne peuvent plus être décomposées rapidement par les champignons du sol et s'accumulent alors, rendant le travail du sol difficile. Sans les champignons, le cycle de l'humus ne peut se mettre en route, c'est-à-dire que sans eux il n'y a pas de pédogénèse. On comprend alors que leur destruction massive par les fongicides entraîne la mort des sols. Les champignons créent les humus en symbiose avec la faune du sol. Les champignons attaquent la lignine à l'aide des enzymes qu'ils secrètent par leur mycélium. Ce dernier sert d'alimentation à la faune qui mange mycélium et bois dégradé libérant ainsi de nouvelles fibres que les champignons attaquent à nouveau. On peut observer l'efficacité de cette symbiose par la technique du Bois raméal fragmentée (BRF) ⁽³⁹⁾ qui consiste à épandre sur un sol dégradé une couche de broyat de branches de feuillus. Six mois après l'épandage le sol a la même activité biologique qu'un sol de forêt et la population animale a été multipliée par dix. Les champignons sont la grande voie d'entrée du carbone dans le sol puis de son aggradation en humus qui fixera les argiles. Hélas, ce rôle fondamental des champignons dans la pédogénèse et dans le maintien de la fertilité des sols, est totalement ignoré par les agronomes qui ne voient dans les champignons que des organismes pathogènes des plantes. Une autre caractéristique de ces organismes, qu'ils ne partagent qu'avec les actinomycètes, est leur capacité à sécréter des antibiotiques qui leur permettent de résister dans le sol à l'envahissement des bactéries, plus nombreuses et plus prolifiques.

Les actinomycètes sont un peu intermédiaires entre les champignons et les bactéries. De ces premiers, ils ont l'aspect filamenteux et la capacité de sécréter des antibiotiques ; des secondes, ils ont la possibilité d'effectuer de très nombreuses réactions biochimiques. Leur nombre dans le sol est élevé : d'un à cent millions par gramme de terre, et leur poids total est d'environ une tonne par hectare. Ils participent à la formation des humus, en particulier dans les composts où ils font partie des germes thermophiles qui permettent la pasteurisation des déchets et qui préparent, grâce aux antibiotiques qu'ils sécrètent, les niches écologiques pour les champignons. Ils minéralisent aussi la matière organique et participent ainsi à l'alimentation des plantes. Certaines espèces peuvent fixer l'azote atmosphérique en association avec certains arbustes et arbres, comme l'aulne ou l'argousier.

Nous arrivons enfin au dernier groupe des micro-organismes du sol : les bactéries. C'est le groupe le plus varié et le plus nombreux, puisque leur densité peut s'élever de dix millions à un milliard par gramme de sol. Du fait de leur très petite taille, leur poids reste inférieur à une tonne par hectare de sol. Ce qui donne aux bactéries une place si importante dans le sol, c'est leur extraordinaire variabilité biochimique qui leur permet de transformer toutes les substances du sol et de les faire entrer dans le monde vivant. Nous développerons bientôt cet aspect fascinant du rôle des bactéries du sol.

De ce rapide panorama des organismes vivants du sol, retenons surtout qu'ils sont divisés en deux groupes principaux. Les gros, qui brassent, aèrent, malaxent le sol pour en faire ce milieu capable d'héberger la vie, et les infiniment petits qui, à l'échelon moléculaire, font entrer dans le monde des vivants les éléments inertes contenus dans la fraction minérale et organique des sols. On pourrait comparer le sol à une pâte à pain qui a besoin d'être brassée, aérée, malaxée par les mains du boulanger pour pouvoir ensuite permettre l'action des levures qui la feront gonfler, changeront son goût et permettront de la transformer en pain. Le sol pourrait être aussi comparé à cet autre aliment symbolique qu'est le vin, puisque les raisins ont besoin d'être foulés pour subir l'action des ferments qui transformeront le jus de raisin en cette boisson divine. Le sol est le lieu de la grande fermentation vivante ; c'est pourquoi une agriculture purement chimique ne peut pas assurer la pérennité des sols agricoles et l'alimentation équilibrée des plantes.

LE RÔLE DES MICRO-ORGANISMES DU SOL COMME INTERFACE ENTRE LE MONDE MINÉRAL ET LES ÊTRES VIVANTS

Nous venons de voir comment les micro-organismes du sol préparaient celui-ci pour héberger les micro-organismes, véritables agents de l'entrée de la matière terre dans le monde vivant. Pour bien comprendre cette transformation extraordinaire des éléments inertes du sol en organismes vivants, il faut savoir que la vie est issue de la fusion, si l'on peut dire, entre l'énergie et la matière. On pourrait, en quelque sorte, écrire l'équation suivante : vie = énergie x matière. Nous disons en quelque sorte, car nous n'avons pas l'intention d'entrer dans une querelle byzantine sur l'énergie et la matière.

Les physiciens considèrent qu'énergie et matière sont équivalentes ; nous leur laissons la responsabilité de leur affirmation. Notre approche est ici biologique et les biologistes se gardent bien d'affirmer quoi que ce soit sur l'énergie et la matière dans le monde vivant. Ils constatent simplement que la vie a besoin d'énergie et de matière terrestre. Nous nous intéresserons donc aux énergies permettant cette étonnante alchimie de la matière qu'est la vie.

Or, sur notre terre, elles sont de deux types : l'énergie du soleil, qui nous parvient sous forme de rayonnement, et l'énergie chimique contenue dans l'écorce terrestre sous forme de substances minérales comme : hydrogène sulfureux (H_2S), sulfate (SO_4), nitrate (NO_3), etc. La matière du sol qui entre dans le monde vivant peut, elle aussi, être divisée en deux grands types : la matière minérale qui existe sous forme d'argile, de liquide ou de gaz, et la matière organique qui provient de la litière.

Le tableau n° 1 nous montre le type d'organismes capables de réaliser cette fusion énergie x matière. Quels sont les organismes capables de fusionner l'énergie du soleil avec la matière minérale de la terre ? Les bactéries photosynthétiques et les plantes vertes. Nous appellerons ces organismes du nom savant de photolithotrophes, qui signifie : ceux qui mangent (*trophe* en grec signifie la nourriture) la lumière (*photos* en grec) et la pierre (*lithos* en grec).

Quels sont les organismes capables de fusionner l'énergie du soleil avec la matière organique de la terre ? Les bactéries pourpres. Nous les appellerons des photo-organotrophes, c'est-à-dire ceux qui mangent la lumière et la matière organique.

TABLEAU 1 – GRILLE CROISÉE MATIÈRE X ÉNERGIE,
montrant les organismes capables d'utiliser l'énergie du soleil
ou de la terre et la matière minérale ou organique de la terre

| | | MATIÈRE | |
|---------|----------|--|---|
| | | MINÉRALE | ORGANIQUE |
| ÉNERGIE | SOLAIRE | De l'atmosphère : C, O, H <i>Plantes vertes</i> <i>Bactéries photosynthétiques</i> PHOTOLITHOTROPHES | De la litière <i>Bactéries pourpres</i> PHOTO-ORGANOTROPHES |
| | CHIMIQUE | Des roches : N, S, Fe, H ₂ , etc. <i>Uniquement des bactéries :</i> Ex. : sulfo-oxydantes, ferro-oxydantes CHIMIOLITHOTROPHES | De la litière <i>Uniquement des bactéries :</i> Ex. : dénitrifiantes CHIMIO-ORGANOTROPHES |

Quels sont les organismes capables de fusionner l'énergie chimique de la terre avec la matière minérale de cette terre ? Encore des bactéries. Nous les appellerons des chimiolithotrophes, c'est-à-dire celles qui mangent l'énergie chimique et la pierre.

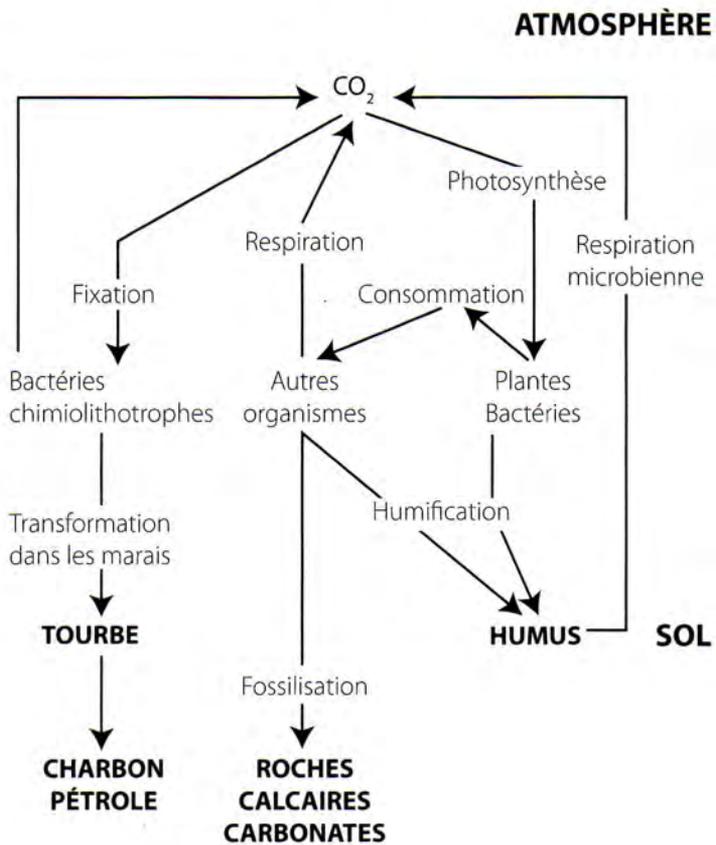
Quels sont les organismes qui peuvent prendre la matière organique du sol et la faire entrer dans le monde vivant grâce à l'énergie chimique de la terre ? Toujours des bactéries, que nous appellerons les chimio-organotrophes.

Ce tableau n° 1 nous fait brusquement réaliser que les plantes vertes et les bactéries sont à la base de la vie et surtout que les bactéries sont présentes dans les quatre parties de ce tableau de la fusion de l'énergie et de la matière. Nous voyons ainsi que, sans bactéries, point de salut, surtout pour les hommes et les animaux qui vivent en parasites sur les quatre grands types d'organismes du tableau n° 1.

Il existe des endroits sur terre où l'on peut constater facilement le rôle fondamental de ces organismes, en particulier dans les fonds abyssaux. L'exploration de la grande faille atlantique à plus de cinq mille mètres de fond a révélé la présence d'oasis de vie comparables à ceux du désert autour d'un puits. Que se passe-t-il dans ces lieux privilégiés où aucun rayon de lumière ne parvient ? Ce sont des zones de failles dans l'écorce terrestre par où s'échappent des substances chimiques riches en énergie qui proviennent de l'écorce terrestre, comme les gaz sulfureux par exemple. Malgré les températures élevées existant près de ces failles, des bactéries chimolithotrophes se développent en fusionnant l'énergie de ces substances chimiques avec la matière du sol des fonds abyssaux. D'autres bactéries chimio-organotrophes utilisent l'énergie chimique et la matière organique provenant des cadavres de ces premières bactéries et toute une vie s'installe avec des mollusques et même des poissons, par formation d'une chaîne alimentaire dont la base repose sur ces extraordinaires bactéries qui arrivent à se développer sous des pressions et des températures extrêmes. À chaque faille, une nouvelle oasis surgit, témoin de cette force de la vie qui, en s'appuyant sur ces bactéries considérées à tort comme primitives, s'accroche dans des endroits aussi incroyables que les rochers glacés de l'Antarctique ou les sources sulfureuses brûlantes des volcans et des fonds abyssaux.

Afin de bien illustrer ces capacités biochimiques quasi illimitées du monde microbien, nous allons décrire les cycles de quelques éléments entrant dans la matière vivante. Ces descriptions sembleront un peu fastidieuses, mais elles permettront d'introduire la notion de fertilisation qui sera développée plus tard, et elles nous feront comprendre l'importance des cycles de la matière du sol, qui passe sans cesse du stade minéral au stade animé. Grâce à eux, la matière ne se perd pas, mais se transforme sans cesse, permettant ainsi la poursuite de la vie sur terre depuis plus de trois milliards d'années.

SCHÉMA 5 – LE CYCLE DU CARBONE



Nous commencerons par le cycle du carbone (schéma n° 5), cet élément fondamental qui constitue près de la moitié des corps vivants. La source de carbone que l'on trouve dans le monde vivant est le gaz carbonique de l'air (CO_2) et celui dissout dans l'eau. Ce gaz est peu abondant, puisqu'il ne représente que 0,03 % de l'atmosphère. Du fait que l'homme brûle les réserves de charbon et de pétrole, sa concentration devrait atteindre 0,05 % au début du siècle prochain. Les voies d'entrée de ce gaz carbonique dans le monde vivant sont : la photosynthèse réalisée par les plantes et les bactéries photosynthétiques et la chimio-lithotrophie bactérienne. Ces réactions aboutissent à la transformation du CO_2 en sucres, qui seront consommés par tous les organismes et retransformés en gaz carbonique par la respiration. Ainsi, photosynthèse et respiration apparaissent comme deux réactions opposées au point de vue du gaz carbonique. Le cycle du carbone se complique lorsque les plantes et les animaux meurent. En effet, leurs cadavres et leurs déchets auront deux devenir : une partie sera respirée par les microbes et redonnera du gaz carbonique ; une autre partie donnera de l'humus qui ne se transformera que très lentement en gaz carbonique sous l'action des microbes du sol. De plus, dans les marais ou au sommet des montagnes, la litière végétale donne naissance à la tourbe, puis au lignite et enfin au charbon qui, sans l'homme qui le brûle, est le puits final des carbones sur terre. Une autre voie, très lente, du cycle du carbone est celle des coraux, des coquillages et des squelettes qui constituent d'énormes réserves de carbonate ne redonnant que très lentement leur carbone par l'action de décarbonatation des micro-organismes, action d'autant plus rapide que le sol est pauvre en calcaire. Ainsi, les paléontologues savent bien qu'en sol acide siliceux, on ne retrouve que les parties riches en silice du corps humain (cheveux), alors qu'en sol calcaire (carbonates de calcium), on retrouve les squelettes et les dents, riches en calcium mais jamais les cheveux. Cet exemple illustre bien le principe de la mobilité biologique des éléments. Les systèmes vivants ont mis au point, au cours de l'évolution, des systèmes très efficaces d'absorption des éléments rares et vitaux. Ainsi, plus un élément, nécessaire à la vie, sera rare dans le sol, plus vite il sera absorbé par les systèmes vivants.

La position des microbes, comme consommateurs de la litière et de l'humus, nous apparaît fondamentale dans ce cycle du carbone, puisque, sans eux, le gaz carbonique de l'atmosphère aurait déjà

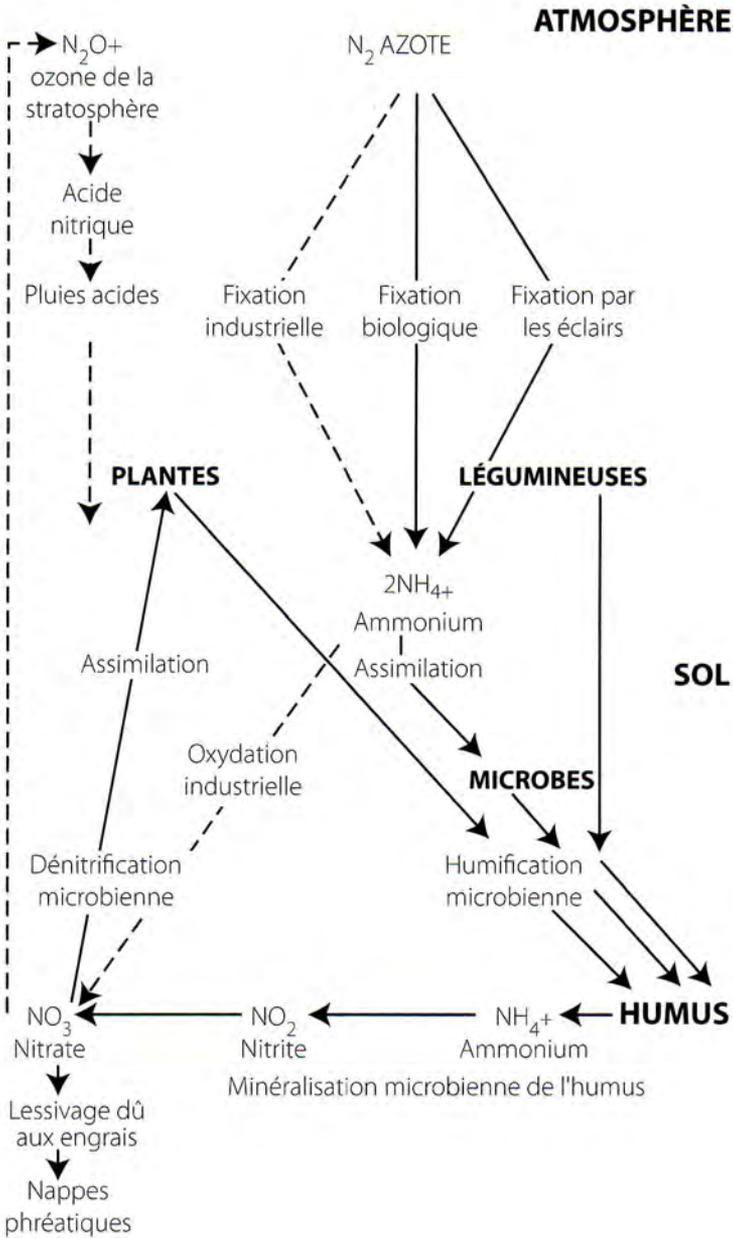
disparu. Il est d'ailleurs fort possible que ces bactéries minéralisatrices d'humus et aérobies soient apparues assez tardivement sur terre, en particulier après le carbonifère. En effet, d'après Oparin (14), les premiers êtres vivants apparus sur terre auraient été des bactéries organotrophes anaérobies qui se seraient développées sur des substances organiques synthétisées, en l'absence de vie, lors de la formation de la terre. Bien que l'on ne connaisse pas ces substances carbonées primitives, il y a tout lieu de penser qu'elles étaient des structures beaucoup plus simples que celles des humus, donc plus facilement attaquables par les bactéries hétérotrophes primitives. Toujours d'après Oparin, les organismes photosynthétiques sont apparus plus tard. D'abord limités aux algues bleues et aux bactéries, ces organismes fixèrent du carbone, mais les quantités d'humus formées furent négligeables, car ces êtres vivants contiennent fort peu de ces substances de base de l'humus que sont la cellulose et la lignine. Lorsque les plantes vertes se développèrent, en particulier au dévonien, d'énormes quantités de cellulose et de lignine furent synthétisées, pendant que l'oxygène continuant d'augmenter dans l'atmosphère permettait l'humification de ces substances par les champignons aérobies. Cependant, les premières plantes qui colonisèrent la terre furent les fougères, les prêles et les gymnospermes (les résineux). Or ces plantes sont toxiques et ne sont pas décomposées par la faune du sol. Il n'y avait pas de vers de terre, ni d'acariens, ni de collemboles dans le sol des grandes forêts de prêles du carbonifère. Cette absence de faune, due à la toxicité de la litière de ces plantes entraînait une très lente décomposition de ces litières. En effet, le rôle de la faune est de broyer les déchets végétaux en éléments très petits attaquables par les microbes. Si ce broyage n'a pas lieu, les microbes mettront des années pour attaquer les gros déchets intacts des plantes. Il faut dix ans aux microbes pour décomposer une aiguille de pin. Il leur suffit d'un an pour décomposer une feuille de chêne car celle-ci, non toxique, a été préalablement broyée par les vers de terre. Ce décalage entre le dépôt des litières et leur décomposition est à l'origine des mines de charbon et des gisements de pétrole. Ce phénomène s'arrêtera brutalement à la fin du Jurassique avec l'apparition des angiospermes c'est-à-dire les feuillus d'abord (dicotylédones) puis les graminées (monocotylédones). En effet, ces plantes ne sont pas toxiques et l'on voit apparaître dans les fossiles du jurassique les vers de terre et la faune du sol. Au lieu de s'accumuler en couches épaisses, la litière des feuillus va se décomposer rapidement en humus qui va se lier aux argiles. Le sol peut alors s'épaissir et

sa fertilité augmenter. Ce grand avantage écologique que représente l'amélioration de la fertilité des sols, va permettre aux feuillus d'éliminer progressivement les fougères et les prêles qui ne vont survivre qu'au stade herbacé et les résineux qui vont se réfugier dans les zones froides des pôles ou des montagnes car leur résine ne gèle pas et leur confère une grande résistance au froid. En s'associant avec les invertébrés du sol, les feuillus vont révolutionner la vie sur terre. Ils accompliront aussi une autre innovation, celle de se faire féconder par les insectes et non par le vent, comme les résineux. En entrant en symbiose avec les animaux les plus nombreux du monde, les invertébrés, les angiospermes vont être à l'origine de la biodiversité actuelle. Nous pensons personnellement que cette apparition des angiospermes à la fin du Jurassique est à l'origine de la disparition des dinosaures. Nous ne croyons guère à cette hypothèse d'une météorite qui aurait glacé la terre pendant des années à -30 °C car cette hypothèse ne permet pas de comprendre la survie des tortues et des crocodiles, apparus pourtant avant les dinosaures. Nous pensons plutôt que la météorite a provoqué une mutation chez les végétaux, par choc thermique ou chimique et que ceux-ci se sont transformés en angiospermes. Or ces végétaux sont fermentescibles contrairement aux fougères, aux prêles et aux gymnospermes que broutaient les grands dinosaures. Or ces animaux avaient développé le sang chaud c'est-à-dire créé dans leur estomac un milieu favorable aux fermentations microbiennes. Mais ils ont probablement conservé le système immunitaire primitif des reptiles à sang chaud contrairement aux oiseaux et aux mammifères qui ont un système immunitaire sophistiqué. Au fur et à mesure que les grandes forêts primitives reculèrent devant le succès des angiospermes, les grands dinosaures furent obligés de brouter ces plantes fermentescibles et ils moururent lentement dans des diarrhées gigantesques. Comme ces herbivores étaient à la base de l'échelle alimentaire, leur disparition entraîna celles des grands carnassiers, comme les tyrannosaures. Cette hypothèse d'une grande diarrhée dinosaurienne est moins élégante que celle de la météorite ravageuse mais elle nous semble plus proche de la réalité. Les plantes vertes sont à la base de la vie sur terre et tout changement de plantes a des répercussions immenses sur la biodiversité et sur le cycle du carbone. Les forêts toxiques, formatrices de charbon et de pétrole furent remplacées par les forêts de feuillus, créatrices d'humus et de sols fertiles. Lorsque l'on connaît la pauvreté biologique des forêts de résineux on ne peut que se réjouir de l'apparition des feuillus, dont les forêts tropicales nous offrent le plaisir de tous ces oiseaux et papillons multicolores.

Un autre cycle illustre bien le rôle des micro-organismes dans la circulation de la matière de la terre dans le monde vivant : celui de l'azote qui est un cycle parfait, car sans perte. En effet, le schéma n° 6 nous montre qu'à part la voie de lessivage des nitrates, dû à l'homme par usage abusif des engrais azotés sur les sols et l'emploi de nombreuses substances riches en azote dans l'industrie et la vie quotidienne, toutes les autres voies aboutissent à un cycle fermé. On peut aussi observer qu'à part la voie d'assimilation par les plantes et par les animaux qui s'en nourrissent, toutes les autres voies du cycle sont microbiennes. Certaines même sont très spécifiques. La voie de transformation de l'ammonium en nitrite semble due à un seul genre bactérien : *Nitrosomonas*. De même, la voie de nitrite au nitrate qui est due à *Nitrobacter*.

Sans le monde microbien, l'azote de l'atmosphère, pourtant très abondant (79 % de l'atmosphère) ne pourrait pas entrer dans le monde vivant. En effet, l'azote est une molécule très stable que seules les bactéries savent transformer en ammonium puis en nitrate. Il a fallu attendre 1913 avec le procédé Haber-Bosch pour que l'homme sache copier cette réaction microbienne afin d'obtenir des nitrates pour les bombes. Jusqu'alors, l'homme fabriquait la poudre avec le salpêtre (nitrate de potassium) fabriqué dans les caves humides par le monde microbien. Le grattage du salpêtre était réservé aux armées royales. Le salpêtre mêlé au charbon animal et au soufre formait la poudre noire. Cette fabrication artisanale faisait de la guerre une activité artistique et aristocratique. C'est au XIX^e siècle que la passion de l'industrie va s'appliquer à la guerre. C'est Napoléon qui le premier va sortir la guerre de son stade artisanal et la faire rentrer dans l'ère industrielle. Il lance ses scientifiques sur le problème du salpêtre et ceux-ci vont découvrir que lorsque l'on fait des tas de fumier dans les caves, on augmente la production du salpêtre. Napoléon va donner l'ordre de créer de vastes caves, les salpêtrières et va produire la poudre en grande quantité. Cela lui permettra de créer la grande armée et de pouvoir déclarer : « J'ai un crédit de 10 000 hommes par jour. » L'Allemagne et l'Angleterre vont lancer leurs scientifiques sur le problème de la synthèse du nitrate et ce sont les Allemands qui gagneront la course et ils appliqueront vite leur découverte. Aussi la fabrication industrielle du nitrate en 1913 a-t-elle permis à l'humanité de faire la très efficace guerre de 1914-1918. Les Français en garderont un mauvais souvenir et traiteront les Allemands de Bosch, du nom de l'inventeur de la synthèse industrielle du nitrate.

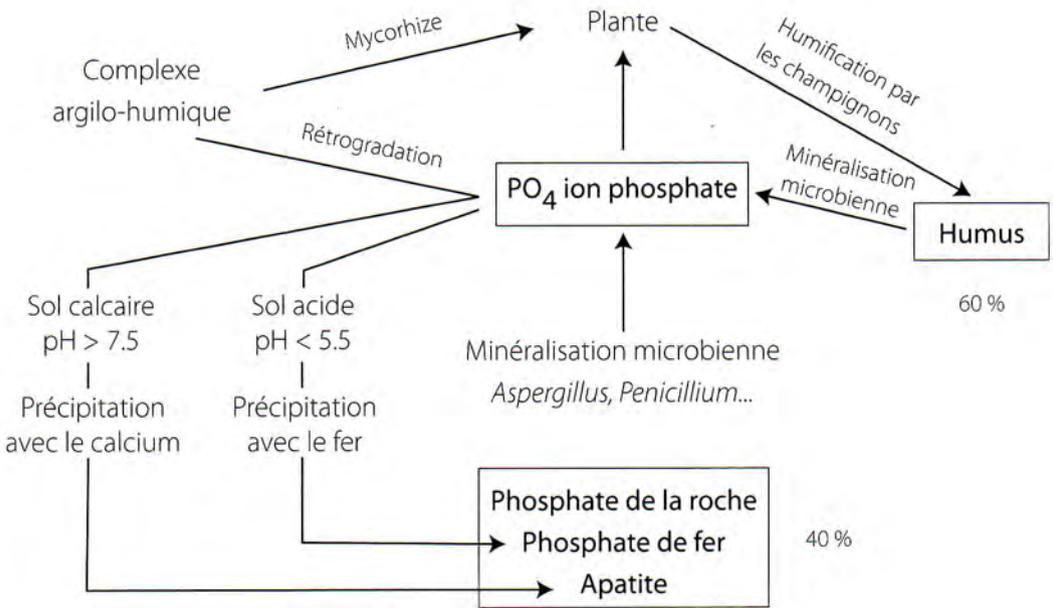
SCHÉMA 6 – LE CYCLE DE L'AZOTE



Après cette guerre, les excédents de nitrates furent utilisés en agriculture et les usines militaires devinrent agricoles. Cependant cette voie industrielle présente deux inconvénients majeurs : elle est énergétivore (il faut trois tonnes de pétrole pour faire une tonne d'engrais azoté), elle est polluante car on apporte la dose nécessaire aux plantes en seulement une ou deux fois, ce qui entraîne des pertes de l'azote non assimilé avec les eaux de pluie. Alors que la voie microbienne de fixation de l'azote et de minéralisation de l'humus se met en route avec la chaleur printanière et s'arrête avec l'automne, c'est-à-dire qu'elle fonctionne pendant la période de croissance des plantes et à leur rythme. D'où l'absence de perte d'azote dans le cycle naturel.

Le troisième cycle que nous décrivons est dominé par les champignons. Il s'agit de celui du phosphore. Sa méconnaissance et son ignorance sont cause de l'abus de cet engrais qui est le plus polluant utilisé par l'agriculture. C'est lui qui est responsable de l'eutrophisation des rivières et des lacs et des pullulations d'algues sur nos côtes. Le schéma n° 7 montre que contrairement au carbone et à l'azote, tout le cycle est terrestre. De plus les deux sources du phosphore sont les roches pour 60 % et la matière organique pour 40 %. Ce sont les champignons qui attaquent les roches et libèrent le phosphore sous forme d'ion phosphate. Cet ion est absorbé par les racines des plantes. Lorsque ces dernières meurent, le phosphore se retrouve dans l'humus d'où des champignons le minéraliseront à nouveau en phosphate. Si le cycle s'arrêtait là, les choses seraient simples, il suffirait que la roche locale contienne suffisamment de phosphore ou, dans le cas contraire, on apporterait une roche riche en cet élément comme les phosphates naturels. Ensuite en gérant un bon niveau de matière organique, l'agriculteur assurerait le besoin de ses plantes. Mais le cycle est plus complexe car l'ion phosphate a trois charges négatives ce qui le rend très réactif. De ce fait il réagit avec les charges positives du sol comme le calcium dans les sols calcaires ou le fer dans les sols acides. Il réagit alors avec ces charges et reprécipite en roche. Dans la nature il y a équilibre entre l'attaque de la roche par les champignons qui produisent du phosphate et la reprécipitation par le calcium ou le fer. Dans les champs, un excès de chaulage c'est-à-dire d'ion calcium apporté par l'agriculteur peut créer une carence induite en phosphore. De même une acidification excessive dans un limon dégradé peut aboutir au même résultat. Mais là où l'agriculteur intervient le

SCHÉMA 7 – LE CYCLE DU PHOSPHORE



plus négativement dans le cycle, c'est au niveau de la rétrogradation du phosphore dans le complexe argilo-humique. Ce dernier ayant de nombreuses charges positives il est capable de fixer l'ion phosphate. Celui-ci est récupéré par les plantes grâce à des champignons symbiotiques, les mycorhizes, qui vivent dans les racines des plantes et qui grâce à la finesse de leur mycélium récupèrent le phosphate dans le complexe. La plante leur fournit du sucre par ses exsudats racinaires et les mycorhizes fournissent du phosphate à la plante. Presque toutes les plantes du monde sont mycorhizées. Seules quelques espèces de bord de mer, poussant sur des sols salés où ne vivent pas ces champignons, ne sont pas mycorhizées. Il en va ainsi pour le colza ou la betterave. Mais les autres espèces cultivées s'associent fortement avec ses champignons symbiotiques. Ignorant ces associations subtiles, l'agro-industrie encourage les agriculteurs à épandre massivement les superphosphates sur les sols cultivés. Or ces engrais industriels détruisent les mycorhizes rendant ainsi les plantes cultivées dépendantes des engrais. C'est un peu comme un drogué qui ne peut plus se passer de sa drogue. Cette destruction du monde des champignons par les superphosphates est avec le labour et l'irrigation un de ces facteurs destructeurs de la vie des sols. En effet les champignons représentent, en poids, les deux tiers des microbes du sol. Ils décomposent la litière en humus, nourrissent les plantes en phosphate et servent d'aliments à de nombreux micro-arthropodes du sol. Leur disparition dans les champs en culture intensive entraîne la lente mort biologique des sols et l'entrée de ceux-ci dans une dynamique de mort.

Nous arrêtons ici la description des cycles des éléments nutritifs. Ces trois exemples suffisent pour nous montrer le rôle clef joué par les microbes dans ces cycles. Ils accomplissent, pour tous les éléments, une fonction de base, celle de faire entrer la matière inerte dans le monde vivant.

Lorsque l'on étudie en détail tous les cycles biogéochimiques on réalise que les microbes utilisent deux types de réactions pour rendre les éléments solubles dans l'eau du sol, donc assimilables par les plantes. Ces deux réactions sont l'oxydation et la chélation. La première réaction touche deux éléments majeurs pour l'alimentation des plantes ; l'azote dont on a vu qu'il était oxydé en nitrate et le soufre que les sulfobactéries oxydent en sulfate. Ces deux formes, nitrate et sulfate, sont solubles dans l'eau et donc assimilables par les plantes. Les microbes oxydent de nombreux autres éléments comme le fer, le bore, le cuivre, etc.

mais ces éléments oxydés sont précipités c'est-à-dire insolubles et les plantes ne peuvent pas les absorber. Ainsi beaucoup de sols sont bruns, rouges ou jaunes à cause des oxydes ou des hydroxydes de fer mais les plantes sont incapables d'assimiler cette forme précipitée du fer. Aussi, les microbes utilisent-ils une autre réaction pour rendre les oligo-éléments assimilables : la chélation. Dans cette réaction les microbes synthétisent un acide organique qui se lie avec l'oligo-élément et le rend soluble. Ainsi le fer sera chélaté en succinate de fer ou citrate de fer que la plante pourra absorber. Cette réaction ne concerne que les oligo-éléments mais ils sont une vingtaine à entrer ainsi dans les plantes et tous sont nécessaires à leur croissance. Enfin nous avons vu que certains éléments, comme le phosphore, sont libérés des roches par les microbes et mis à disposition des plantes. On comprend alors l'intérêt pour l'agriculteur de favoriser ces cycles microbiens pour assurer une alimentation équilibrée à ses plantes. En n'apportant que le N, P, K (azote, phosphore, potasse) l'agriculteur déséquilibre ses plantes, les rend malades et doit ensuite acheter des pesticides pour les protéger. Au lieu de négliger les microbes, il peut les stimuler, soit en faisant des engrais verts qui nourrissent les microbes de la minéralisation, soit en apportant du compost qui ensemence son sol en microbes de l'humification, en particulier, en champignons.

• Marnage et compostage

Si les engrais servent à nourrir les plantes, le marnage et le compostage servent à nourrir les sols. On les appelle les amendements. Lorsque les sols sont sous forêts ou savanes ils fonctionnent tout seuls et produisent les argiles et les humus nécessaires à la formation du complexe argilo-humique. Lorsque l'homme abat les forêts et met les sols à nu, il perturbe cet équilibre en ralentissant la production d'argile car les racines des cultures ne descendent pas aussi profondément dans la roche que celles des arbres. Pour lutter contre cette perte d'argile, les anciens pratiquaient le marnage. L'agriculteur perturbe aussi la production d'humus car il expose le sol au soleil et facilite la minéralisation de la matière organique. La faune épigée qui a horreur du soleil décline peu à peu. Pour compenser cette perte lente mais inexorable de matière organique, l'homme doit copier la nature et gérer la transformation de la litière en humus par le compostage. Voyons d'abord le marnage, vieille technique abandonnée depuis

longtemps en agriculture industrielle. Autrefois, les agriculteurs cultivaient la terre en « bon père de famille » et se devaient de rendre leur terre aussi fertile qu'il l'avait reçue. Parmi ces pratiques, ils se devaient, au moins une fois dans leur vie de marner le sol. Pour cela ils allaient en hiver chercher de l'argile calcaire, la marne, avec les charrettes à bœufs. Ils épandaient, en petits tas, 20 à 30 tonnes/ha, de cette marne sur le sol. Le gel faisait éclater cette marne et au printemps ils étalaient au râteau cette argile sur le sol. Celle-ci s'attachait avec les humus du fumier épandu sur la neige et entretenait ainsi le complexe argilo-humique. Marner les terres était pénible et a laissé en français le terme populaire de marner, synonyme de travailler dur. Ce travail de paysan s'est arrêté après la deuxième guerre mondiale et nos sols perdent, année après année, leurs précieuses argiles. Il nous serait pourtant facile avec la technologie moderne de reprendre le marnage de nos champs et d'assurer ainsi des sols fertiles aux générations futures. Mais amender un sol n'est plus un souci dans une agriculture où le paysan qui fait le pays a été remplacé par l'exploitant agricole qui tue la terre.

Marnage et compostage sont les deux mamelles de l'amendement. En apportant la marne, le paysan donne à son sol l'argile et le lien calcium, il faut maintenant lui apporter l'humus, le troisième élément du complexe argilo-humique. Pour cela, l'agriculteur dispose de deux techniques, le compostage en tas ou le compostage de surface. Dans la première méthode, l'agriculteur rassemble en tas ses pailles, les excréments de ses bêtes, les bois de taille des haies, enfin toute la matière organique de la ferme et il fait fermenter ce fumier en aéro-biose pour former de l'humus. Dans l'autre technique, le paysan laisse ses pailles sur le sol, épand les fumiers à la surface du sol et sème en direct ses cultures. Par la technique du semis direct l'agriculteur copie la nature en laissant la matière organique sur le sol, à l'abri du soleil sous les plantes de couvertures.

Voyons d'abord la technique la plus ancienne, celle du compost en tas. Le but de cette fermentation dirigée par l'homme est de produire, comme dans la nature, de l'humus, de la faune épigée et des champignons de l'humification. Ce ferment sera ensuite épandu sur la terre pour l'amender. Or selon les matières utilisées et les conditions de fermentation, on obtient de nombreux produits différents. Le jus de raisin, mis à fermenter en anaérobiose donne du vin. Si on utilise d'autres sources de sucre comme les pommes ou les poires on obtient du cidre ou du poiré. De même les produits lactés, selon la

fermentation utilisée donneront du yaourt, du fromage blanc ou les innombrables fromages dont les Euro-péens ont la spécialité. La liste des produits fermentés par l'homme est vaste. Elle va du tabac au thé, en passant par le café, la sauriserie, le lin et les cuirs. Nous reparlerons de ces produits fermentés dans la notion de terroir. Si la plupart de ces fermentations sont encore en vigueur, il y en a une, pourtant fondamentale, qui cesse d'être employée, le compostage. Les agriculteurs qui continuent à faire de l'humus en compostant leur fumier sont bien plus rares que ceux qui continuent à faire leur vin ou leur fromage. La nourriture du sol par l'humus ne semble plus être une priorité pour le monde paysan ; seule l'alimentation rationnelle des plantes serait digne d'intérêt car elle crée la quantité, et pourtant tout ce qui quitte le sol doit y revenir à travers cette fermentation qu'est le compost. C'est de ce retour que dépend la qualité de nos plantes cultivées puisque tout est cycle, que rien ne se crée et que tout se transforme. Voyons en quoi consiste cette fermentation dirigée. Dans la nature, lorsque de la matière végétale et animale est déposée sur le sol, elle est vite broyée par la faune puis transformée par les micro-organismes. Une partie est minéralisée par les bactéries et sert à l'alimentation des plantes (minéralisation), une autre partie sert à nourrir la faune et les micro-organismes (réorganisation), enfin une troisième partie est transformée en humus par les champignons et sert à nourrir le sol (humification). L'importance de chacune de ces voies dépendra de la nature des matériaux constituant la litière. Si ces matériaux sont jeunes, c'est-à-dire riches en azote et pauvres en carbones, comme les engrais verts, les tourteaux, les lisiers ou les gadoues urbaines, c'est la voie de la minéralisation qui va dominer. Les composés ne produiront pas d'humus. C'est pourquoi les zones d'élevage comme la Bretagne ou la Hollande avec leur excès de lisiers perdent la matière organique de leur sol à la même vitesse que les zones céréalières. L'élevage industriel en ne mettant plus de paille sous les bêtes favorise la minéralisation. À l'inverse, les matériaux riches en carbones et pauvres en azote comme les pailles, les bois raméaux, les copeaux ou la sciure de bois vont stimuler la voie de l'humification car ils sont riches en cellulose et en lignine, les deux substances qui produisent l'humus. On pourrait se contenter de faire du compost uniquement avec de la paille ou des déchets forestiers mais le processus est lent et demande plus d'un an, ce qui pose un problème d'accumulation de compost sur la ferme. Pour une gestion compatible avec l'année culturale, il faut que le compost fabriqué au printemps soit transformé en humus à l'automne pour être épandu.

Pour cela les paysans ont eu depuis longtemps l'idée de mettre la paille et les déchets de taille de haies dans la litière des bêtes afin de leur apporter du confort et de mélanger facilement cette litière avec les excréments plus riches en azote. Le mélange s'appelle fumier, c'est-à-dire celui qui fume. En effet, bien géré en andains, le compost aboutit à une fermentation chaude qui a l'avantage de pasteuriser la matière organique et d'éviter ainsi de contaminer les champs avec des graines de mauvaises herbes et avec les germes pathogènes contenus dans les excréments animaux. Ceci est important dans les systèmes agricoles où les mêmes cultures et les mêmes prairies reviennent souvent sur une parcelle. Ainsi, le compostage permet de nourrir le sol et de ne pas l'infester. Quelles sont les conditions pour réaliser cette fermentation dirigée qu'est le compostage ? Pour faire du vin il faut faire fermenter le jus de raisin en anaérobiose, sans quoi le sucre du raisin sera transformé en gaz carbonique au lieu d'être transformé en alcool par les levures. Pour le compostage il faut, au contraire, que la fermentation soit aérobie car ce sont les champignons qui transforment la cellulose et la lignine en humus et tous les champignons sont aérobies. On mettra donc le compost en andains dont les dimensions optimales seront de trois mètres de large, d'un mètre cinquante de haut et de longueur indéfinie. Si l'andain est bien fait il montra tout de suite en température et pourra atteindre 80 °C. Ceci est la preuve que le tas est bien aéré. En effet, en absence d'oxygène, le métabolisme microbien, ne peut pas dépasser 30 °C. Cette montée en température est assurée par des germes thermophiles en particulier par les actinomycètes dont l'intérêt est d'être des producteurs d'antibiotiques. Ceux-ci vont bloquer le développement des bactéries minéralisatrices qui se multiplient vingt fois plus vite que les champignons. Si on laisse les bactéries dominer elles vont minéraliser le tas et l'on va perdre des substances par écoulement de jus. Or les champignons humificateurs, sont résistants aux antibiotiques puisqu'ils en fabriquent. Ils vont pouvoir occuper le tas de compost malgré leur lenteur de multiplication. Cette période de chauffe du tas est délicate car le compost perd beaucoup d'eau, il faut donc l'arroser. Mais la pasteurisation ne concerne que le centre du compost, la partie la plus chaude, celle qui dépasse 41 °C, température nécessaire pour pasteuriser une substance. Il faut donc retourner deux à trois fois le tas pour que l'ensemble du compost se pasteurise. Après les montées en température, le tas va se rafraîchir et la faune

épigée du sol pourra intervenir. Les vers de fumier, les collemboles, les acariens, les crustacés, vont broyer finement le compost et produire des boulettes fécales que les champignons pourront alors attaquer et transformer en humus.

Lorsque le compostage est fini, l'agriculteur est en présence d'un compost riche en champignons, en faune épigée et en humus. Il pourra alors amender son sol. On peut comparer le compost au pied de cuve utilisé par le vigneron pour démarrer ses fermentations. Le compost est le pied de cuve du sol. En gérant, par le compostage, les cycles de la matière organique, le paysan devient un co-créateur de son sol. Il participe activement à la pédogénèse en fournissant l'humus, les microbes et la faune nécessaire à son sol. Vus à travers le compostage, les déchets des bêtes, des cultures et des hommes ne sont plus des ordures encombrantes et polluantes dont il faut se débarrasser à tout prix, mais deviennent une étape nécessaire aux grands cycles de la matière terrestre.

Cependant ce compostage en tas ne peut pas être pratiqué par tous les agriculteurs car la politique dirigiste de la PAC a rompu l'équilibre agro-sylvo-pastoral. La plupart des agriculteurs européens n'ont plus de prairies ni de haies autour des champs. La PAC a créé des zones d'élevages et des zones de céréalicultures. Il a bien sûr été proposé par des technocrates de créer des « merdoducs » qui apporteraient les lisiers des zones d'élevage vers les zones de cultures mais ces projets sont délirants. La PAC se prépare aussi à financer des usines à 300 millions d'euros pièce, pour brûler les lisiers et les excréments de volailles. Nos ancêtres doivent se retourner dans leur tombe, eux qui mesuraient leur richesse à la taille du tas de fumier devant la ferme. À cette séparation dans l'espace de l'élevage et de la culture se rajoute l'agrandissement des fermes qui rend difficile le ramassage des pailles. Pour pallier à ces difficultés, créées par une politique inconséquente, l'agriculteur peut utiliser le compostage de surface. Pour cela, il remplace le labour destructeur par le semis direct sous couvert. Dans cette technique le paysan moissonne ses céréales le plus haut possible afin de laisser de grandes pailles debout. Il sème ensuite, derrière la moissonneuse, une culture d'été, en direct dans la paille. Cette culture aidera, par son ombrage, à l'humification des pailles. Si l'agriculteur dispose de lisier, il pourra l'épandre sur les pailles de céréales. Par le semis direct, le paysan copie

le milieu naturel, c'est-à-dire la forêt où la litière reste sur le sol à l'ombre des arbres. Cette technique permet de remonter le taux de matière organique, donc l'humus de 0,1 % à 0,3 % par an alors que le labour brûle l'humus. Cette technique exige une bonne maîtrise des rotations car il n'y a pas de pasteurisation de la matière organique et les risques de contaminations restent élevés. On ne peut pas faire blé sur blé en semis direct, il faut alterner les cultures. Elle demande donc une grande maîtrise technique de la part du paysan, mais elle a l'énorme avantage de rendre l'agriculture durable. Pratiquer le compostage en tas ou en surface c'est remettre en route les cycles biologiques brisés par notre civilisation, c'est quitter l'involution actuelle pour une évolution future. Dans le cas des sols ruinés abandonnés par les hommes, on peut leur redonner une fertilité à condition qu'il existe encore des arbres ou des haies pour fournir le Bois raméal fragmenté (BRF) qui posé en couche de 4 à 8 cm d'épaisseur sur le sol lui redonne très rapidement une fertilité normale. Cet exemple montre l'importance de l'arbre feuillu dans les champs et permet de comprendre pourquoi la destruction massive des haies a participé à la mort de nos sols.



Le sol

CHAPITRE 3

et les plantes

« Et loué sois-tu, Mon Seigneur,
pour notre sœur la mère Terre,
qui nous entretient et nous supporte
et produit les divers fruits,
et les fleurs colorées, et les arbres. »

SAINT FRANÇOIS D'ASSISE, *Cantique du soleil.*

• Les végétations climax

Hormis les déserts glacés et brûlants où la végétation est rare ou réduite à des lichens et des mousses, toutes les zones écologiques du globe sont couvertes de plantes. À chaque climat, la sélection naturelle a créé une végétation adaptée que l'on appelle la végétation climax. Ainsi, imaginons que nous puissions nous offrir un voyage qui nous emmène des pôles vers l'équateur. À chaque zone climatique nous observons une végétation particulière fortement liée à la pluviométrie. Aux pôles, il pleut moins de 400 mm d'eau par an et une partie tombe sous forme de neige. Les sols sont toujours gelés, on les appelle le permafrost, et ils ne dégèlent que sur 5-10 cm en été. Cette situation ne permet que le développement d'une végétation rase, la toundra. L'agriculture y est impossible, seul l'élevage des rennes a été développé par les Lapons. Les animaux broutent les lichens ou les mousses et les Lapons se contentent de manger les rennes. On parle d'ailleurs de civilisation du renne car cet animal produit nourriture et vêtements à leurs éleveurs.

Plus au sud, se trouve la taïga ⁽⁴¹⁾, la grande forêt de résineux qui dans l'hémisphère nord s'étend de la Norvège au Canada. Dans cette région il pleut entre 400 et 500 mm d'eau par an et le climat froid fait dominer les résineux dont la sève épaisse résiste au gel. Cette végétation, on l'a vu, acidifie les sols et crée ce que l'on appelle des podzols c'est-à-dire des sols dont le pH peut descendre jusqu'à 3,5. L'agriculture y est impossible et la seule activité humaine est la sylviculture. D'ailleurs pourquoi cultiver la taïga puisqu'un hectare de sapins en Finlande rapporte autant qu'un hectare de blé en France ? Si la Russie et le Canada géraient leur taïga aussi bien que la Suède ou la Finlande, il y aurait assez de bois pour les besoins de l'humanité et il ne serait pas nécessaire de massacrer les forêts tropicales dont nous avons besoin pour l'équilibre du climat.

Poursuivons notre voyage vers le sud et nous arrivons dans une zone où la pluviométrie est comprise entre 500 et 550 mm d'eau par an. C'est le domaine de la steppe c'est-à-dire des grandes prairies à graminées. Ce sont les greniers à blé de l'humanité car les céréales que nous cultivons sont des graminées. Les pays qui possèdent la zone des steppes sont les grands céréaliculteurs du monde. Vastes plaines du Middle West américain et canadien, pampas d'Argentine, steppes d'Australie, tchernozems de Russie et d'Ukraine. La pluviométrie étant faible, la matière organique se minéralise lentement et ces sols sont dits isohumiques. Ils contiennent de la matière organique sur plus de 40 cm d'épaisseur et parfois jusqu'à 2 mètres. Ces sols sont le rêve de tous les cultivateurs. Terres profondes, faciles à cultiver car jamais détrempées, c'est là que l'on produit les blés les moins chers du monde. Le seul facteur limitant est le manque d'eau qui limite les rendements autour de 30 quintaux. Aussi les agriculteurs de ces régions ont-ils pris l'habitude de mettre peu d'engrais, de pratiquer le semis direct et de réduire au maximum les doses de pesticides. De plus les parcelles sont immenses car il n'y a pas d'arbres pour limiter le paysage. Seuls les communistes ont réussi à ne produire que 10 quintaux par hectare dans ces terres à blé mais ils avaient des méthodes spéciales qu'ils ont gardées secrètes. Les céréaliers des steppes sont les plus performants du monde car ils produisent à bas prix des blés de qualité correcte.

Là où l'agriculture devient vraiment difficile, c'est dans les zones où la pluviométrie dépasse 550 mm d'eau par an. Ces zones comprennent la zone tempérée, la zone méditerranéenne et les zones tropicales et

équatoriales. À l'état naturel ces zones sont couvertes de forêts car cette végétation est la seule capable de gérer l'excédent de pluviométrie. En effet, lorsque la pluviométrie dépasse 550 mm d'eau par an, elle dépasse les besoins des plantes, il a donc fallu que la nature gère cet excédent d'eau. Deux solutions étaient possibles, soit les excédents d'eau sont éliminés en surface par ruissellement mais celui-ci entraîne l'érosion, soit l'excédent d'eau est guidé verticalement vers les nappes phréatiques et il n'y a pas d'érosion. C'est cette dernière solution qui a été retenue par la sélection naturelle. Les forêts de feuillus sont les seuls systèmes végétaux qui peuvent relier l'excédent d'eau de pluie et la nappe. Cette eau va en effet être guidée par les racines profondes des feuillus vers les nappes phréatiques. Les spéléologues qui explorent les grottes souterraines observent les racines qui pendent sur les voûtes des cavernes et voient l'eau ruisseler le long de ces racines. On comprend alors que lorsque l'homme détruit les forêts dans ces zones pluvieuses, il soit rapidement confronté à des problèmes d'érosion car il remplace les arbres par des graminées adaptées au climat sec des steppes. C'est le changement brutal d'une végétation climax pérenne adaptée aux excédents de pluviométrie, la forêt, et son remplacement par une végétation rase de graminées annuelles qui explique les deux milliards d'hectares de désert créé par l'homme en 4 000 ans d'agriculture.

Le concept nouveau qu'apporte l'agrologie par rapport à l'agronomie classique c'est justement d'introduire ces lois fondamentales de l'écologie pour remplacer l'agriculture prédatrice par une agriculture durable. Depuis 4 000 ans l'homme détruit, sans comprendre, la végétation naturelle ; grâce à la compréhension des lois de l'écologie et du fonctionnement des écosystèmes, l'agriculteur de demain étudiera avant de détruire. Si nous voulons cultiver cette planète sans l'éroder, il nous faut d'abord étudier et comprendre les modèles sauvages durables et adapter les règles de fonctionnement de ces écosystèmes à nos champs cultivés. Puisque dans les zones où il pleut plus de 550 mm d'eau par an, la nature a développé un système de couverture permanente des sols : la forêt, il faut dans ces zones développer la technique du semis direct et ne jamais laisser le sol nu exposé à la violence du climat. Puisque l'homme ne se nourrit pas d'arbres, il doit développer un système de culture permanente du sol. Les techniques traditionnelles des agriculteurs des zones tropicales sont d'ailleurs basées sur ce principe. Dans le jardin arboré de Java, le sol n'est jamais laissé à nu ⁽²¹⁾. La révolution

du semis direct sous couvert permet à chaque agriculteur de la planète de définir une rotation de cultures adaptées à son climat. En Europe, le céréalier sèmera, derrière sa moisson, une plante capable de pousser en trois mois pour couvrir et protéger son sol entre juillet et septembre. Aux Tropiques, l'agriculteur sèmera après sa récolte en fin de saison des pluies, une plante puissante, résistante à la sécheresse et capable de se développer pendant la saison sèche. Ainsi lorsque les pluies de la mousson arriveront, son sol sera protégé par cette culture intercalaire et il pourra semer en direct sa céréale ou son soja dans la plante intercalaire préalablement fauchée ou roulée. Dans les zones tropicales sèches où se développe la savane, l'agrologie permet de remplacer la pratique barbare du brûlis par un semis direct des cultures dans l'herbe desséchée par la saison sèche sans brûler cette dernière.

Ce rapide survol des grands écosystèmes naturels nous permet de comprendre une deuxième règle fondamentale développée par l'agrologie : chaque rotation agricole doit être en équilibre avec le climat, c'est-à-dire doit copier le fonctionnement de la végétation climax. C'est en respectant ces lois fondamentales du fonctionnement des sols et de l'écologie des plantes que l'agrologie nous permet de définir les bases d'une agriculture durable. C'est en fait une grande leçon d'humilité que nous apporte l'agrologie en nous forçant à connaître le milieu avant de le gérer. Jusqu'alors, les agronomes, trop fiers et trop imbus de leur savoir universitaire, arrivaient dans les pays tropicaux dont ils ignoraient tout et imposaient des systèmes de monocultures industrielles. Nous connaissons le résultat de ces pratiques archaïques, elles ont ruiné des millions d'hectares en Afrique, en Amérique du Sud et en Asie tropicale. Avec l'approche plus scientifique, plus moderne de l'agrologie, on développe avec les agriculteurs locaux des modèles de cultures respectueuses des lois du sol et des plantes. Et ce faisant, nous découvrons le bien-fondé des systèmes agricoles traditionnels dont le défaut est la faible productivité de travail à l'hectare mais dont l'avantage est la forte productivité de nourriture à l'hectare et la durabilité. Plus les climats sont tropicaux et violents plus les paysans ont développé des modèles complexes de production, où ils combinent à la fois la rotation et l'association végétale. Ces modèles restent les plus productifs à l'hectare, souvent deux à trois fois plus productifs que les modèles de monocultures industrielles. Ces modèles reposent en général sur l'association d'une céréale, d'une légumineuse grimpante fixatrice d'azote et d'un légume.

Ainsi au Mexique les Indiens ont développé le fameux modèle maïs, haricot grimpant et courge, qui est un des plus productifs du monde. En Afrique, les Bamoums du Cameroun ont développé l'association Mil, haricot niébé, igname. En Asie le modèle du jardin javanais associe les arbres fruitiers, jackiers, carols, jositans, goyaviers, avec le manioc, l'amarante, les patates douces et les légumes. Comme le souligne Altieri « L'effet global est de créer une structure verticale semblable à celle d'une forêt naturelle, une structure qui semble optimiser l'utilisation de l'espace et de l'énergie solaire. » Maintenant que nous comprenons mieux le principe de l'application de l'écologie à l'agriculture, voyons quelles sont les plantes que l'homme a cultivées parmi les 450 000 espèces sauvages.

• Origine des plantes cultivées

Les premières données sérieuses que l'on possède sur l'origine des plantes cultivées proviennent du merveilleux livre d'Alphonse De Candolle ⁽¹⁵⁾. Dans cet ouvrage, l'auteur associe à la fois les apports de l'archéologie, de l'histoire et de la linguistique pour retrouver l'origine d'une plante. On ne peut s'empêcher de citer son passage sur le topinambour : « Le nom topinambour paraît venir de quelque nom réel ou supposé des langues américaines. Celui des Anglais, *Jerusalem artichoke*, est une corruption de l'italien *girasole* (tournesol), combinée avec une allusion au goût d'artichaut de la racine. »

On apprend ainsi que salsifis vient de l'italien *sassefrica* : qui frotte les pierres. De Candolle est le premier à retrouver l'origine de la pomme de terre, qu'il sépare bien de la patate ou patate douce. Avant lui, d'autres auteurs pensaient que ce travail était impossible. Ainsi, au début du XIX^e siècle, Alexandre de Humboldt ⁽¹⁶⁾ écrivait : « L'origine, la première patrie des végétaux les plus utiles à l'homme et qui le suivent depuis les époques les plus reculées est un secret aussi impénétrable que la demeure de tous les animaux domestiques [...]. Nous ne savons pas quelle région a produit spontanément le froment, l'orge, l'avoine et le seigle. Les plantes qui constituent la richesse naturelle de tous les habitants des tropiques, le bananier, le carica papaya, le manihot et le maïs, n'ont jamais été trouvées dans l'état sauvage. La pomme de terre présente le même phénomène. »

TABLEAU 2 – ORIGINE DE QUELQUES ESPÈCES DE FRUITS, CÉRÉALES ET LÉGUMES CULTIVÉS

| Fruits | |
|----------------|-------------------|
| ESPÈCES | ORIGINE |
| Abricot | Chine |
| Amande | Proche-Orient |
| Ananas | Amérique du Sud |
| Avocat | Amérique du Sud |
| Banane | Asie du Sud-Est |
| Cacao | Amérique centrale |
| Cassis | Europe |
| Cerise | Proche-Orient |
| Citron | Asie du Sud-Est |
| Noix de coco | Îles du Pacifique |
| Coing | Chine |
| Figue | Proche-Orient |
| Fraise | Amérique |
| Goyave | Amérique du Sud |
| Groseille | Europe |
| Mandarine | Asie du Sud-Est |
| Noix | Proche-Orient |
| Orange | Asie du Sud-Est |
| Pamplemousse | Asie du Sud-Est |
| Papaye | Amérique du Sud |
| Pêche | Chine |
| Poire | Chine |
| Pomme | Proche-Orient |
| Prune | Proche-Orient |
| Vanille | Amérique centrale |
| Vigne | Proche-Orient |

| Céréales | |
|--------------------|-------------------|
| ESPÈCES | ORIGINE |
| Amarante | Amérique centrale |
| Avoine | Proche-Orient |
| Blé amidonnier | Proche-Orient |
| Blé dur | Proche-Orient |
| Blé poulard | Proche-Orient |
| Blé tendre | Proche-Orient |
| Blé zandière | Proche-Orient |
| Engrain | Proche-Orient |
| Épeautre | Proche-Orient |
| Lin | Proche-Orient |
| Maïs | Amérique centrale |
| Mil | Afrique |
| Millet | Amérique centrale |
| Millet des oiseaux | Chine |
| Orge | Proche-Orient |
| Riz | Asie du Sud-Est |
| Sarrasin | Chine |
| Seigle | Proche-Orient |
| Sésame | Asie du Sud-Est |
| Sorgho | Afrique |

| Légumes & autres | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| ESPÈCES | ORIGINE |
| Ail | Proche-Orient |
| Arachide | Amérique du Sud |
| Aubergine | Asie du Sud-Est |
| Betterave | Proche-Orient |
| Café | Afrique |
| Canne à sucre | Asie du Sud-Est |
| Carotte | Proche-Orient |
| Céleri | Chine |
| Chou | Proche-Orient |
| Colza | Chine |
| Concombre | Proche-Orient |
| Coton | Afrique et Amérique du Sud |
| Courgette | Amérique centrale |
| Échalote | Chine |
| Fève | Proche-Orient |
| Haricot | Amérique centrale et du Sud |
| Igname | Asie, Amérique et Afrique |
| Laitue | Proche-Orient |
| Lentille | Proche-Orient |
| Lupin | Proche-Orient et Amérique du Sud |
| Manioc | Amérique du Sud |
| Melon | Proche-Orient |
| Navet | Proche-Orient |
| Oignon | Proche-Orient |
| Pastèque | Afrique |
| Patate douce | Amérique centrale |
| Petit pois | Proche-Orient |
| Poireau | Proche-Orient |
| Pois chiche | Proche-Orient |
| Poivre | Asie du Sud-Est |
| Pomme de terre | Amérique du Sud |
| Potiron | Amérique du Sud |
| Radis | Proche-Orient |
| Rhubarbe | Chine |
| Tabac | Amérique du Sud |
| Thé | Chine |
| Tomate | Amérique centrale |
| Topinambour | Amérique du Sud |
| Tournesol | Amérique centrale |

Même un homme comme Darwin ⁽¹⁷⁾ est encore de cet avis à la fin du XIX^e siècle. Il faudra attendre le début du XX^e siècle pour que les travaux de De Candolle fassent école grâce à Vavilov ⁽¹⁸⁾. Depuis, d'énormes progrès ont été accomplis, et ceux-ci sont très bien résumés dans le livre de Harlan ⁽¹⁹⁾ qui donne, pour chaque continent, une liste abondante, bien que non exhaustive, de la plupart des espèces comestibles cultivées par l'homme.

La principale difficulté, lorsque l'on recherche l'origine d'une espèce de plante cultivée, est liée à l'énorme transformation provoquée par la domestication. Ainsi, pour repérer que le téosinte (*Zea mexicana*) est l'ancêtre du maïs, il faut la perspicacité d'un botaniste expérimenté. À cette difficulté s'ajoute celle des transports par l'homme au cours des invasions. L'idée de De Candolle de s'appuyer sur différentes disciplines pour retrouver l'origine de nos végétaux cultivés apparaît bien comme la seule méthode valable.

Pour résumer de façon la plus claire possible les données que nous avons sur l'origine de ces plantes, nous pouvons retenir les réflexions suivantes :

À part le champignon de couche, toutes les plantes cultivées par l'homme sont des **phanérogames***. Ainsi, nous ne cultivons ni algues, ni mousses, ni lichens, ni fougères pour notre alimentation.

Les plantes cultivées appartiennent à cinquante-cinq familles différentes, et non pas à une catégorie particulière. Cependant, les contributions de chaque famille sont très inégales. Ainsi, certaines familles n'ont fourni qu'une seule espèce comestible : les orchidées, par exemple, n'ont fourni que la vanille ; les tropéaloacées que la câpre, les passifloracées que le fruit de la passion, et les polygonacées que le sarrasin... Deux familles sont largement dominantes dans notre alimentation : les graminées, qui fournissent vingt-neuf céréales ainsi que la canne à sucre, et les légumineuses qui fournissent quarante et une plantes à graines, à tubercules ou à gousses comestibles. La prépondérance de la première famille tient au fait que les graminées sont les seules plantes qui ne contiennent pas de facteurs toxiques antinutritionnels et qui peuvent donc être mangées en grande quantité sans risque d'intoxication. Elles ont donc toutes servi d'aliment de base des premières civilisations agricoles : millet des oiseaux et riz pour l'Asie ; blé, seigle, orge et avoine pour le bassin méditerranéen ; mil et sorgho pour l'Afrique ; millet et maïs pour l'Amérique. En cas de manque de

viandes ou de légumes, on peut toujours se rabattre sur elles pour calmer la faim. Autre avantage des graminées, mais qu'elles ne sont pas les seules à avoir : leurs graines se conservent bien et permettent donc la constitution de stocks alimentaires.

L'importance des légumineuses dans l'alimentation humaine tient au fait que ces plantes ont réalisé une symbiose avec une bactérie fixatrice d'azote atmosphérique : le rhizobium (voir cycle de l'azote au chapitre précédent). Cette particularité leur confère une teneur en azote, donc en protéines, particulièrement élevée. Or, un problème grave pour les premiers cultivateurs est le manque de protéines lié au fait que la domestication animale reste un luxe et que l'essentiel de la viande va aux prêtres, via les sacrifices religieux. Les aristocrates, bien que préférant la viande du gibier, prélèvent aussi leur quote-part. La viande est donc rare dans l'alimentation des premiers cultivateurs, et leur source principale de protéines réside dans les légumineuses que l'on retrouve elles aussi dans toutes les premières civilisations : soja et **vigna*** en Asie ; lentille, fève, pois chiche et petit pois dans le bassin méditerranéen ; dolique, niébé et pois bambara en Afrique ; haricot, arachide et lupin en Amérique.

Les autres familles de plantes dont la contribution à l'alimentation humaine est importante sont : les solénacées qui, avec dix-huit espèces, fournissent des fruits, des épices et des tubercules, dont la fameuse pomme de terre ; les crucifères, dont l'homme cultive treize espèces, potagères comme le chou ou oléagineuses comme le colza ; les cucurbitacées avec treize espèces, comme la courge et le concombre ; les rosacées qui, avec onze espèces, nous fournissent l'essentiel de nos fruits, comme la pomme ou la cerise ; les liliacées avec onze espèces nous procurent surtout des bulbes comme l'ail et l'oignon ; les ombellifères sont, avec neuf espèces, une source d'épices comme le cumin, ou de légumes comme la carotte, et enfin les aracées qui fournissent huit espèces de tubercules, comme le taro, et qui sont surtout consommées aux tropiques.

Les continents ont contribué de façon très inégale à l'alimentation humaine. Ainsi, le Proche-Orient, l'Asie et l'Amérique ont apporté

l'essentiel des plantes cultivées par l'homme, alors que l'Afrique et l'Océanie ont fourni peu d'espèces. Ceci est très certainement lié au fait que ces deux continents ont plus été dominés par la chasse-cueillette que par l'agriculture. Or, les premiers cultivateurs, très certainement poussés par la faim, ont fait preuve d'un pouvoir d'invention extraordinaire dans la domestication des espèces de plantes et d'animaux. Par rapport à eux, nous sommes non seulement complètement sous-développés sur le plan de l'invention, mais même en voie de rapide régression, puisque notre alimentation ne cesse de s'appauvrir en espèces depuis quarante ans. Nous reprendrons et développerons cette idée dans la dernière partie de ce chapitre.

Découvrir l'origine des plantes cultivées est compliqué par le fait que des plantes proches ont été sélectionnées dans différentes parties du globe. Ainsi, les ignames ont été domestiquées en Afrique, en Asie et en Amérique du Sud, et le coton au Mexique, en Amérique du Sud, en Afrique et en Inde. Il devient alors très difficile pour le botaniste de retrouver l'origine des espèces cultivées. Ainsi, des spécialistes s'opposent toujours pour démêler l'écheveau constitué par les espèces de haricots qui ont été domestiquées simultanément en Amérique du Sud et en Amérique centrale.

Le tableau n° 2 nous donne la liste de quelques plantes cultivées célèbres. Il nous donne en quelque sorte un petit résumé rapide de ce problème vaste et complexe qu'est l'origine des plantes cultivées. Si le Marché commun a du mal à se faire, si les hommes ont du mal à s'unir, ce tableau devrait leur faire comprendre que nous sommes tous fils de cette terre dont nous mangeons les fruits. De plus, si, comme le disent les sages hindous, l'homme pense selon ce qu'il mange, nos pensées devraient se rejoindre, car l'alimentation des hommes s'unifie. L'origine de toutes ces plantes nous montre aussi que lors des guerres et des invasions, les hommes transportent les plantes avec eux. Conquérir un pays, c'est aussi en manger les fruits, c'est donc aussi, quelque part, l'assimiler et être assimilé par lui. Ainsi, on peut penser que nos origines humaines se fondront dans le même espace voilé que celui des origines des plantes et des animaux que nous domestiquons.

• Environnement et nutrition des plantes

Cultiver une plante, c'est l'aider dans son développement, et cela demande donc de connaître ses exigences, aussi bien environnementales, comme le type de sol, de climat, d'altitude, que nutritionnelles. En cultivant, on peut s'affranchir, dans certaines limites, de contraintes liées à l'environnement, comme le climat, et pour cela deux voies sont possibles : changer le milieu par la culture en serre ou sur couches par exemple, ou changer la plante en la rendant plus précoce. Par contre, il semble difficile de changer leurs besoins nutritionnels de façon qualitative ; on ne peut agir que de façon quantitative, en augmentant par exemple les besoins en potassium d'une plante. Nous allons traiter ces deux aspects différemment.

L'ENVIRONNEMENT DES PLANTES CULTIVÉES

Donner à une plante que l'on cultive l'environnement optimum est chose peu facile, car celui-ci comporte trois composantes principales qu'il n'est pas toujours aisé de réunir : le sol, le climat et les plantes associées. De ces trois composantes, le sol est très certainement le plus difficile à contourner. C'est la raison pour laquelle notre époque est attirée par la culture hors sol, afin de s'affranchir définitivement de cette contrainte. Cependant, ce petit luxe technologique n'est envisageable que dans une riche économie de gaspillage et ne pourra jamais nourrir l'ensemble de l'humanité qui est encore soumise à cet impératif qu'est le sol. On comprend alors pourquoi nous avons insisté au premier chapitre de ce livre sur l'importance qu'il y a pour l'agriculteur à connaître son sol. Cette connaissance, alliée à celle, encore très empirique, des exigences des plantes, lui permettra de ne pas cultiver de légumineuses en sol très lourd (l'oxygène est nécessaire au développement et au bon fonctionnement des nodosités racinaires fixatrices d'azote) ou des aulx en sol très humide. Depuis que les engrais de synthèse font des miracles sur les rendements, beaucoup de maraîchers ont recherché des sols sableux, c'est-à-dire des sols inertes se comportant comme de simples supports, afin d'y cultiver des légumes de plein champ. L'absence du complexe argilo-humique de ces sols purement minéraux a été compensée par l'emploi massif et en excès d'engrais et de produits de traitement. Ces sols ont produit pendant une vingtaine d'années sans histoire, puis les choses se sont compliquées. Les pathogènes se multiplièrent dans ces sols où la

compétition microbienne n'était guère intense, vue l'absence du complexe colloïdal, source de tous échanges nutritifs. Pour maintenir ces pathogènes à un seuil tolérable, des doses croissantes de pesticides sont appliquées et l'on va même jusqu'à la stérilisation complète des sols, entre deux cultures, à l'aide de vapeur, de bromure de méthyle ou de dichloropropène (20). Cet exemple montre que l'on ne peut pas considérer le sol comme un simple support, mais qu'il est un élément, à part entière, de l'environnement des plantes. Il existe cependant des cas où des sols, même très bons pour le développement harmonieux d'une espèce de plante cultivée, ne pourront pas être retenus, du fait que les produits obtenus ne sont guère utilisables par l'homme. Ainsi, des carottes cultivées dans un sol très caillouteux présenteront de telles déformations et divisions que leur épluchage demandera des trésors de patience et des montagnes de temps. Pour aider l'agriculteur à respecter cette contrainte sol, il faudrait pouvoir disposer d'une classification des sols selon les types de culture, comme le modèle de Caton, et d'une classification des plantes cultivées en fonction de leur sol de prédilection. Ces classifications n'existent pas, hélas, et l'agriculteur devra se fier à son empirisme et à l'expérience des autres en ce domaine.

Le climat du pays d'origine de la plante a aussi son importance, mais l'homme peut jouer sur un facteur biologique essentiel : la variabilité génétique. Celle-ci, bien utilisée dans la sélection, peut aider l'homme à étendre l'aire de répartition d'une espèce. Cette sélection a bien sûr ses limites, et on ne peut pas rendre une espèce tropicale complètement insensible au froid, les maïs et les haricots gèlent toujours, même après cinq mille ans de domestication. Mais cette variabilité génétique peut permettre de rendre une espèce plus précoce, c'est-à-dire de la faire mûrir avant la saison froide. C'est ainsi que l'on a pu cultiver en Europe des espèces comme le maïs, le tabac ou le lin. Un exemple spectaculaire du raccourcissement d'un cycle végétatif est celui des blés de printemps, obtenus par les généticiens nord-américains. Ces blés ont la particularité de ne pas nécessiter une période de froid pour germer. Moins bien enracinés que les blés d'hiver, ils ont de plus faibles rendements, mais permettent d'étendre la zone de culture du blé vers le nord.

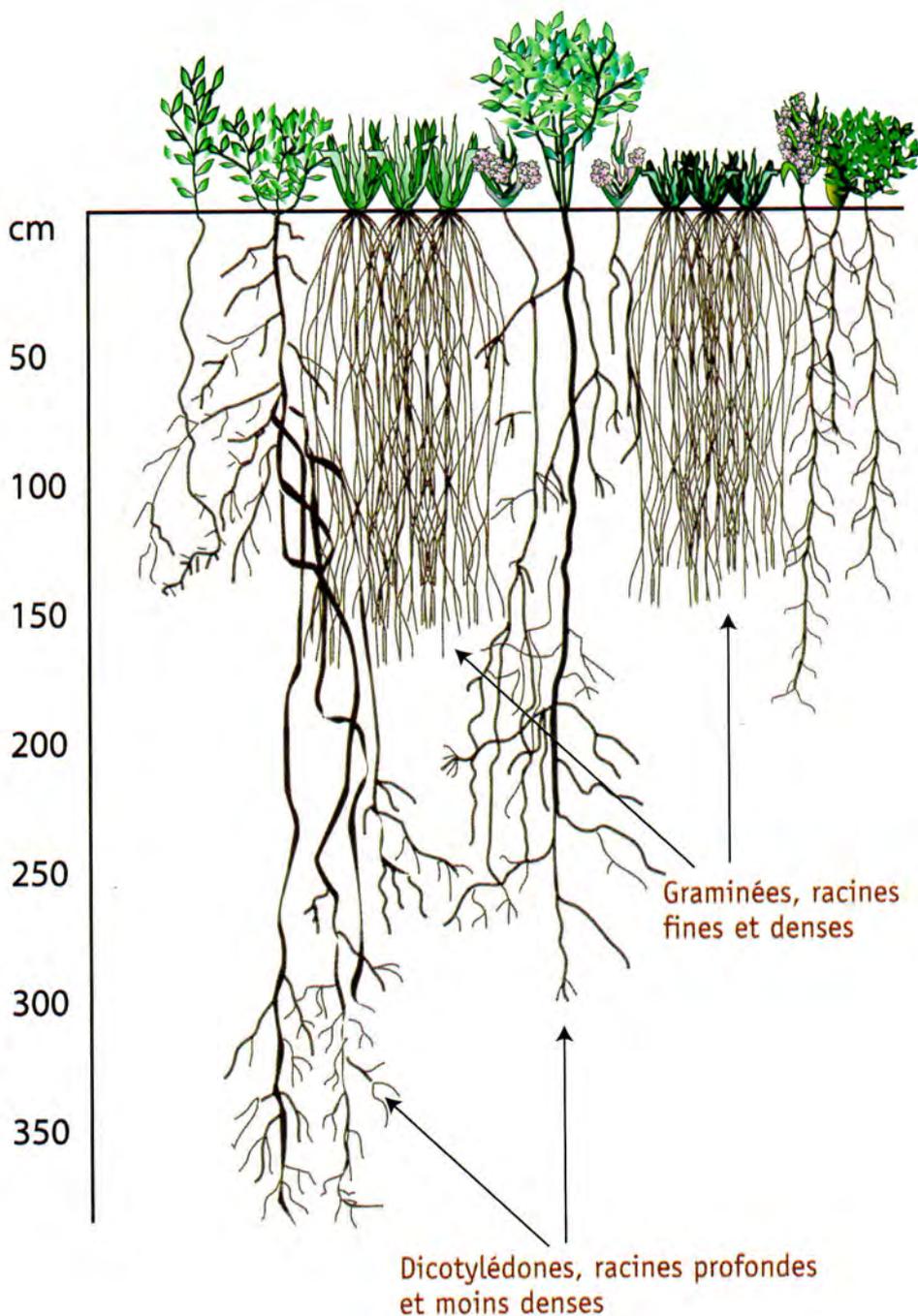
La sélection génétique permet aussi de jouer sur la sensibilité des plantes à la photopériode, c'est-à-dire à la longueur des jours et des nuits. Selon les espèces, certaines plantes démarrent leur cycle de

reproduction en fonction de la longueur du jour ou en fonction de la température. En général, les arbres des régions froides ouvrent leurs bourgeons en fonction de la longueur du jour ; c'est le cas du chêne par exemple. Les espèces ne sont donc pas trompées par un mois de février trop doux. Dans les régions équatoriales, où les jours et les nuits ont la même durée toute l'année, les plantes sont sensibles à la température. Le transfert de ces plantes, surtout les annuelles, dans nos régions, pose alors des problèmes. En effet, ces plantes n'en finissent pas de mûrir et peuvent même redémarrer une floraison si l'automne est clément. La récolte devient alors impossible, et le généticien se doit de pratiquer une longue sélection pour agrandir l'aire de culture de ces plantes.

Le dernier facteur, le plus difficile à maîtriser, de l'environnement des plantes est celui des autres plantes cultivées qui lui succèdent (rotation) ou qui l'accompagnent (association). C'est sans doute en raison de son extrême difficulté qu'il a été le plus négligé par l'agronomie, au point de ne plus être pris en compte dans le cas des monocultures sans rotation. Les modèles blé sur blé ou maïs sur maïs sont la négation même de l'importance de ce facteur environnemental dans la croissance harmonieuse de nos plantes cultivées. Nous essaierons d'aborder rapidement ce vaste sujet en le divisant en deux aspects : la rotation et l'association. Dans les traités les plus anciens, touchant l'agriculture, il est fait mention de la rotation. Il faudra cependant attendre Bernard Palissy pour que des mesures exactes de rendement nous montrent l'intérêt réel de celle-ci. Depuis, de nombreuses études ont confirmé ces résultats et montré que l'on avait toujours de plus forts rendements dans les systèmes en rotation. Les explications à ce phénomène restent hypothétiques ; personne n'a pu démontrer le rôle de tel ou tel facteur. Nous présentons ici nos hypothèses personnelles sur l'effet bénéfique des rotations, qui se résument à trois phénomènes : les exigences nutritives des plantes, l'amélioration de la structure du sol par les racines et la lutte contre le parasitisme. Voyons ces trois hypothèses l'une après l'autre.

Les espèces cultivées n'ont pas toutes les mêmes exigences nutritives selon leur physiologie. Ainsi, par exemple, la betterave est exigeante en potassium, mais pas en azote ; elle sera donc un bon précédent pour le blé car celui-ci est peu exigeant en potassium mais plus en azote. De même pour le colza qui exige du soufre et de l'azote, mais moins de potasse ou de phosphore. Ainsi, en connaissant la physiologie des plantes cultivées,

**SCHÉMA 8 – LES RACINES DANS LA GRANDE PRAIRIE
D'APRÈS M. GUINOCHET, 1965**



l'agriculteur peut alterner au mieux les espèces, afin de ne jamais vider le réservoir de son sol et de permettre aux microbes de mobiliser les éléments nécessaires. Imaginons par exemple un agriculteur qui voudrait faire du colza derrière du colza sans rotation ; très vite, son sol se viderait en soufre assimilable. En effet, ce sont les microbes, comme nous l'avons vu au chapitre précédent, qui mettent le soufre sous forme de sulfate assimilable par les plantes. Mais la vitesse de fonctionnement des microbes est inférieure à la vitesse d'absorption du sulfate par le colza, plante très exigeante en soufre. Ce décalage entre fourniture de sulfate par les microbes et absorption de ces mêmes sulfates par la plante aboutira très vite à l'épuisement du sol, non pas en soufre, dont les réserves du sol sont abondantes (de cinq cents kilos à trois tonnes par hectare), mais en sulfate. En pratiquant une rotation, c'est-à-dire en cultivant l'année suivante une plante comme le blé, peu exigeante en soufre, l'agriculteur permettra aux microbes du sol de reconstituer les stocks de sulfate du sol et rééquilibrera ainsi celui-ci.

En plus de cet aspect des éléments nutritifs, la rotation présente un autre intérêt dû à l'action des systèmes racinaires sur les sols. Selon les espèces, le système racinaire sera abondant et laissera après la culture beaucoup de matière organique favorable à une bonne structure du sol, ou bien sera peu développé (schéma n° 8). Ainsi, une luzerne laisse six tonnes de racines par hectare, alors qu'une betterave n'en laisse que huit cents kilos. On comprend ainsi l'intérêt qu'il y a à alterner les cultures pour maintenir la matière organique dans les sols. En plus de leur volume, les racines ont des comportements différents ; certaines espèces, comme la luzerne, s'enfoncent très profondément, ce qui permet d'aérer le profil et de créer des voies de passage pour les racines des plantes suivantes et pour les microbes et permettra la remontée biologique d'éléments comme le calcium ou la potasse ; d'autres espèces, comme le maïs, restent en surface. Inversement, la luzerne asséchera un sol, alors que le maïs lui laissera son eau. La rotation luzerne-maïs sera donc doublement nécessaire pour le sol. Une culture peut aussi avoir un double rôle comme protectrice, du fait de ses racines ; c'est le cas de la prairie. Toute personne qui a arraché une touffe d'herbes a pu constater deux choses : d'une part, la touffe résiste à l'arrachage et vient avec une grosse masse de terre, et d'autre part, cette terre, qui est prise dans les racines, est grumeleuse et bien aérée. Cette petite expérience nous fait comprendre l'intérêt de la polyculture-élevage qui, par la rotation cultures-prairies, permet d'assurer une bonne pérennité des sols.

Enfin, un dernier intérêt des rotations, et non des moindres, est la lutte contre les parasites et les mauvaises herbes. En alternant des plantes de physiologie et de famille botanique très différentes, on évite la pullulation d'une année sur l'autre des parasites des plantes. Ainsi, en maraîchage, on pratique l'alternance des types de plantes : plantes à feuilles (salade, épinard) suivies des plantes à racines (carotte, salsifis), suivies des plantes à graines (haricot, petit pois). En plus de cela, on assure l'alternance des familles. On ne mettra pas la carotte, plante racine, derrière le céleri, plante feuille, car ces deux légumes font partie de la même famille des ombellifères. Il en sera de même du chou, plante feuille, et du radis, plante racine, qui sont tous deux des crucifères. En suivant ces règles de rotation, on évitera le parasitisme et donc les traitements de pesticides.

De même, la rotation aide à lutter contre les mauvaises herbes, car chaque espèce de plante cultivée nécessite une préparation et un travail du sol particulier qui seront favorables à la germination et au développement d'un type d'adventices. Tous ceux qui ont connu la campagne française d'avant 1960 se souviennent des bleuets, des marguerites et des coquelicots dans les champs de blé, de l'oseille, des chardons et des chénopodes dans les champs de betterave, des pissenlits et des pâquerettes dans les prés. En alternant les plantes sarclées (betterave, pomme de terre) et les céréales, on évite la pullulation des mêmes espèces de mauvaises herbes d'une année sur l'autre. Sans cela, leur envahissement finirait par étouffer la culture. Grâce à la rotation, on peut limiter l'usage des pesticides et des herbicides, ce qui est un gain économique pour l'agriculteur et un avantage pour la santé des plantes et des consommateurs.

Dans le semis direct sous couverture, on apporte un niveau supérieur de complexité puisque l'on rajoute à la rotation des cultures, celles des plantes de couvertures. On choisit alors des plantes qui ont un fort pouvoir allélopathique contre les mauvaises herbes, c'est-à-dire qu'elles empêchent celles-ci de pousser et qui ont par contre un effet symbiotique sur la culture qui la suit. Ainsi par exemple un sarrasin semé dans la paille après moisson étouffera les mauvaises herbes mais stimulera le blé que l'on sèmera en direct dans sa couverture. De même une avoine semée en septembre étouffera les mauvaises herbes pendant l'automne et l'hiver et favorisera le maïs que l'on sèmera en direct, au printemps dans son couvert. Grâce à ces couvertures, l'agriculteur ne laisse plus

son sol se faire envahir par les dizaines d'espèces de mauvaises herbes, il contrôle l'espèce qu'il plante et apprend à gérer une complexité au lieu de la détruire comme le font les schémas simplistes de l'agriculture conventionnelle.

Hélas, l'exode rural et la recherche d'une productivité optimale ont fait abandonner la rotation par les exploitants agricoles. La monoculture sans rotation tend à devenir la règle et on peut voir en France des zones où l'on pratique du maïs ou du blé sur les mêmes parcelles, tous les ans, depuis trente ans. Ces cultures nécessitent bien sûr d'apporter les engrais que les microbes n'ont plus le temps de solubiliser et de traiter les cultures aux pesticides, afin de lutter contre le parasitisme. Les résultats de l'abandon des rotations se font cruellement sentir sur l'environnement, du fait de ces emplois massifs d'engrais et de pesticides. Et pourtant, comme le disait Sully : « Labourages et pâturages sont les deux mamelles de la France. » Ils permettent de faire alterner harmonieusement les cultures et les prairies pâturées, d'éviter ainsi la contamination des sols et des animaux et de permettre, grâce au fumier produit par les bêtes, de nourrir les microbes du sol qui nourriront à leur tour les plantes cultivées. Les règles sages ne nous guident plus, la rotation nous fatigue, la rotation nous ennuit, le changement n'est plus de mise dans une civilisation qui rêve d'homogénéité et de recettes pratiques. Nous voulons aller vite, le rythme de la vie est trop lent à nos yeux, c'est celui des machines qui nous fascine. Nous voulons des blés qui poussent à la vitesse des gratte-ciel, des vaches carnassières qui produisent du lait au débit d'un puits de pétrole et des poules qui pondent des œufs au rythme d'une mine de charbon... Drôle d'époque que celle qui ne sait pas faire la distinction entre machines et êtres vivants. Lorsque nous nous réveillerons de ce rêve mécanique, nous redécouvrirons le rythme des saisons, nous respecterons en la vie une complexité créatrice. La rotation est le fruit de l'observation séculaire des paysans. Lorsque les hommes auront compris sa triple nécessité comme amélioratrice de la structure des sols, comme moyen de profiter du rythme des microbes et comme lutte efficace contre les parasites et les mauvaises herbes, la rotation redeviendra la pratique agricole du XXI^e siècle.

Avec le semis direct sous couvert l'agriculteur s'émancipe de la technique simplificatrice qui étouffe notre société depuis un siècle. Ce n'est pas à coup de technique que l'on crée une société ou une agriculture harmonieuse c'est en développant de nouveaux concepts qui

permettent la gestion de la complexité car le champ est une vraie complexité. Faire de la monoculture sur un sol intoxiqué aux engrais que l'on traite comme un support ne peut que polluer l'environnement et produire des céréales de mauvaise qualité. En intégrant la rotation des cultures mêlée à celle des plantes de couverture on crée enfin une agriculture durable productrice d'aliments sains et de bonne qualité.

Voyons maintenant le domaine le plus mal connu de nos plantes cultivées, leur sociologie. De même que les hommes se regroupent en sociétés afin de bénéficier de ce vieil adage qui dit que l'union fait la force, les plantes s'associent entre espèces afin d'utiliser et de s'adapter au mieux à leur environnement. La science qui s'occupe des associations végétales, la phytosociologie ⁽⁴⁰⁾, est encore très jeune et ne commence que depuis peu à s'intéresser aux plantes cultivées. Il y a donc un énorme décalage entre la connaissance et la pratique. Pourtant, la sociologie des plantes est passionnante. Elle nous apprend que certaines espèces se détestent, le haricot et l'oignon par exemple, alors que d'autres se stimulent, comme l'ail et la fraise. L'association de deux plantes peut être bénéfique aux deux espèces, comme dans le cas de la carotte et du poireau qui se chassent mutuellement leurs parasites. Une association d'espèces peut aussi aider l'agriculteur à lutter contre les aléas du climat. Ainsi, jusqu'au XIX^e siècle, les agriculteurs mélangeaient plusieurs espèces de blé dans le même champ, afin de ne pas mettre tous les œufs dans le même panier. Le mélange de trois espèces (blé d'été, épeautre et froment) était classique, car le blé d'été, le plus productif mais le plus sensible à la sécheresse, donnait le bon rendement en cas d'année favorable. Le froment, plus résistant à l'humidité, donnait le rendement en cas d'année humide, et l'épeautre, très résistant à la sécheresse, sauvait la récolte en cas d'année sèche. Les céréales étaient aussi cultivées en cultures associées, c'est-à-dire en mélangeant les espèces entre elles. Ainsi étaient le méteil, mélange de froment et seigle ; le champart, mélange de froment, d'orge et de seigle ; la morgane, mélange d'orge et d'avoine. Ces cultures d'espèces associées avaient trois avantages : limiter le parasitisme, limiter les risques climatiques et enfin utiliser au mieux les éléments fertiles du sol grâce aux besoins physiologiques particuliers à chaque espèce.

Une autre association ancienne, celle des arbres fruitiers et des pâtures, avait deux avantages : elle évitait la propagation des parasites qui rendent si difficile l'arboriculture moderne, et procurait de l'ombre aux animaux qui, en se reposant sous les arbres, les fumaient avec leurs

excréments. Science subtile et passionnante, l'étude des associations végétales fera partie intégrante de l'agrologie du futur. Cette science, en nous permettant à la fois de connaître la fertilité des sols par l'étude des associations naturelles et de constituer les associations les plus favorables de plantes cultivées, nous permet de protéger notre environnement et notre santé. Le respect des associations n'est pas seulement utile en agriculture, il est aussi fondamental en culture forestière et dans celle des jardins et espaces verts. Voyons d'abord la forêt, si menacée sur terre et si précieuse pour l'équilibre de l'environnement. La forêt a cette particularité d'être formée de plantes, les arbres, qui ont une grande longévité et qui vont donc rester au même endroit pendant des dizaines, voire des centaines d'années. C'est, en quelque sorte, une absence de rotation. La nature a pallié ce manque en assurant une grande diversité d'essences forestières. Dans nos forêts, on compte plus de vingt espèces à l'hectare, et dans certaines forêts équatoriales, près de cent. L'homme, en cultivant la forêt, a rompu cet équilibre en pratiquant la monoculture. Les conséquences de cette pratique se font actuellement sentir. Les grandes monocultures de résineux européennes souffrent de maladies et de déséquilibres. La monoculture d'arbres est aussi fragile que la monoculture de céréales sans rotation. Le moindre insecte, le moindre changement climatique, la moindre pollution agit comme la goutte qui fait déborder le vase et qui rompt l'équilibre fragile de ces forêts. Ces phénomènes sont encore plus marqués dans le cas des résineux, car ceux-ci ont été plantés hors de leur zone habituelle de répartition. Comme nous l'avons vu dans le chapitre sur le sol, les résineux, du fait de leur matière organique acidifiante, détruisent les sols par le phénomène de podzolisation qui correspond à un lessivage des ions positifs et des humus dans le profil. On peut ainsi ruiner un sol riche en un siècle avec une plantation monospécifique de douglas. Des milliers d'hectares ont été ainsi rendus incultes à travers l'Europe, alors que ces mêmes hectares, plantés en feuillus variés, auraient fourni des sols féconds et auraient constitué des réserves de sol bien utiles dans cette époque de destruction des sols de la planète. Le résineux n'a pas sa place en plaine ; laissons-le dans les climats extrêmes du Grand Nord ou des sommets montagneux, là où aucun feuillu ne peut pousser. Sauvegardons la diversité des essences dans ces régions, en ne plantant pas que du douglas, mais en mélangeant harmonieusement épicéa et mélèze, pins et sapins. Cette diversité devra aussi être la règle dans les forêts de feuillus de l'avenir, qui verront pousser côte

à côte hêtres et chênes, frênes et charmes, érables et merisiers. Cette alternance, ce mélange des espèces d'arbres doit aussi être pratiqué dans les jardins d'agrément, les haies et les espaces verts. La mode actuelle des haies constituées d'une seule espèce, comme le laurier-cerise, le troène ou le cyprès va à l'encontre de l'équilibre et de la bonne santé de ces haies. Les nombreuses maladies et mortalités que l'on observe depuis quelques années sont en partie liées à cette culture unique qui a fragilisé ces bordures d'arbres. En alternant les espèces, feuillus et résineux, arbustes à fleurs et à épines, on obtient non seulement un effet décoratif supérieur, mais un état de santé général très appréciable. La diversité est source de santé, cela est valable aussi bien pour notre alimentation que pour la culture des arbres.

En arboriculture, l'alternance et l'association des espèces sont aussi des facteurs de réussite d'un verger. L'idéal serait de ne pas avoir les mêmes espèces côte à côte, mais ceci n'est pas toujours possible, pour des raisons économiques. Aussi, l'alternance des espèces sur les rangées est-elle un palliatif valable pour la santé d'un verger. Une rangée de pêchers tous les trois ou quatre rangs de vigne est une association très favorable pour les deux espèces. C'est un vaste domaine de recherche qui mériterait d'être développé en cherchant les associations d'arbres fruitiers les plus favorables. Il est d'ailleurs intéressant de rappeler que ces modèles traditionnels d'association sont les plus productifs à l'hectare. Nous profitons de ce chapitre pour démasquer un mensonge de l'agro-industrie. Celle-ci affirme que l'agriculture industrielle est intensive c'est faux, elle produit moins que les agricultures traditionnelles, c'est pourquoi son introduction a créé des famines dans les pays tropicaux. L'agriculture industrielle a une forte productivité du travail, c'est-à-dire que chaque agriculteur peut cultiver une grande surface, mais la production à l'hectare est faible car la monoculture et les engrais chimiques détruisent la fertilité des sols, provoquent leur fatigue et ne permettent qu'une culture par an contrairement à l'agriculture traditionnelle qui, grâce à l'association et à la rotation, peut faire jusqu'à trois cultures par an. Affirmer que l'agriculture biologique affamerait l'humanité est un mensonge, c'est exactement l'inverse qui se passe. L'agriculture industrielle a déjà détruit 1 milliard d'hectares en un siècle et continue de détruire 10 millions d'hectares par an, par l'érosion et l'irrigation et elle a été incapable d'arrêter la famine et de développer un modèle durable.

Tous ces exemples nous montrent l'intérêt qu'il y aurait à développer et améliorer ces systèmes associatifs grâce aux progrès de la génétique et à une meilleure connaissance scientifique de ces associations de plantes. C'est finalement un immense champ d'investigations qui s'ouvre à l'agrologie de demain avec cette sociologie des plantes. Le respect et la compréhension des lois sociologiques des plantes nous permettront de mieux les cultiver et de les faire grandir dans un état de santé bénéfique aussi bien pour les agriculteurs qui économiseront les produits de traitement que pour les consommateurs qui mangeront des végétaux plus sains et plus équilibrés.

LA NUTRITION DES PLANTES CULTIVÉES

Comme tous les êtres vivants, les plantes sont constituées ou utilisent des atomes provenant de la planète Terre. Ce qui oppose par contre les plantes aux autres organismes vivants, hormis les microbes autotrophes, c'est leur particularité à pouvoir prélever leurs éléments nutritifs dans ces deux sources de matière terrestre que sont l'atmosphère et le sol. C'est ce que nous avons vu dans le tableau n° 1 sur le croisement de l'énergie et de la matière réalisé par les plantes et les microbes. Nous autres mammifères et nos confrères les animaux sommes incapables de tirer notre substance de ces deux sources et sommes obligés de manger des plantes ou des animaux pour fabriquer notre corps.

Pour les plantes, prélever leurs aliments dans l'atmosphère et le sol demande d'utiliser des organes très différents. Elles utilisent des feuilles lisses et plates portées par des rameaux ou des tiges pour manger l'atmosphère qui ne contient que des atomes légers qui se brassent et s'homogénéisent rapidement. Elles utilisent par contre des racines nombreuses et enchevêtrées comme une chevelure pour manger le sol qui contient des atomes lourds et peu mobiles. Pour schématiser, on peut dire que ce sont les atomes légers de l'air qui vont aux feuilles, alors que ce sont les racines qui sont obligées d'aller vers les atomes immobiles du sol. Les feuilles sont des surfaces planes qui se laissent paresseusement caresser par le vent ; les racines sont des petites vrilles mobiles et nombreuses qui vont chercher leur substrat nutritif dans l'opacité du sol. Attente et action peuvent résumer les deux stratégies des feuilles et des racines. Et la biologie fait ici un pied de nez à notre civilisation industrielle, car l'attente calme des feuilles fournit plus de 95 % des

éléments constitutifs des plantes, alors que l'action pénible des racines en fournit moins de 5 %. Cette petite réflexion pourrait très bien s'intégrer dans un débat philosophique sur la légèreté et la lourdeur, la réflexion et l'action, ou dans un débat religieux sur l'attente de la prière et l'action des missionnaires. Revenons cependant à la nutrition des plantes, puisque tel est notre sujet. En réfléchissant un peu, nous comprendrons qu'il est tout à fait logique que ce soit l'atmosphère la principale source d'éléments constitutifs des organismes vivants. En effet, elle possède deux particularités : légèreté et homogénéité, qui en font un milieu idéal. L'atmosphère n'est formée que d'atomes légers : le plomb, l'or ou le platine ne constituent pas les gaz atmosphériques. Parmi ces atomes légers, quatre forment le plus gros de la matière vivante : ce sont le carbone, l'oxygène, l'azote et l'hydrogène. Ces quatre éléments atomiques de base sont les plus légers, capables de former des liaisons très fortes. C'est grâce à cela que nos corps sont à la fois solides et légers. Le plomb remplacerait le carbone dans nos organismes, notre vie serait bien différente. L'homogénéité et le brassage intense de l'atmosphère sont un autre avantage, car il permet le fonctionnement rapide des cycles de ces quatre éléments. Le gaz carbonique émis par la respiration est vite mélangé dans l'atmosphère et peut être ainsi rapidement utilisé par les plantes. On voit que la nature est bien faite, selon l'expression populaire, puisque les éléments de base constituant la matière vivante sont tout de suite accessibles, alors que les autres, qui ne représentent qu'un petit pourcentage des corps vivants, sont contenus dans ce milieu pesant qu'est le sol.

Maintenant que nous savons où et avec quels organes les plantes vont se procurer les éléments dont elles ont besoin, il nous faut regarder ces éléments. Le tableau n° 3 nous montre une chose intéressante : les compositions de l'écorce terrestre et de l'atmosphère sont très différentes de celles des plantes ou du corps humain. La particularité des plantes est donc de prélever très sélectivement les éléments dont elles ont besoin. Les êtres humains qui tirent leurs atomes de ceux des plantes et des animaux qu'ils mangent ont une composition très proche de celle de leurs aliments ; leur capacité de sélection n'a donc pas besoin d'être aussi grande que celle des plantes. Cette sélectivité de la nutrition des plantes nous laisse entrevoir la complexité des systèmes d'absorption que les végétaux mettent en œuvre afin de s'enrichir en certains éléments et non pas en d'autres. Certains de ces mécanismes restent encore mal connus et ne reposent que sur des hypothèses souvent hardies. Et pourtant,

TABLEAU 3 – COMPARAISON DES TENEURS EN DIFFÉRENTS ÉLÉMENTS
 entre l'atmosphère, l'écorce terrestre, le sol, les plantes et le corps humain,
 ainsi que les réserves de ces éléments dans la couche arable

| Principaux éléments | Teneurs dans l'atmosphère | Teneurs dans l'écorce terrestre (%) |
|---------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| Oxygène | 21 | 50 |
| Silicium | 0 | 26 |
| Aluminium | 0 | 7 |
| Fer | 0 | 4 |
| Sodium | 0 | 2,7 |
| Potassium | 0 | 2,5 |
| Calcium | 0 | 2,5 |
| Magnésium | 0 | 2 |
| Phosphore | 0 | 1,4 |
| Soufre | Traces | 0,15 |
| Chlore | Traces | 0,01 à 0,02 |
| Manganèse | 0 | 0,08 |
| Carbone | 0,01 | 0,09 |
| Bore | 0 | 0,01 |
| Zinc | 0 | 0,001 à 0,01 |
| Cuivre | 0 | 0,01 |
| Molybdène | 0 | 0,0001 à 0,002 |
| Hydrogène | 5×10^{-5} | 0,88 |
| Azote | 79 | 0,0001 |

| Teneurs dans le sol (%) | Teneurs dans les plantes (%) | Teneurs dans le corps humain (%) | Quantité dans la couche arable (3 000 t/ha) |
|-------------------------|------------------------------|----------------------------------|---|
| 30 à 50 | 44 | 65 | 900 à 1 500 t/ha |
| 40 à 70 | Traces | 0,002 | 1 500 à 2 100 t/ha |
| 2 à 12 | Traces | 0,0002 | 60 à 350 t/ha |
| 0,7 à 5 | 0,05 | 0,006 | 20 à 150 t/ha |
| 0,07 à 0,8 | 0,1 à 0,9 | 0,15 | 2 à 25 t/ha |
| 0,7 à 2 | 0,2 à 2,5 | 0,2 | 20 à 80 t/ha |
| 0,5 à 35 | 0,1 à 3 | 1,5 | 15 à 1 000 t/ha |
| 0,5 à 1,5 | 0,1 à 0,9 | 0,05 | 15 à 60 t/ha |
| 0,02 à 0,5 | 0,1 à 0,9 | 1 | 0,6 à 15 t/ha |
| 0,1 à 1,5 | 0,1 à 0,5 | 0,25 | 0,3 à 4,5 t/ha |
| 0,01 à 0,02 | 0,01 à 0,9 | 0,15 | 300 à 600 kg/h |
| 0,01 à 0,1 | 0,05 | Traces | 0,3 à 15 t/ha |
| 0,05 à 10 | 44 | 18 | 1,5 à 300 t/ha |
| 0,0004 à 0,01 | 0,05 | Traces | 12 à 300 kg/h |
| 0,001 à 0,05 | 0,002 | Traces | 30 à 1 500 kg/h |
| 0,0001 à 0,01 | 0,002 | 0,00002 | 3 à 300 kg/h |
| 0,0001 à 0,001 | 0,0001 | Traces | 3 à 30 kg/h |
| 0,8 | 6 | 10 | 20 t/ha |
| 0,03 à 0,25 | 0,5 à 4 | 3 | 1 à 8 t/ha |

TABLEAU 4 – LES ÉLÉMENTS ATOMIQUES CONSTITUANT LES ORGANISMES VIVANTS OU PARTICIPANT À LEUR MÉTABOLISME

• LES ÉLÉMENTS PROVENANT DE L'ATMOSPHÈRE

Ils représentent de 92 à 98 % du poids sec des plantes.

> **4 éléments vitaux et constitutifs** : le carbone, l'oxygène, l'hydrogène et l'azote.

• LES ÉLÉMENTS PROVENANT DU SOL

Ils représentent 2 à 5 % du poids sec des plantes.

> **12 éléments vitaux** dont :

- 2 non constitutifs : sodium, potassium.
- 10 constitutifs : phosphore, bore, calcium, magnésium, soufre, fer, manganèse, molybdène, cuivre, zinc.

> **18 oligo-éléments accessoires** ou de rôle mal connu dont :

- 4 non constitutifs : lithium, rubidium, césium, chlore.
- 14 constitutifs : fluor, silicium, sélénium, cobalt, iode, strontium, baryum, aluminium, vanadium, étain, nickel, chrome, béryllium, brome.

ces mécanismes d'absorption font partie de ces réactions biologiques fondamentales. Sans cette spécificité d'absorption, le monde vivant n'aurait jamais pu se différencier du milieu sur lequel il se développe. Cette sélectivité fait que, sur les cent six éléments qui constituent la planète Terre, seuls trente-quatre seraient nécessaires à la vie et seize seulement seraient absolument indispensables aux plantes. Le tableau n° 4 nous montre ces trente-quatre éléments nécessaires aux plantes, en les divisant en deux grands groupes : ceux provenant de l'atmosphère et ceux provenant du sol. La première remarque que l'on peut faire, au vu de ce tableau, c'est que la plante se nourrit quantitativement dans l'atmosphère et qualitativement dans le sol. Très peu d'éléments atmosphériques forment le plus gros de la matière sèche végétale ; beaucoup d'éléments du sol forment très peu de matière végétale. Cette remarque est importante, car elle nous montre le défaut de l'agronomie actuelle qui, avec les engrais, nourrit quantitativement les plantes par le sol, ce qui va à l'encontre de leur physiologie. Une autre remarque que l'on peut faire

est que le sol fournit deux types d'éléments aux plantes : des éléments non constitutifs que la plante emprunte et rend en fin de culture, et des éléments constitutifs qui entrent dans la composition des molécules organiques des végétaux.

Maintenant que nous venons de voir l'origine des atomes constituant les plantes, il nous faut savoir sous quelles formes et par quelle voie ces atomes pénètrent dans les plantes, car en fait, les végétaux ne mangent pas que des atomes, mais aussi des molécules, c'est-à-dire des groupes d'atomes. Voyons d'abord les quatre éléments provenant de l'atmosphère. Le carbone et l'oxygène, qui à eux seuls forment 88 % des végétaux, proviennent du gaz carbonique qui est constitué d'un atome de carbone et de deux atomes d'oxygène. Cette entrée du gaz carbonique dans la constitution de la plante se fait grâce à cette réaction qu'est la photosynthèse qui permet d'intégrer le carbone et l'oxygène du gaz carbonique dans la structure d'un sucre. L'hydrogène, qui forme 6 % des végétaux, provient de la décomposition de l'eau de pluie en oxygène qui se dégage et en hydrogène qui s'intègre aux tissus des plantes. Cette décomposition a lieu lors de la photosynthèse et reste d'ailleurs un mystère que les chercheurs aimeraient bien percer afin d'obtenir à bas prix et en grande quantité oxygène et hydrogène. En outre, l'eau fournit aussi de l'oxygène constitutif aux plantes. Enfin, l'azote, nous l'avons vu dans le schéma n° 4, provient de l'atmosphère grâce à des microbes très particuliers qui sont capables de transformer l'azote gazeux en ammonium. Ce dernier entrera directement dans les légumineuses, sous forme d'acide aminé, ou sera converti en nitrate par les microbes du sol et absorbé alors par les autres plantes.

Voyons maintenant les éléments provenant du sol. Ils sont les plus nombreux et se divisent en deux groupes : les éléments non constitutifs et les constitutifs. Les premiers, les ions monoatomiques, sont les seuls qui ne passent pas par les cycles microbiens et entrent dans la plante sous forme atomique. Ils sont de simples transporteurs de charges et, en tant que tels, sont empruntés au sol par les plantes et rendus en fin de cycle. Certains portent des charges positives, comme le potassium, le sodium ou le lithium. Le chlore, lui, porte une charge négative. Bien que les plantes aient, selon les espèces, une préférence pour le potassium ou le sodium, les autres ions positifs peuvent être donnés aux plantes pour leur croissance. On peut ainsi faire croître une plante avec le lithium ou le rubidium comme seule source de

charges positives. À l'inverse, les éléments constitutifs des plantes provenant du sol n'entrent pas comme les précédents sous forme atomique, mais sous forme oxydée ou chélatée. Les transformations sont effectuées par les microbes du sol qui mettent sous forme assimilable ces éléments contenus dans la roche mère ou dans l'humus. Ainsi, tous les autres éléments du sol vont entrer dans les plantes par voie microbienne. Le phosphore sera libéré en phosphate, le soufre oxydé en sulfate par exemple, et ces réactions d'oxydation des éléments du sol peuvent être effectuées par une microflore parfois très spécifique.

Pour que ces éléments puissent être oxydés, il faut qu'il y ait de l'oxygène dans le sol et ceci se fait grâce à l'aération du sol effectuée par la faune, comme nous l'avons vu au chapitre précédent. Microbes et faune participent à l'alimentation des plantes. Dans les sols morts de nos champs, l'absence de microbes et de faune a rendu les plantes dépendantes des engrais chimiques, comme le champion cycliste de sa drogue.

D'autres éléments, comme le fer, le manganèse, le bore, le molybdène sont chélatés. Les chélates sont des substances organiques complexes formées dans le sol par les microbes. Ainsi, les bactéries du sol attachent le fer soit sur un acide organique, comme l'acide acétique pour former l'acétate du fer, soit sur les acides humiques de l'humus. Ces formes assimilables du fer pourront être absorbées par les plantes. Une quinzaine d'oligo-éléments importants du sol pénètrent ainsi sous forme organique dans les plantes. Cette constatation nous permet de détruire un préjugé solide comme quoi les végétaux ont une alimentation purement minérale. Les plantes sont incapables d'absorber du fer ou du bore minéral, elles dépendent pour leur absorption du rôle chélateur des microbes. On comprend alors pourquoi les carences apparaissent de plus en plus fréquemment dans les cultures où l'on cesse d'apporter le fumier nécessaire à la vie microbienne. Nous développerons davantage cet aspect lors du chapitre sur la fertilisation, car le préjugé de l'alimentation purement minérale des plantes est à peu près aussi tenace que celui de la génération spontanée au XIX^e siècle. Or, les préjugés sont toujours à la base de blocages de la pensée et d'erreurs dans la pratique.

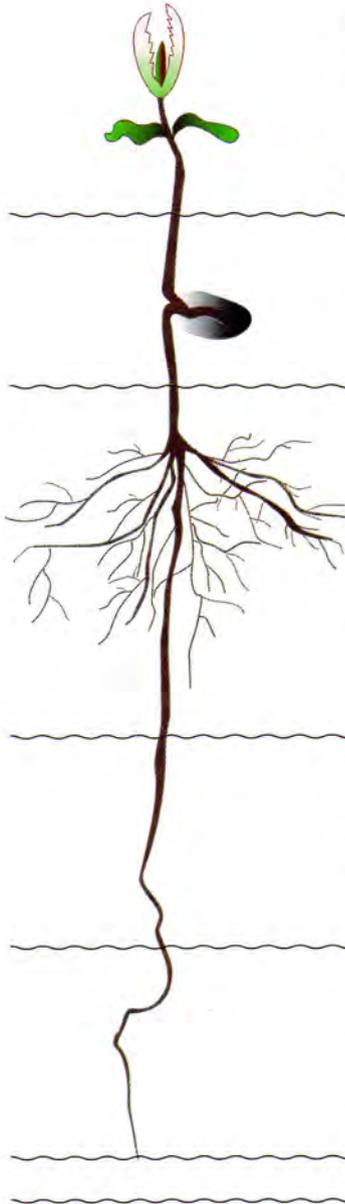
Avant de quitter la nutrition des plantes, il nous faut parler d'un élément qui ne constitue pas les plantes, mais qui sert de milieu transporteur pour les éléments nutritifs dans le monde vivant : il s'agit de

l'eau. Sans celle-ci, pas de cultures possibles, les déserts sont là pour témoigner. Partout où le tissu végétal est vivant, l'eau le traverse. Ce liquide de vie ne quitte le végétal qu'au moment de la maturité chez les plantes annuelles et dans le cœur durci des arbres à feuilles. Cette eau vient du ciel, baigne les racines et remonte par la sève vers les plantes. Pour absorber l'eau, les racines ont deux stratégies. Soit elles l'absorbent par leurs poils absorbants, soit par les filaments des mycorhizes, ces champignons symbiotiques qui vivent dans les racines des plantes et participent à l'absorption des éléments du sol en échange du sucre racinaire. Dans le cas des arbres, l'absorption d'eau ne se fait que par les mycorhizes. Aussi, toute attaque de la microflore forestière peut-elle avoir des répercussions dramatiques sur les arbres.

Cette présentation, peut-être un peu trop rapide, de la nutrition des plantes nous a montré quatre phénomènes très importants à retenir. Premièrement, les plantes puisent la plus grande partie de leurs aliments dans l'atmosphère et une très faible dans le sol. Deuxièmement, tous les éléments constitutifs des plantes et venant du sol sont rendus assimilables par les microbes qui les oxydent ou les chélatent. Troisièmement, les seuls éléments prélevés directement dans le sol, sans passer par une transformation microbienne, ne sont pas constitutifs des végétaux, mais sont empruntés au sol par les plantes et rendus en fin de croissance. Enfin, quatrièmement, l'eau est le milieu de transport de tous ces éléments nutritifs et représente à elle toute seule plus de 80 % du poids des végétaux frais. Ces quatre phénomènes méritent d'être compris et retenus, car ils nous seront très utiles pour aborder l'important chapitre de la fertilisation des champs. Sans la connaissance de ces quatre faits, on ne peut pas fertiliser correctement un sol.

Nous terminerons avec le schéma n° 9, qui résume de façon condensée le rôle de chaque couche terrestre dans l'alimentation et le développement des plantes. On y distingue deux horizons nutritifs : l'atmosphère et l'horizon B, un horizon A organique pour la germination et enfin les horizons minéraux C et D qui servent surtout pour l'alimentation en eau. Gardons ce schéma en tête ; il nous montre que la plante a ses pieds dans la terre et sa tête au ciel. Elle réalise cette parfaite synthèse entre le terrestre et l'aérien, alors que nous, pauvres de nous, manquons de racines et avons une tête trop remplie de raison.

SCHÉMA 9 – LES ZONES D'ALIMENTATION DES PLANTES



Atmosphère :

source pour la plante de carbone, oxygène, hydrogène et azote, soit 92 à 98 % de son poids.

Sol :

chaque horizon abrite une étape physiologique des plantes.

A > organique :

horizon de la germination
- les microbes fabriquent l'humus qui retient l'eau,
- la faune aère le sol.

B > organominéral :

horizon de la nutrition
- les racines prélèvent les cations dans le complexe,
- les microbes fabriquent les anions.

C > minéral :

horizon de l'alimentation en eau et nutrition par les microbes et synthèse des argiles.

D > roche mère :

pénétrée au niveau des fissures et transformée en argile.

Eau de la nappe phréatique recherchée par les plantes en zone sèche.

• Biodiversité et agriculture

L'homme cultive les plantes à des fins nombreuses et variées. Les plantes cultivées sont une source d'alimentation, de substances médicinales, aphrodisiaques ou hallucinogènes, enfin des produits utiles à la vie quotidienne (bois de construction, fibres textiles, caoutchouc, etc.). Chaque plante demande donc un type de culture permettant d'obtenir la meilleure qualité et la plus grande quantité de la substance recherchée. Pour arriver à ses fins, le cultivateur s'est appliqué à sélectionner les plantes et à leur procurer un environnement optimal, le champ. Mais avant toutes ces techniques, il y a d'abord eu, à la base de toute agriculture, le sacré. Ce n'est que depuis cinquante ans environ que l'agriculture a coupé les ponts avec la dimension spirituelle. Il ne faut cependant pas oublier que pour toutes les civilisations agricoles, les plantes cultivées avaient été données aux hommes par les dieux, et que toutes les améliorations génétiques ou techniques étaient aussi des dons divins. Sur les huit mille ans d'évolution de l'agriculture, la science n'agit que depuis un siècle, et la religion, associée à l'empirisme, a agi pendant sept mille neuf cents ans. Il est important de souligner ceci, car notre époque a tendance à mépriser les acquis spirituels et empiriques. Or, ceux-ci sont fondamentaux ; les hommes n'ont pas attendu la science pour manger, et il serait vain et prétentieux de balayer sept mille neuf cents ans d'expériences spirituelles par cent ans de science, même si on qualifie cette spiritualité de magie. La science n'est pas si miraculeuse que notre époque le croit, et on peut souligner qu'en cent ans, les scientifiques agronomes n'ont domestiqué aucune nouvelle espèce végétale, et ce malgré les énormes progrès de la génétique qui n'a fait que perfectionner un acquis millénaire mais n'a rien créé. Soyons objectifs et reconnaissons la valeur de l'approche spirituelle du monde ; elle permet de créer et ne doit donc pas être dévalorisée. Notre innovation actuelle se limite au niveau industriel et tend à se substituer à l'innovation biologique. Toutes les innovations agricoles ont été faites par des agriculteurs. Les agronomes n'ont rien inventé, ils n'ont que rendu périssable l'agriculture.

Regardons par exemple ce que nous avons fait de nos variétés cultivées. En 1906, on dénombrait deux cent cinquante-trois variétés de pommes françaises ⁽³⁸⁾. En 1986, il n'en reste plus que dix sur le marché, qui ne représentent que 8 % du marché national ; quatre variétés américaines

fournissent 92 % du marché, dont la golden qui à elle toute seule se taille plus de 70 % du gâteau. Nous n'avons gardé que les variétés les mieux adaptées à la culture moderne et au conditionnement industriel.

L'érosion de notre patrimoine génétique ne s'est pas limitée à la perte des variétés ; elle a aussi touché, chose plus grave, la perte d'espèces. Ainsi, au début du xx^e siècle, les agriculteurs français cultivaient neuf espèces de blé ; ils n'en cultivent plus que deux. On a retiré du circuit les espèces qui ne s'adaptaient pas aux engrais, pour ne conserver que les plus exigeantes en ces produits, à la joie des marchands et au grand dam de l'environnement. La sélection se poursuit et, bientôt, les agriculteurs européens ne devraient plus cultiver qu'une seule espèce dont on extraira les constituants pour faire des pâtes ou du pain, de la farine ou de la bière. Cette destruction génétique va atteindre son paroxysme avec les OGM. En absorbant les semenciers, l'industrie chimique a amélioré la qualité des cultures mais a rendu les plantes dépendantes de produits chimiques. En effet, un grand frein aux bénéfices de ces entreprises est la durée limitée des brevets. Lorsque ces derniers sont périmés la concurrence s'exerce entre les entreprises et le prix du produit, tombé dans le domaine public, s'effondre. Avec les OGM les entreprises ont trouvé une solution pour sauver leurs bénéfices. Elles créent une plante résistante à leur herbicide et la vendent à l'agriculteur moyennant un contrat dans lequel il est spécifié que l'agriculteur ne peut utiliser que la molécule de l'entreprise. Avant les consommateurs mangeaient très peu de pesticides car ceux-ci étaient épandus sur les enveloppes extérieures des graines ou des fruits et les traitements étaient interdits dans les trente jours précédant la récolte. Avec les plantes OGM, les insecticides sont présents dans chaque cellule des plantes, ils représentent des quantités qui sont 10 000 à 100 000 fois supérieures par hectare, par rapport aux insecticides traditionnels et les consommateurs en absorberont beaucoup plus. Avec les OGM la diversité... industrielle et chimique aura définitivement remplacé la diversité du vivant.

Devant une telle évolution industrielle et une telle involution biologique, la question que l'on est en droit de se poser est la suivante : sera-ce un réel progrès pour notre santé et notre bien-être ? Personne, hélas, ne peut répondre de façon objective. Les réponses ne peuvent être que d'ordre émotionnel. Les passionnés de techniques répondront oui sans hésiter, et les romantiques répondront non avec la même chaleur. En fait, nous allons vers l'inconnu, l'aventure que nous nous

sommes créée n'a démarré vraiment que depuis trente ans. Pendant deux millions d'années, nos estomacs se sont habitués à des centaines d'espèces de plantes ; depuis trente ans, ils tentent de s'adapter à des milliers de molécules chimiques nouvelles. L'adaptation se fera-t-elle ? Forcément, mais peut-être pas pour tous comme nous le montre l'épidémie d'obésité actuelle. Nous créons notre propre sélection, car nous créons notre propre monde. Tant pis pour ceux qui ne passeront pas la barre de la sélection de ce monde humain, la graisse et la tristesse seront leurs compagnes.

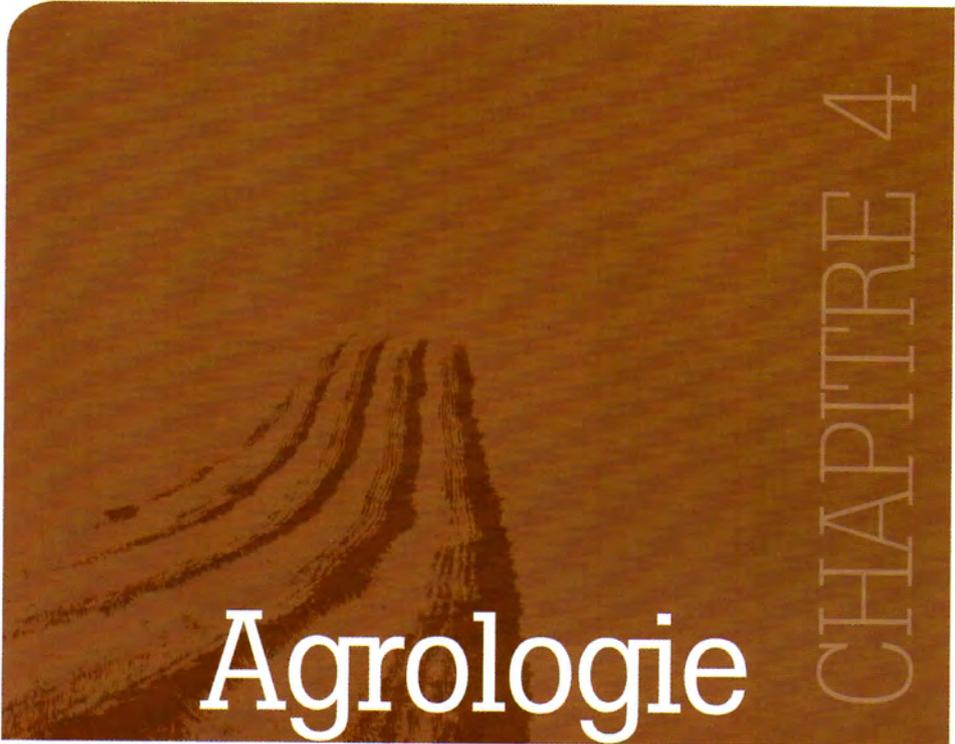
Petit à petit, nos espèces et nos variétés de plantes cultivées quittent nos vergers, nos potagers et nos champs au profit de quelques variétés productives, mais souvent insipides. Cette disparition sera-t-elle aussi totale que celle des espèces sauvages ? Non, car il y a toujours quelques irréductibles Gaulois qui conservent jalousement le pommier du grand-père et l'oignon de la grand-mère. Dans le monde humain, une disparition est rarement totale, surtout lorsque l'homme veille, car ce qui est rare est cher et donc recherché. Plus rare est une variété, plus nombreux sont les amateurs qui la désirent. Les collectionneurs ne se contentent pas de sauver des œuvres d'art, ils sauvent aussi nos variétés cultivées, et tant qu'il y aura des jardiniers amateurs, il y aura des petits lopins de terre pour sauver les variétés. Il en va pour nos plantes comme pour la connaissance : en cas de coup dur, il y a toujours des îlots de survie. Lorsque les Barbares écrasèrent l'Empire romain, la chrétienté survécut dans les monastères d'Irlande, d'Écosse et de Byzance, et lorsque la paix revint, ces îlots bourgeonnèrent et essaimèrent à travers l'Europe.

Nous avons choisi de rompre notre alliance avec la plupart des espèces de plantes cultivées, mais cette rupture n'est pas générale ; de nombreux jardiniers ou agriculteurs ont conservé le pacte et, dans le secret de leur conscience, restent unis avec la terre. Plus nos campagnes s'uniformisent, s'homogénéisent, plus les petits jardins deviennent secrets, variés et riches de leur devenir. Lorsque les hommes comprendront qu'il ne sert à rien d'avoir une science génétique évoluée lorsqu'il n'y a plus d'espèces vivantes à améliorer, ils seront contents d'apprendre que quelques irréductibles Gaulois ont assuré l'avenir. L'humilité du jardinier couvrira de pipi froid l'orgueil du

généticien qui se croyait roi en manipulant les ADN. Cet abandon de nos plantes cultivées n'est que temporaire ; il est une étape dans notre devenir, et nous avons besoin de chasser la nature pour nous éprouver et pour avoir la joie de la voir revenir au galop.

Nous n'avons jusqu'ici parlé que des plantes cultivées or celles-ci ne représentent qu'une infime partie des 250 000 espèces sauvages de plantes à fleurs. Les généticiens se focalisent sur les OGM, c'est-à-dire continuent à appauvrir le bagage génétique de nos plantes cultivées mais aucun n'est assez innovateur et moderne pour s'intéresser aux milliers de plantes non domestiquées. Ce manque d'innovation, incapacité d'aller de l'avant est une des tares les plus graves de l'agronomie. Alors que les autres activités humaines débordent d'innovations et de modernisme, alors que l'industrie ne cesse d'inventer de nouveaux outils comme les ordinateurs, les téléphones portables, etc. Les généticiens agricoles restent archaïques, et continuent à travailler sur les mêmes espèces cultivées depuis 4 000 ans. Pas une seule nouvelle plante agricole n'a été domestiquée depuis 2 000 ans. Ce manque d'imagination, cette attitude primitive ne touche, nous le répétons, que les généticiens agricoles, car les horticulteurs, eux, ne cessent de naturaliser de nouvelles plantes décoratives pour la joie de nos jardins. Mais dans nos champs c'est toujours les mêmes espèces qui poussent. Pourquoi un tel immobilisme ? Nos ancêtres étaient bien plus modernes en leur temps, eux qui ont domestiqué tant d'espèces comestibles et les ont associées dans leur champ. Cette incapacité des généticiens agricoles à entrer dans la modernité est probablement liée au fait qu'ils ne sont plus libres mais entièrement dépendants des grands groupes industriels qui ont racheté tous les semenciers du monde. Le but n'est plus alors d'innover en matière agricole mais de protéger des brevets. Et comme quatre ou cinq grands groupes tiennent la majorité des semences, l'innovation n'est pas prête de venir. Ce blocage est très regrettable car le développement d'une agriculture durable ne peut se faire que grâce à la domestication d'espèces sauvages adaptées à tous les écosystèmes du monde. Les grands groupes dépensent des fortunes pour créer des maïs OGM résistants à la sécheresse alors qu'il existe de nombreuses espèces de Poacées naturellement résistantes qui ne demandent qu'à être améliorées selon les techniques classiques de la sélection massale. Hélas, ces plantes ne sont pas brevetables et n'intéressent donc pas ces grands groupes qui ont obtenu par les OGM et grâce à la lâcheté des

citoyens, le droit de breveter le vivant. Bien sûr, les OGM sont présentés comme la technique qui sauvera le monde, mais n'oublions jamais que l'enfer est toujours pavé de bonnes intentions. La biodiversité est immense, elle représente des potentialités remarquables en permettant de nourrir les hommes dans de nombreuses régions du monde, encore faut-il que nous soyons assez modernes et assez innovateurs pour utiliser ces potentialités.

The background of the top section is a solid brown color. In the lower-left portion of this section, there is a faint, stylized image of a plowed field with several parallel furrows receding into the distance.

Agrologie

CHAPITRE 4

et fertilisation

« Les principes fertilisants dont les plantes ont besoin pour le développement se rencontrent généralement dans tous les sols, mais en proportion essentiellement variables. »

ACHILLE MUNTZ, *Les engrais*, 1891.

Dans les chapitres précédents nous avons découvert la complexité du sol sur ses trois plans, physique, chimique et biologique et nous avons vu que les plantes elles aussi avaient des besoins nutritionnels. Cette compréhension des lois du sol et des écosystèmes nous permet de réaliser que l'agronomie classique avec ses apports d'engrais ternaires N, P et K était très archaïque car elle simplifiait outrageusement le modèle agricole. Si nous voulons faire une agriculture durable il nous faut donc changer complètement le concept désuet de la fertilisation chimique et développer un concept plus global de la fertilisation. Le paysan doit stimuler la fertilité de cet ensemble que constitue le sol, la faune du sol, les microbes du sol et les plantes. La fertilisation chimique est un simple dopage des plantes, elle provoque une forte augmentation des rendements mais entraîne un effondrement de la **qualité** des plantes, ce qui nous fait perdre le plaisir de manger. En gérant la fertilité globale du champ le paysan s'assure d'une production **qualitative**. Il ne se contente alors plus de nourrir les hommes mais il leur fait plaisir en produisant des aliments goûteux et en respectant l'environnement. Il adapte les mêmes règles que celles qui se développent dans l'industrie à savoir les règles d'une production

de qualité. Ceci représente une vraie révolution pour les agriculteurs qui depuis cinquante ans produisent, sans jamais se préoccuper du devenir de leur production. Ils livrent à la coopérative ou au groupement d'achat le blé et la viande sans se préoccuper de savoir si le pain produit avec leur blé sera bon ou insipide, si leur viande sera goûteuse ou pleine d'eau. Ce désintéressement pour le devenir de leur production est en partie responsable de la démoralisation de beaucoup d'agriculteurs. Or le métier de paysan est, avec le métier de médecin, le plus complexe du monde car s'il ne faut pas avoir inventé l'eau tiède pour épandre des excès d'engrais et des pesticides en suivant les conseils des agronomes, il faut par contre être à la fois pédologue, biologiste du sol, physiologiste des plantes et des animaux, climatologue, machiniste, comptable, commerçant et sociologue pour élaborer et vendre un produit de terroir.

• La fertilisation du sol

Pour améliorer la fertilité d'un sol en vue d'une culture, l'homme peut agir à différents niveaux. Il peut modifier le sol si celui-ci ne se prête vraiment pas à la culture envisagée, ou simplement stimuler la fusion des argiles et des humus, afin d'assurer la formation d'un complexe argilo-humique qui, comme nous l'avons vu lors du chapitre sur le sol, est la base de la fertilité. Nous diviserons ces niveaux d'action humaine en trois : la modification du relief, celle du profil cultural et enfin celle de la texture intime du sol.

Il peut arriver que le relief d'une région ne se prête pas à une culture donnée, alors que le climat y est excellent ou que la densité humaine y est telle qu'il faut absolument pratiquer cette culture. Dans ce cas, l'homme modifie le relief pour l'adapter à sa culture. Cette modification peut aller du simple nivellement à la culture en terrasse. Dans le cas du maraîchage, par exemple, le nivellement peut se ramener à un simple aplanissement afin d'obtenir des surfaces de pentes parfaitement contrôlées. On peut ainsi, grâce aux niveleuses modernes à rayon laser, obtenir une surface parfaitement horizontale pour l'installation de rails nécessaires à la circulation des wagonnets transporteurs, ou obtenir une légère pente afin de faciliter l'irrigation par simple écoulement. Il est aussi possible de créer des sillons parfaitement calibrés et parallèles pour les semis automatisés. Dans la vallée maraîchère du

sud de Los Angeles, les sillons sont tellement parfaits qu'ils créent un rythme obsédant pour l'œil lorsque l'on roule en voiture le long de ces champs. Si le relief est très accentué, l'homme peut être amené à effectuer des travaux importants comme la confection des cultures en terrasses. Autrefois, ces cultures faisaient le charme des régions viticoles et fruitières. Le travail énorme de construction et d'entretien des murs de soutènement a été la cause de la disparition de ces types de culture. Néanmoins, l'aggravation de l'érosion, suite à l'abandon des terrasses, a fait apparaître un autre style de travail où ces terrasses sont réalisées à l'aide de bulldozers, les murets étant remplacés par des pentes de terre. Pour ralentir l'érosion, des plantes rampantes, comme le câprier en Espagne, sont cultivées sur ces pentes.

Le chef-d'œuvre agricole de culture en terrasses reste cependant les rizières du Sud-Est asiatique où le riz monte jusqu'au sommet des collines grâce à des terrasses qui suivent, de façon rigoureuse, les courbes de niveau, permettant ainsi à l'eau de rester dans ces champs inondés. Admirable travail d'irrigation, où les tuyaux sont en bambou et où certains champs ne dépassent pas la dimension d'un tapis. La beauté de ces paysages donne raison à Pascal qui disait que le beau est utile. Tout le monde a eu l'occasion, en vrai ou en images, de rêver sur ces paysages façonnés par l'homme où l'eau miroite sur les collines entre le vert intense de la végétation des digues, semblant braver ainsi les lois de l'équilibre.

Il arrive parfois que ce soit le profil même du sol qui ne convienne pas à une culture. L'homme peut alors le modifier et faire d'un milieu hostile un environnement favorable à la plante cultivée. C'est le cas, par exemple, des sols podzolisés où la matière organique évoluée s'est enfoncée en profondeur, échappant ainsi à son rôle dans la maturité du sol et dans l'alimentation des microbes et des plantes. Un labour profond, permettant de remettre cette matière organique en surface, devient alors favorable. En arboriculture, lorsque le sol, trop sableux ou trop caillouteux, ne permet pas un bon démarrage des arbres, on peut utiliser la technique du trou romain. Il s'agit de creuser, pour chaque arbre, une fosse que l'on remplit de bonne terre. En zone sèche, on y enfouit en même temps une jarre de terre cuite dont on laisse dépasser le col. Ce système permet d'irriguer les arbres sans lessiver les éléments nutritifs contenus dans la terre du trou, grâce à la lente diffusion du liquide à travers les parois ⁽⁷⁾.

Enfin, en plus du changement de relief et de profil, l'homme peut changer la texture du sol, c'est-à-dire la dimension des particules qui constituent ce sol. Il peut ainsi retirer les pierres trop grosses d'un champ, apporter du sable dans un sol trop argileux ou apporter des argiles dans un sol trop sableux. Ces améliorations minutieuses de la constitution intime du sol font partie du passé, le sol ayant perdu son autonomie dans l'agronomie moderne, puisqu'il est ramené au simple rôle de support. Nous décrivons cependant quelques-unes de ces techniques, car si certaines, trop coûteuses en travail, ne seront probablement plus jamais utilisées, d'autres, automatisables avec les moyens actuels, seront à nouveau pratiquées lorsque le sol aura repris la place qu'il mérite en agriculture.

Voyons d'abord l'épierrage. Pour mettre en valeur des terrains caillouteux, les anciens épierraient ces champs et construisaient des murs de séparation en pierres sèches. Les traces de ces travaux longs et minutieux subsistent encore dans certaines régions d'Europe, et la plupart de ces murs sont envahis par la végétation qui les ronge d'année en année. Chaque région avait son type de construction et de couverture en fonction de la nature des roches et du climat : sommets pointus de Vendée, couvertures de pierres verticales de Provence, chapeaux de pierres plates de Bourgogne. À l'heure actuelle, les labours profonds, en ramenant à la surface les pierres enfouies, ont rendu vains ces travaux millénaires. Dans les régions calcaires où les pierres ramenées en surface par le soc sont souvent larges et plates et représentent donc une gêne importante pour les plantations, l'épierrage a été remplacé par le concassage à l'aide de puissants broyeurs tractés. Cette mise en poudre des pierres a l'avantage d'être rapide, mais l'inconvénient d'être coûteuse et de relarguer trop de calcaire dans le sol, rendant le nombre d'espèces cultivables limité pendant quelques années. L'inverse des sols caillouteux, dont les grosses particules que sont les pierres gênent les cultures, sont les sols argileux constitués de particules trop fines et trop nombreuses, les argiles. Dans ces sols lourds, l'eau et l'air ont du mal à circuler ; il faut donc les aérer et, pour cela, l'homme leur apporte du sable pour les alléger et de l'humus pour lier une partie de l'argile dans le complexe argilo-humique qui, nous l'avons vu, facilite l'aération. Le sablage et le compostage étaient pratiqués pour des cultures délicates comme la fameuse carotte nantaise ou la betterave. Le sable et le compost étaient apportés soit en poquets avec les graines, soit dans la raie de semis. Ce système facilitait grandement la germination des graines.

Dans les sols sableux qui ne retiennent pas l'eau et les éléments nutritifs, les agriculteurs pratiquaient le marnage, associé au compostage. Cette technique consistait à extraire de la marne, une argile calcaire, à la faire sécher et à la concasser. Ensuite, on la mélangeait à un compost bien mûr, et on épandait le tout sur les sols sableux. Cette méthode revenait tout simplement à apporter le complexe argilo-humique absent de ces sols. Ce moyen empirique, vérifié par la science, a été abandonné en raison du succès des engrais, mais les problèmes qui se développent actuellement dans les sols sableux de maraîchage, comme la pollution des nappes phréatiques, le développement des couches d'aliôs* imperméables et l'infection parasitaire de ces sols déséquilibrés, réactualiseront peut-être le marnage.

Depuis des temps immémoriaux, les agriculteurs des vallées inondables des grands fleuves pratiquaient le limonage. Ils construisaient de petites digues en pierres sèches ou plantaient des haies qui permettaient, lors de la décrue des fleuves, de retenir plus de particules limoneuses et fertiles. Avec les barrages et la domestication des fleuves, cette technique est en voie de disparition.

Enfin, une dernière action de l'homme sur la texture d'un sol agricole est le mulching, qui consiste à apporter une couverture minérale ou organique en surface du sol. Ainsi, on peut empierrier une vigne ou lui apporter une couche de paille, d'écorces, de feuilles mortes, de sciure ou de BRF. Cette technique a l'avantage de protéger le sol contre l'érosion, de garder la fraîcheur du sol pendant l'été et de stimuler la vie microbienne lorsque le mulch est organique. Elle représente par contre un travail important, guère compatible avec un monde paysan en voie de disparition.

Elle est à mettre en parallèle avec le marnage qui permettait aussi d'améliorer la texture des sols trop sableux et donc trop pauvres. Dans le Médoc par exemple, on marnait les jeunes vignes avant plantation afin de leur fournir un complexe argilo-humique pour démarrer leur croissance.

Pendant 4 000 ans, l'homme a dû lutter contre les mauvaises herbes et préparer un lit de semence pour la germination de ses graines. Pour cela il labourait afin d'enfouir les mauvaises herbes et il cassait les mottes créées par le labour à l'aide de disques, de rouleaux ou de herses. La technique aidant, le labour qui était autrefois relativement doux et lent avec le cheval est devenu brutal et rapide avec les tracteurs modernes. Les machines agricoles ressemblent d'avantage à des engins de guerre

qu'à des machines faites pour travailler la terre et récolter nos cultures. Les tracteurs ressemblent de plus en plus à des tanks, en montagne les engrais sont épanchés à l'aide de canons qui tirent des obus remplis de fertilisants, l'irrigation est pratiquée avec des canons à eau et les remorques sont hautes comme des maisons. Il serait temps que les agriculteurs reçoivent des machines délicates et sensibles permettant à la fois un semis précis et une récolte respectueuse des sols. À l'époque de la robotisation, il est navrant de voir que les paysans ne peuvent disposer que d'engins archaïques et brutaux.

Heureusement le semis direct sous couvert est en train de remplacer progressivement ces machines brutales qui font bander les hommes. Comme le disait Colette : « Soulever, pénétrer, déchirer la terre est un labeur – un plaisir – qui ne va pas sans exaltation. » Grâce à ce nouveau concept qui consiste à lutter contre les mauvaises herbes avec une couverture et créer un lit de semence à l'aide de la faune du sol et des racines des plantes de couvertures, tout ce monde de machines violentes devient désuet. Seuls les moissonneuses, les récolteuses et les pulvérisateurs méritent de rester et de s'améliorer afin de respecter la vie du sol et des récoltes.

Dans les zones sèches ou humides, ce n'est pas sur le sol que l'agriculteur doit agir pour rendre la culture possible, mais sur le contrôle de l'eau. Certains sols sont trop humides et demandent à être drainés, d'autres sols trop secs ont besoin d'être irrigués. Le paradis agricole serait réalisé si on pouvait irriguer les uns avec les eaux de drainage des autres. Hélas, la capricieuse géographie prend un malin plaisir à empêcher cet éden.

Très tôt, l'homme a su maîtriser efficacement l'eau dans les sols. Des drains en pierre, de l'époque romaine, fonctionnent encore dans certaines régions, et les jardins de l'Alhambra à Grenade sont toujours irrigués par le système mis au point par les Arabes il y a près de mille ans. Pour le drainage, deux techniques étaient utilisées : le drain de pierres et celui de fagots. Le principe consistait à creuser des tranchées en épis au fond desquelles on disposait soit des pierres plates sur la tranche, surmontées de pierres horizontales, soit des fagots verts mis bout à bout. Ces tranchées débouchaient sur un conduit principal qui évacuait l'eau vers les rivières. Ces systèmes pouvaient durer très longtemps ; dans certains cas, des drains en fagots ont duré plus de trois siècles. Les moyens

modernes permettent la pose rapide de drains plastiques perforés, et la France drainait plus de cent mille hectares chaque année, alors que la CEE préconisait le gel des terres ; c'est ce que l'on appelle la cohérence des politiques agricoles communautaires.

Si le drainage reste une action peu spectaculaire, car invisible une fois finie, il n'en est pas de même de l'irrigation, domaine dans lequel l'homme a su faire des prouesses techniques en zone sèche, montrant que nécessité fait loi. Les plus grands hydrauliciens agricoles furent sans doute les Arabes de la grande époque du royaume de Grenade (7). On cite souvent, à leur propos, une technique étonnante qui mériterait d'être étudiée et vérifiée par les ingénieurs modernes. Se basant sur le fait qu'en zone sèche les meilleures terres sont dans les vallées et qu'une retenue d'eau priverait les agriculteurs de surfaces agricoles utiles, les Arabes avaient mis au point une technique de remplissage de la nappe phréatique. Ce n'était, somme toute, rien d'autre qu'une retenue d'eau souterraine permettant la remontée de l'eau dans les puits sans supprimer des terres cultivées. Pour cela, un grand puits collecteur était creusé jusqu'à la nappe phréatique et recevait l'eau collectée dans les montagnes à l'aide de canaux en terre cuite ouverts à l'air libre. On dit que ces forages étaient dangereux car, lorsque les derniers coups de pioche étaient donnés, l'eau de la nappe remontait brusquement et noyait les ouvriers. On envoyait de ce fait des vieillards qui se sacrifiaient pour la survie des descendants. Cette pratique cruelle avait au moins l'intérêt d'être plus utile que celle consistant à secouer les cocotiers. Un autre système remarquable inventé par les agronomes arabes est le goutte à goutte avant la lettre. Des canaux d'irrigation en terre cuite longent les rangées d'arbres et, au pied de chacun, le canal comporte un bec verseur d'où l'eau coule dans une jarre poreuse enterrée en même temps que l'arbre, lors de la plantation. L'astuce du système est que les canaux d'irrigation sont tous au même niveau, ainsi que les cols de jarres. Grâce à ce système, l'eau ne déborde pas des jarres et ne sature pas les arbres. Lorsque les arbres consomment de l'eau, celle-ci baisse dans la jarre, et le canal la remplit. Les trois avantages de cette technique sur le goutte à goutte moderne sont : sa simplicité (pas de pompes puissantes, vue l'absence de pertes de charge) ; son respect de la physiologie de l'arbre (l'eau n'arrive que lorsque l'arbre boit) et son absence de lessivage des éléments nutritifs du sol.

Depuis les Arabes, de nombreux autres progrès ont été accomplis en irrigation : canalisation et dérivation de certains fleuves, aspersion par brouillard, rampes circulaires ou linéaires, canons à eau, etc. L'irrigation

reste cependant très chère et doit surtout être utilisée avec modération en zone chaude. La salinisation massive de millions d'hectares par irrigation excessive est là pour nous rappeler qu'en toute chose, l'excès nuit. Une fois de plus, c'est la physiologie de la plante qui doit nous guider et non pas la facilité. Les physiiciens du sol oublient une règle fondamentale dans la gestion de l'eau des sols agricoles. Pour économiser de l'eau d'irrigation il faut augmenter la perméabilité de surface et donc le front d'humectation et il faut augmenter l'humidité du sol. Ces deux choses se font grâce au remplacement du labour qui sèche les sols, par les plantes de couvertures qui augmentent la perméabilité des sols grâce à la porosité de surface créée par la faune épigée et par les racines des plantes. Un limon labouré battant a une perméabilité d'1 mm d'eau/heure alors que ce même limon couvert de plantes a une perméabilité qui peut monter jusqu'à 80 mm d'eau/heure. Un sol en semis direct sous couvert est plus humide quelle que soit l'année et la période de l'année qu'un sol labouré. En labour, 1 mm d'eau mouille 1 mm de sol, en semis direct sous couvert 1 mm d'eau mouille 1 cm de sol. Ceci permet de diviser par trois l'irrigation. Or n'oublions pas que l'agriculture conventionnelle sur labour consomme 70 % de l'eau utilisée par l'humanité.

• La fertilisation de la faune du sol

Nous avons vu que la faune est indispensable pour aérer et brasser les sols, pour broyer la matière organique et pour éliminer les racines mortes des cultures. Une agriculture, pour être durable, doit donc fertiliser les trois faunes du sol. Pour fertiliser la faune épigée, celle qui vit à la surface du sol qu'elle aère par ses galeries et qui broie la matière organique, l'agriculteur doit la nourrir. Pour cela il utilisera le BRF ou le compost en tas ou le compost de surface avec le semis direct. Le BRF en relançant les champignons permet la multiplication de la faune épigée qui se nourrit du mycélium. Un tas de compost bien fait doit contenir plus de 2 millions d'animaux épigés par tonne. Épandu sur le sol il apportera à celui-ci des millions d'animaux aérateurs. Dans la technique du semis direct, le fait de laisser les pailles en surface permet la multiplication de la faune épigée. Le sol devient alors souple et aéré. Alors qu'un limon labouré se glace à la moindre pluie, ce même limon en semis direct laissera la pluie s'infiltrer rapidement. En hiver, cela aura des conséquences favorables pour les cultures, car un sol biologiquement

mort gèle alors qu'un sol vivant ne gèle jamais. En effet, ce dernier ne s'engorge jamais d'eau car il a une bonne perméabilité alors qu'un sol mort, engorgé, gèlera de peur. C'est en effet l'eau qui gèle et non le sol. Il faudra aussi fertiliser la faune endogée, celle qui se nourrit de racines. Pour cela l'agriculteur pratiquera le semis direct dans des plantes de couvertures et il mettra des plantes à enracinement profond et dense, comme les céréales, pour fournir tout au long de l'année une nourriture abondante, sous forme de racines mortes, à la faune endogée. Il évitera les successions de cultures à faible enracinement comme la rotation betteraves, patates, haricot vert, oignon, car ces plantes laissent très peu de racines et n'entretiennent donc pas cette faune endogée. En ne laissant jamais son sol nu grâce aux plantes intercalaires, le paysan assurera une forte aération de son sous-sol grâce aux innombrables galeries de la faune endogée.

Il faudra aussi nourrir les lombrics, la faune anécique et pour cela on pratiquera le compostage en tas ou en surface, comme pour la faune épigée. Les grands vers de terre par leurs grosses galeries verticales mettront ainsi en relation l'aération de surface avec celle de profondeur.

• La fertilisation des microbes du sol

On utilisera le même raisonnement que pour fertiliser la faune du sol, c'est-à-dire que l'on fertilisera les différentes populations de microbes.

On peut schématiquement diviser les micro-organismes du sol en trois groupes : celui lié à la fraction minérale du sol (chimioolithotrophes), celui lié à la fraction organique du sol, et celui lié à la rhizosphère c'est-à-dire aux racines des plantes. Ces trois groupes demandent chacun une fertilisation particulière. Ainsi, pour fertiliser les microbes liés à la fraction minérale du sol, il faut leur assurer un contact maximal avec les particules minérales. Si le sol a une texture trop grossière, c'est-à-dire si sa surface interne de contact avec les microbes est trop faible (cas des sols sableux), il faudra fournir à ces microbes des argiles et des poudres fines de roches. On rejoint ici la pratique du marnage des sols sableux.

Pour fertiliser les microbes liés à la fraction organique, il faudra apporter celle-ci sous deux formes. Une forme facilement assimilable, comme les engrais verts (végétaux enfouis jeunes à la surface du sol)

ou les engrais organiques, qui nourrira rapidement les microbes de la minéralisation ; et une forme plus lente d'assimilation, comme le compost et le BRF qui sont riches en lignine et qui stimuleront les champignons de l'humification.

Pour fertiliser les microbes liés à la rhizosphère, il faudra faire rentrer régulièrement la prairie dans la rotation. En effet, vu la densité racinaire d'une prairie, on peut considérer que tout le sol devient rhizosphérique, puisque l'on considère que la racine envoie ses exsudats jusqu'à deux centimètres dans le sol. Ce domaine de la fertilisation des microbes du sol reste entièrement à définir, car il n'a jamais intéressé les agronomes. Les microbes du sol illustrent bien cet adage : le plus important ne se voit pas. Ils sont un milliard par gramme de sol, mais nous ne les voyons pas, alors nous les ignorons. Et puis, nos engrais semblent si bien marcher. Nos plantes tombent malades de cette alimentation déséquilibrée ! Qu'importe, nous avons des médicaments pour elles, et c'est le cycle infernal engrais-pesticides-engrais.

Soyons plus patients, penchons-nous sur cette humble vie du sol, passage obligé du cycle des éléments, et apprenons à les nourrir et les soigner tous, afin d'assurer la fertilité biologique des sols. C'est un immense champ d'investigations qui s'ouvre à l'agrologie de demain, afin d'aider les agriculteurs à cultiver en conscience.

• La fertilisation des plantes

Pour beaucoup de personnes, les rendements spectaculaires de l'agriculture moderne sont dus aux engrais et aux pesticides. Cette idée reçue est liée au fait que toute personne qui traverse nos campagnes voit les agriculteurs épandre engrais et pesticides sur les champs. Ces épandages font partie intégrante de l'imagerie populaire concernant les campagnes. Et pourtant, la réalité est tout autre. Comme nous l'avons vu au chapitre précédent, c'est l'amélioration génétique qui est principalement responsable de l'augmentation des rendements enregistrés depuis un siècle. Elle reste donc un outil indispensable que l'on peut orienter vers la quantité et la qualité. Lorsque l'on connaît la physiologie de la nutrition des plantes, on comprend facilement pourquoi les engrais et les pesticides n'ont pas une efficacité aussi grande que celle de l'amélioration génétique. En effet, nous l'avons

déjà vu, les plantes prélèvent la plus grosse part de leur alimentation dans l'atmosphère et en particulier deux éléments : le carbone et l'oxygène, qui proviennent du gaz carbonique et qui fournissent à eux seuls 88 % de l'alimentation des végétaux. La fertilisation ne peut donc jouer que sur un faible pourcentage de la masse des végétaux. Cette observation nous permet de relativiser le rôle quantitatif des engrais dans la fertilisation des plantes et d'insister sur leur rôle qualitatif qui est de loin le plus important. Pour bien l'aborder, il nous faut avoir une connaissance approfondie des besoins réels d'une culture. En plus des besoins de la culture, il faut aussi connaître ses exportations, c'est-à-dire la quantité d'éléments que la culture va exporter du sol et qu'il faudra restituer sous une forme ou sous une autre. C'est ce que l'on appelle le principe de restitution, et il reste incontournable.

Comme le disait Lavoisier : « Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme. » Une agriculture ne peut être pérenne que si elle restitue aux sols ce qu'elle leur a pris. Voilà un siècle et demi, avec l'invention du tout-à-l'égout, que l'humanité a rompu ce cycle. Les ingénieurs qui fabriquent les égouts de nos villes ne sont pas des agronomes et ignorent tout de ces cycles du vivant. Il est urgent qu'ils mettent en place une division des égouts en trois circuits : un pour l'eau de pluie qui pourrait regagner les rivières, un pour les eaux toxiques des usines, dont il faut isoler les déchets de l'environnement, et un pour les déchets organiques des ménages qui doivent retourner, après compostage, sur nos sols agricoles. Actuellement, les éléments nutritifs de nos sols s'entassent dans les tas d'ordures de nos villes et, pour compenser cette stérilisation lente mais inévitable de nos sols, nous n'apportons que trois éléments sous forme d'engrais : l'azote, le potassium et le phosphore. Or, les plantes ont besoin de trente-deux éléments pour se développer harmonieusement. Ces éléments s'épuisant petit à petit dans les sols, les plantes sont de plus en plus déséquilibrées. On comprend alors pourquoi la consommation de ces médicaments que sont les pesticides ne cesse d'augmenter pour faire survivre nos cultures. On peut comparer nos plantes cultivées à un enfant que l'on gaverait uniquement de pâtes. Il serait joufflu et gros, mais très déséquilibré, et il ne pourrait se maintenir en vie que grâce à des médicaments et des vitamines. Il en est de même pour nos plantes cultivées : elles sont gonflées, superbes, font des rendements spectaculaires mais n'ont aucun goût et ne peuvent vivre sans médicaments.

Pour leur redonner un état de santé satisfaisant, il faut remettre en route le cycle des éléments nutritifs et leur fournir à nouveau la totalité des éléments dont elles ont besoin. Mais comment faire, comment fertiliser avec raison ? Pour cela, il nous faut bien distinguer les éléments nutritifs exportés de l'atmosphère de ceux exportés du sol par les cultures. Ces éléments ne sont pas les mêmes et seuls les derniers doivent être pris en compte dans la fertilisation. Afin de bien les distinguer, suivons le tableau n° 5 (p. 143-144), qui nous montre seize de ces éléments classés par importance quantitative dans le matériel végétal et explicitons-le un peu.

Les deux premiers éléments qui apparaissent, le carbone et l'oxygène, forment 88 % du matériel végétal et proviennent du gaz carbonique de l'air, sur lequel il est difficile d'agir. L'enrichissement des serres en gaz carbonique est utilisé pour augmenter la production, mais il reste une curiosité coûteuse. On a cependant montré que les haies qui entourent les champs, en ralentissant la force du vent, permettent une meilleure utilisation du gaz carbonique provenant de la respiration des microbes du sol et de celle des plantes. L'action humaine reste donc limitée sur ces deux éléments de l'atmosphère. Il n'en est pas de même pour l'hydrogène et l'azote. Pour le premier, l'homme peut intervenir lorsque l'eau atmosphérique n'est pas suffisante. Pour cela, il irrigue ses cultures. Le remplacement de l'eau de pluie par l'eau des nappes phréatiques ou des rivières n'est pas sans inconvénients. En effet, avant d'irriguer, l'homme doit s'assurer que l'eau utilisée n'est pas chargée en sels dissous. Ceci est particulièrement important dans les zones sèches nécessitant des apports d'eau fréquents et abondants. De nombreuses zones cultivées ont été ainsi stérilisées par des irrigations excessives faites avec des eaux trop chargées en sels. L'excès d'irrigation a le même inconvénient que l'excès d'apport d'engrais. Dans la fertilisation, il ne s'agit pas de forcer la nature, il s'agit de l'aider. Il est vrai que nous sommes fascinés par les réussites de la culture hors sol, et nous pensons que nous sommes assez forts pour remplacer la nature. En fait, les relations sol-microbes-plantes sont trop complexes pour que l'on ne soit pas obligé d'en tenir compte. Il n'est pas raisonnable de vouloir pratiquer les mêmes cultures en zones désertiques qu'en zones tempérées sous prétexte que nous savons irriguer. L'intensité de l'évaporation en zone désertique rend l'irrigation dangereuse et délicate. Il vaut mieux cultiver des plantes adaptées à la sécheresse et les aider un peu par une irrigation juste nécessaire. En respectant l'adaptation des plantes

à leur environnement, il suffit d'un coup de pouce pour avoir de belles récoltes. Pour aider les pays du Maghreb, plutôt que de leur envoyer des blés à hauts rendements et très exigeants en eau, il eût été plus judicieux d'améliorer génétiquement les variétés locales adaptées à la sécheresse. Dans le cas des arbres fruitiers des zones sèches, comme l'olivier ou l'amandier, ce n'est pas le goutte à goutte qu'il faut développer, mais une aide à l'enracinement par arrosage minimum pendant les quatre premières années d'implantation des jeunes plants et par leur mulchage pour éviter la montée en température du sol autour des racines.

En arrosant juste ce qu'il faut pour empêcher le jeune arbre de mourir, on le force à descendre ses racines profondément à la recherche de la nappe phréatique. Plus tard, lorsqu'il sera grand et bien enraciné, l'arrosage pourra être considérablement réduit, évitant ainsi la salinisation des terres et le lessivage de certains éléments nutritifs. Avec un élément aussi simple et primordial que l'eau, nous découvrons un aspect très important de la fertilisation : elle est une aide à la plante, mais elle ne se substitue pas à la nature. Fertiliser, c'est apporter une touche finale à un ensemble déjà harmonieux. En fertilisant ses plantes, l'homme agit vraiment comme un co-créateur, mais il n'est pas le créateur.

Voyons maintenant comment l'agriculteur peut participer à l'entrée de l'azote dans le cycle de sa ferme. Bien sûr, il peut se contenter d'apporter des nitrates puisque l'industrie a su en fabriquer pour les besoins des bombes de la guerre de 1914-1918. Mais il peut aussi opter pour les voies naturelles, celles qui furent développées au XVIII^e siècle et qui arrêtaient les famines en Europe, ou celles qu'utilisent les Asiatiques depuis des temps immémoriaux. Voyons quelles sont ces pratiques culturelles qui utilisent la fixation biologique de l'azote. Cet élément atmosphérique entre dans le cycle de la matière vivante grâce à des microbes capables de transformer cet azote en ammonium. Cette réaction est coûteuse en énergie ; aussi reste-t-elle peu importante chez les micro-organismes libres du sol qui ne fixent que dix à vingt kilogrammes d'azote par hectare et par an, juste de quoi faire pousser la forêt, mais pas le blé. Pour pallier ce problème, la nature a développé une stratégie étonnante : des plantes vertes capables de fournir beaucoup d'énergie sous forme de sucres, grâce à la photosynthèse, s'associent avec des microbes fixateurs d'azote. C'est une véritable symbiose qui se met en place ; la plante héberge le microbe, lui fournit les conditions et l'éner-

gie nécessaires à la réaction, et le microbe, en échange, fournit l'azote à la plante. Deux de ces systèmes fonctionnent admirablement en culture : il s'agit des légumineuses en zone tempérée et des algues vertes dans les rizières tropicales. Ce ne sont plus dix kilogrammes d'azote que ces associations produisent, mais de cent à quatre cents kilogrammes par hectare et par an. De quoi assurer largement l'alimentation des hommes, comme l'Histoire nous l'a montré. Ainsi, l'Asie a pu nourrir, plus tôt, une abondante population grâce à une association entre une algue verte photosynthétique et une algue bleue fixatrice d'azote qui flottent sur l'eau des rizières. Cette association fixe entre quatre-vingts et deux cents kilogrammes d'azote par hectare et par an, et permet des rendements de l'ordre de cent vingt quintaux de riz par hectare et par an en trois récoltes dans un pays comme l'Indonésie. L'Europe n'a pas la chance d'avoir une fixation biologique de l'azote liée à ses céréales ; aussi a-t-elle dû attendre le XVIII^e siècle pour découvrir les prairies de légumineuses et permettre ainsi à l'azote atmosphérique de rentrer dans le cycle des fermes. Cette découverte est due aux agronomes anglais qui constatèrent qu'en remplaçant la jachère par une culture de luzernes, de trèfles ou de sainfoins, on nourrissait plus de bétail et le blé était plus beau derrière ces prairies. Nourrir plus de ruminants permet d'avoir plus de fumier, donc de fertiliser plus de terres. Fixer l'azote dans les légumineuses enrichit à la fois le foin des bêtes et le sol. C'est grâce à cette découverte empirique, dont on ne comprit le mécanisme qu'un siècle et demi plus tard, que l'Europe arrêta ses famines et que le bétail entra de plain-pied dans l'harmonie des fermes. Hélas, au début de ce siècle, pour fabriquer des bombes, l'industrie guerrière fabriqua les nitrates qui, en concurrençant les légumineuses, les éliminèrent de nos campagnes. En 1950, la France cultivait trois millions d'hectares de luzerne, elle n'en cultive plus que deux cent mille hectares. Mais, me direz-vous, quelle importance, puisque l'azote est toujours apporté sur nos sols ? En fait, l'apport n'est pas le même, car il est fait d'un coup, alors que la fixation est progressive. L'apport mal fractionné de l'azote aux plantes cultivées fait que moins de la moitié de l'azote des engrais est utilisée par les plantes. Le devenir du reste est mal connu, mais on constate qu'une partie est lessivée dans les eaux et va polluer les rivières et les nappes phréatiques. Développons à nouveau les légumineuses, nous ferons faire des économies aux agriculteurs et nous protégerons nos eaux qui sont de moins en moins potables. Par contre, un petit apport d'azote organique ou chimique en début de végétation (vingt à trente kilos par hectare) peut faire gagner trois semaines à une

culture et augmenter fortement sa qualité et sa quantité sans mettre en danger les nappes phréatiques.

Voyons dans le tableau n° 5 les éléments nutritifs apportés par le sol et regardons comment nous pouvons aider les plantes à les recevoir de façon équilibrée. Avant de commencer toute fertilisation, il faut d'abord connaître l'origine de ces éléments. Comme nous l'avons vu au chapitre précédent, les éléments nutritifs prélevés dans le sol se divisent en deux groupes : les éléments non constitutifs qui ne servent à la plante que pendant la phase qui précède la floraison et que la plante restitue au sol après cette floraison, et les éléments constitutifs qui participent à la composition des plantes, c'est-à-dire qui rentrent dans la composition des protéines, des glucides, des lipides et des acides **nucléiques***. Dans le cas des éléments de la première catégorie, il ne sera nécessaire de les apporter au sol que dans deux situations : celle où les éléments seront absents du sol et celle où l'on coupe la plante cultivée avant la floraison, c'est-à-dire à un stade où elle contient ces éléments. Les atomes non constitutifs des plantes sont tous des ions monoatomiques, c'est-à-dire des atomes chargés électriquement. Il s'agit du chlore (Cl⁻), du potassium (K⁺), du sodium (Na⁺), du lithium (Li⁺), du rubidium (Rb⁺) et du césium (Cs⁺). Seuls les deux premiers sont absorbés en quantités importantes par les plantes avant la floraison. Pour simplifier, nous ne parlerons que de ces deux-là, en sachant que tous les atomes positifs sont équivalents et donc interchangeable pour les plantes. Les agriculteurs ne fertilisent jamais au chlore, ils apportent celui-ci comme accompagnateur d'autres ions positifs, le potassium par exemple. Les agriculteurs qui exportent des végétaux avant floraison, comme les betteraves ou les légumes, doivent songer à restituer cet élément au sol. Le potassium répondra à la même loi de restitution, et il ne faudra se préoccuper de fertilisation potassique que dans le cas où le sol ne peut pas en prêter suffisamment aux plantes (sols sableux par exemple) et dans le cas d'une exportation de plantes fraîches (légumes par exemple). La meilleure façon d'apporter ces éléments est la plus ancienne, c'est-à-dire le compostage de tout ce qui vient du sol. Prenons l'exemple d'un betteravier.

Celui-ci livre ses betteraves à la sucrerie ; celle-ci en extrait le sucre, c'est-à-dire un hydrate de carbone qui ne contient que du carbone, de l'oxygène et de l'hydrogène, trois éléments venant de l'atmosphère. Le betteravier pourra livrer des milliers de tonnes de

sucre, il n'épuisera jamais son sol. Par contre, il se doit absolument de reprendre la pulpe et le jus de ses betteraves et de les composter avec les autres déchets organiques de la ferme. S'il ne le fait pas, il épuisera rapidement son sol, et ce ne sont pas ses engrais qui rééquilibreront celui-ci en tous les oligo-éléments partis avec les betteraves. Récupérer cette pulpe a deux autres intérêts : cela évite une pollution au niveau des sucreries qui sont encombrées de déchets, et les pulpes peuvent servir à alimenter le bétail permettant ainsi aux éléments contenus dans les betteraves de retourner au sol, via le fumier.

Une céréale, par contre, qui est récoltée à un stade de maturation avancée, c'est-à-dire à un stade où tout le potassium a été restitué au sol, ne nécessite que très rarement un apport de potassium. Un apport ne se justifiera qu'en cas de sol sableux, n'ayant aucune réserve potassique. Or, la pratique nous montre que tous les céréaliers mettent cent à cent cinquante kilos ⁽²³⁾ de potassium par hectare, quel que soit le sol, pour une culture de blé qui n'en exportera que vingt-cinq kilos. On voit là que les marchands d'engrais potassiques sont de bons commerçants. Réussir à vendre même l'inutile a toujours fait partie des stratégies commerciales. Il est fréquent maintenant de voir, en France, des sols qui ont des réserves pour plus d'un siècle en potasse. Avant d'acheter inutilement des engrais, les céréaliers devraient connaître les réserves totales de leurs sols en potassium, afin de ne pas en apporter plus qu'il ne s'en exporte. Lorsque l'on réfléchit un peu, on comprend vite pourquoi les céréales exportent si peu de potassium du sol. En effet, une graine de blé ou d'orge est formée d'un germe vivant minuscule et d'une très grande réserve nutritive. Le germe contient les trente-deux éléments nécessaires aux plantes, dont le potassium, puisque ce germe est vivant. Par contre, la réserve nutritive ne contient que de l'amidon, c'est-à-dire du carbone, de l'oxygène et de l'hydrogène provenant de l'atmosphère comme le sucre des betteraves. Le blé ou l'orge n'utilisent donc les réserves du sol que pour le minuscule germe, la plus grosse part de la graine n'étant constituée qu'à partir d'éléments atmosphériques.

Ces exemples de la betterave et des céréales illustrent bien le problème des éléments non constitutifs qui traversent les plantes et retournent au sol après maturation.

Voyons maintenant les autres éléments du sol, les plus nombreux et qui sont constitutifs des plantes. Pour eux, les exportations par les cultures seront d'autant plus fortes que la masse végétale récoltée sera importante. Ainsi, une récolte de soixante quintaux de grains de blé, qui contiennent surtout de l'amidon, exportera peu d'éléments du sol alors qu'une récolte de cent quintaux de luzerne, plante entière, exportera beaucoup d'éléments au sol en quantité et en qualité. Dans le deuxième cas, l'agriculteur devra être vigilant et penser à son sol. Soit il donnera le foin de luzerne à ses bêtes, et les éléments retourneront au sol avec le fumier ; soit, en cas de vente de la luzerne, il devra acheter l'équivalent en fumier.

Ce rapide survol de la fertilisation des plantes nous permet de définir le principe du cycle qui est à la base de la fertilisation en agrologie. Les passages des éléments à travers le monde vivant sont les étapes de cycles variés. Avant de fertiliser, il faut donc connaître ces cycles des éléments. Nous avons vu que l'on pouvait distinguer deux grands types de cycles : ceux qui passent par l'atmosphère et ceux qui ont surtout lieu dans le sol.

Ainsi, les éléments prélevés dans l'atmosphère y retourneront tout simplement par la respiration des hommes qui dégagent, sous forme de gaz carbonique, les sucres qu'ils ont consommés. Grâce au vent, les citadins rendent, sans le savoir, le carbone et l'oxygène aux plantes cultivées. Ils restituent aussi l'hydrogène et un peu d'oxygène par la vapeur qu'ils exhalent et par leurs urines qui regagnent les rivières, et par là le grand cycle planétaire de l'eau. Pour ces éléments, la restitution se fait naturellement, sans réflexion et sans effort.

Il n'en est pas de même pour les nombreux éléments pris aux sols par les plantes, et dont le retour est compliqué et exigeant en travail. En effet, les cycles de ces éléments passent par l'étape de l'humus, étape organique intermédiaire entre le monde vivant et le monde minéral. Or, nous venons de montrer le triple rôle de l'humus comme amendement du sol, grâce au complexe argilo-humique, comme nourriture des microbes et comme source de fertilisants pour les plantes. En compostant les matières venant du sol, l'agriculteur participe aux cycles immuables des éléments. En les stimulant, il devient quelque

part acteur responsable du monde. C'est en ce sens que l'agriculteur de demain ne sera pas seulement un producteur mais surtout un co-créateur, c'est-à-dire un homme libre.

La nouvelle approche que nous venons de faire de la fertilisation du champ peut servir d'hypothèse de départ pour orienter les recherches du futur. En effet, depuis cent cinquante ans, l'agronomie n'a eu qu'une perception chimique de la fertilité. Le forçage, c'est-à-dire l'apport des seuls éléments chimiques qu'elle jugeait importants, lui a semblé l'unique méthode à développer pour augmenter les rendements. La stagnation récente de ceux-ci et l'apparition du problème de « fatigue des sols » montrent que cette perception doit être dépassée. C'est pourquoi nous avons développé dans ce chapitre, en plus d'une approche chimique, une approche physique et biologique de la fertilité des sols. Nous en avons déduit un nouvel ensemble de méthodes de fertilisation qui méritent d'être développées et étudiées. D'autant plus que ce n'est pas la pure réflexion, mais des résultats du champ, à la suite des mesures que nous avons effectuées, qui nous ont amenés à développer cette nouvelle théorie de la fertilisation. Alors qu'une simple approche chimique de la fertilité présente nos sols cultivés comme fertiles, une approche physique (surface interne du sol, capacité d'échanges et qualité du complexe absorbant) ou biologique (activité microbienne) montre qu'ils s'appauvrissent. L'observation de la nature sous un angle unique n'aboutit qu'à une description dépourvue de toute réalité. Le champ, système complexe, ne peut être appréhendé que par une approche complexe qui ne se limite pas à une simple mesure de quelques éléments chimiques mais doit prendre en compte le sol, les organismes vivants du sol, les plantes et les cycles variés des nombreux éléments qui traversent le monde vivant. L'homme de la terre ne peut pas se contenter d'être un simple exploitant agricole. Il doit s'efforcer d'être un paysan, c'est-à-dire celui qui fait le pays dans sa totalité.

TABEAU 5 – ORIGINE DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS NUTRITIFS DES PLANTES

| Élément | Symbole | % de la matière sèche | Voies d'apport | Origine |
|------------------|-----------|-----------------------|--|--|
| Carbone | C | 44 | Photosynthèse | 1 - ATMOSPÈRE Gaz carbonique |
| Oxygène | O | 44 | Photosynthèse | Gaz carbonique et eau |
| Hydrogène | H | 6 | Photodécomposition | Eau de pluie |
| Azote | N | 1 à 4 | Fixation biologique par les microbes du sol | Azote de l'air |
| Potassium | K | 0,1 à 2,5 | Élément emprunté dans la solution du sol et rendu par les racines en fin de culture | 2 - SOL - Potassium de la roche mère dont les réserves varient de 20 à 80 t/ha - Potassium de la microflore dont les réserves sont de 60 kg/ha |
| Calcium | Ca | 0,1 à 3 | - Sols acides : décomposition de la roche mère par le climat, les racines et les microbes - Sols calcaires : décarbonatation de la roche par les microbes | - Calcium de la roche mère dont les réserves varient de 15 à 1 200 t/ha - Calcium de l'humus dont les réserves varient de 300 kg à 3 t/ha |
| Magnésium | Mg | 0,1 à 0,9 | Oxydation ou chélation du magnésium par les microbes | Magnésium de la roche mère dont les réserves varient de 300 kg à 2 t/ha |
| Phosphore | P | 0,1 à 0,9 | - Les microbes oxydent le phosphore de la roche mère - Les microbes libèrent le phosphore de l'humus - Les mycorhizes racinaires récupèrent pour les plantes les phosphates rétrogradés dans les argiles | - Phosphore de la roche mère dont les réserves varient de 600 kg à 15 t/ha - Phosphore de l'humus dont les réserves varient de 150 kg à 1,5 t/ha |
| Soufre | S | 0,1 à 0,5 | - Oxydation microbienne du soufre de la roche mère - Minéralisation microbienne du soufre de l'humus | - Soufre de la roche mère dont les réserves varient de 300 à 900 kg/ha - Soufre de l'humus dont les réserves sont de 120 kg à 1,2 t/ha - Soufre de la pollution atmosphérique qui en apporte 10 à 100 kg/ha et qui rentre sous forme de SO ₂ par les feuilles |

| Élément | Symbole | % de la matière sèche | Voies d'apport | Origine |
|------------------|-----------|-----------------------|---|--|
| Chlore | Cl | 0,01 à 0,9 | Élément emprunté par les plantes à la solution du sol et rendu en fin de culture | <ul style="list-style-type: none"> - Chlore de la roche mère dont les réserves sont de 300 à 600 kg/ha - Chlore du monde microbien dont les réserves sont de 30 à 60 kg/ha |
| Fer | Fe | 500 ppm | <ul style="list-style-type: none"> - Chélation microbienne du fer de la roche mère - Libération microbienne du fer organique de l'humus | <ul style="list-style-type: none"> - Fer de la roche mère dont les réserves sont de 20 à 300 t/ha - Fer de l'humus dont les réserves sont de 3 à 15 kg/ha |
| Bore | B | 500 ppm | <ul style="list-style-type: none"> - Chélation microbienne du bore de la roche mère - Libération microbienne du bore organique de l'humus | <ul style="list-style-type: none"> - Bore de la roche mère dont les réserves sont de 12 à 300 kg/ha - Bore de l'humus dont les réserves sont de 3 à 15 kg/ha |
| Manganèse | Mn | 500 ppm | <ul style="list-style-type: none"> - Chélation microbienne du manganèse de la roche mère - Libération microbienne du manganèse organique de l'humus | <ul style="list-style-type: none"> - Manganèse de la roche mère dont les réserves sont de 300 kg à 15 t/ha - Manganèse de l'humus dont les réserves sont de 3 à 15 kg/ha |
| Cuivre | Cu | 20 ppm | <ul style="list-style-type: none"> - Chélation microbienne du cuivre de la roche mère - Libération microbienne du cuivre organique de l'humus | <ul style="list-style-type: none"> - Cuivre de la roche mère dont les réserves sont de 3 à 300 kg/ha - Cuivre de l'humus dont les réserves sont de 1 à 5 kg/ha |
| Zinc | Zn | 20 ppm | <ul style="list-style-type: none"> - Chélation microbienne du zinc de la roche mère - Libération microbienne du zinc organique de l'humus | <ul style="list-style-type: none"> - Zinc de la roche mère dont les réserves sont de 30 à 1 500 kg/ha - Zinc de l'humus dont les réserves sont de 1 à 2 kg/ha |
| Molybdène | Mo | 1 ppm | <ul style="list-style-type: none"> - Chélation microbienne du molybdène de la roche mère - Libération microbienne du molybdène organique de l'humus | <ul style="list-style-type: none"> - Molybdène de la roche mère dont les réserves sont de 3 à 30 kg/ha - Molybdène de l'humus dont les réserves sont d'environ 1 kg/ha |



CHAPITRE 5

le sol

et les animaux

« Plus l'espèce humaine croît
plus les animaux sentent
le poids d'un empire terrible. »

GEORGES-LOUIS DE BUFFON, *Histoire naturelle générale et particulière*.

• Leur adaptation au climat

De même que les végétations changent avec le climat, les faunes s'adaptent aux conditions géographiques. À la différence des plantes qui sont immobiles, les animaux se déplacent et cette faculté a été utilisée par les nomades. Dans chaque région du globe, même les plus froides ou les plus sèches, l'homme a su domestiquer une espèce animale adaptée à ces conditions extrêmes. Les Lapons survivent dans le Grand Nord grâce à leurs troupeaux de rennes, les Touaregs habitent le Sahara grâce à leur troupeau de dromadaires et les Mongols habitent le désert de Gobi grâce à leurs troupeaux de chameaux. Mais cette étroite adéquation entre l'animal domestiqué et son biotope se limite aux milieux extrêmes. Dans le reste du monde, l'homme a apporté ses animaux domestiques en même temps que ses cultures, et ce faisant il les a adaptés à des conditions de milieu très différentes de l'origine. On est ainsi surpris de voir des chèvres dans des zones tropicales ou des poules originaires de l'Inde vivre dans nos basses-cours. Le cas le plus frappant de modification d'une espèce sauvage est celui du chien, descendant du loup.

Compagnon de l'homme il a su, comme lui, s'adapter à tous les climats. Cette dispersion des animaux domestiques à travers le monde rend difficile l'étude de leur origine.

D'autres espèces n'ont pas su s'adapter aux différents climats et l'homme a dû renoncer à leur élevage. C'est le cas du porc, qui est le mammifère le plus consommé par l'homme sur terre et qui n'a pas pu s'adapter aux déserts. En effet, en zone sèche, privé de sa bauge où il se vautre, le cochon tombe malade et comme beaucoup de ses maladies sont transmissibles à l'homme, son élevage a été interdit dans les zones désertiques. Ainsi, chez les peuples sémites, arabes et juifs, la religion considère le porc comme impropre à la consommation humaine. Cette tradition religieuse a des raisons écologiques car ces peuples habitent des zones désertiques ou désertifiées où le porc devient dangereux pour l'homme.

• Origine des animaux d'élevage

Comme pour les plantes, retrouver l'origine d'une espèce domestique n'est pas chose aisée. Tout l'élevage modifie l'aspect de l'animal en raison de la sélection pratiquée par les éleveurs.

De plus, l'espèce sauvage d'origine a souvent disparu, ce qui complique la tâche. C'est ainsi que les ancêtres de nos chiens, de nos chevaux, de nos bovidés, de nos moutons ont disparu. Certains ont laissé des traces (squelettes, descriptions d'auteurs anciens), d'autres n'en ont pas laissé.

Enfin, le dernier facteur qui rend compliquée toute étude sur l'origine sauvage de nos animaux d'élevage est le fait que l'ancêtre d'origine était parfois le résultat du croisement de deux espèces sauvages. Ainsi, il semble que nos moutons aient comme ancêtre un hybride entre un mouflon d'Asie mineure et le mouflon corse.

Les patients travaux, surtout allemands, de tentatives de reconstitutions d'espèces d'origine à l'aide de croisements entre espèces domestiques ont permis de vérifier que l'**auroch***, par exemple, était bien l'ancêtre de nos bovins et que le tarpan (cheval sauvage éteint) était l'ancêtre de nos chevaux.

TABLEAU 6 – ORIGINE DES ANIMAUX D'ÉLEVAGE

• ANIMAUX INVERTÉBRÉS

Mollusques :

- Marins > huître : côtes européennes ; moule : côtes européennes ; coquille Saint-Jacques : côtes européennes et japonaises.
- Terrestres > escargot de Bourgogne : Europe ; escargot petit gris : Europe.

Insectes :

- Abeille : Europe et Asie ; ver à soie : Chine.

• ANIMAUX VERTÉBRÉS

Poissons :

- Marins > daurade : Japon ; nombreuses espèces à l'essai au Japon et en Europe.
- Eau douce > truite : Europe et Amérique du Nord ; saumon Europe ; carpe : Europe et Chine ; perche : Europe et Amérique du Nord ; sandre : Europe centrale.
- Autres espèces à l'étude avec deux évolutions nettes : en Occident les salmonidés, en Orient les cyprinidés.

Amphibiens :

- Grenouille verte : Europe ; grenouille tropicale : Indonésie.

Reptiles :

- Crocodiles : Asie du Sud-Est ; alligator : Amérique centrale.

Oiseaux :

- Ratites > autruche : Afrique.
- Anatidés > oie : oie cendrée d'Europe, oie cendrée de Chine ; canard : canard colvert d'Europe, canard de Barbarie du Mexique.
- Gallinacés > poulet : Inde ; caille : Europe et Asie ; pintade : Afrique ; dindon : Amérique du Nord ; agami : Amazonie.
- Columbides > pigeon Bizet : Europe.

Mammifères :

- Rongeurs > lapin : Espagne ; cobaye, paca : Amérique du Sud.
- Porcins > porc : sanglier d'Europe et d'Asie.
- Équins > cheval : steppes d'Asie ; âne : Afrique ; mulet hybride obtenu par l'homme.
- Bovins > bœuf : auroch d'Europe ; buffle : Inde ; zébu : Inde ; gayal : Birmanie ; yack : Tibet ; banteng : Malaisie.
- Caprins > mouton : Europe, Asie mineure ; chèvre : Crète.
- Camélidés > dromadaire : Arabie ; chameau : désert de Gobi ; lama : Andes.
- Proboscidiens > éléphants : Asie.
- Félins > chat : Afrique.

Pour les invertébrés, mollusques et insectes, l'origine ne pose pas de problème car la domestication a peu modifié ces espèces. L'huître, par exemple, a peu varié en deux mille ans d'élevage.

Le tableau n° 6 nous donne les origines sauvages de nos animaux d'élevage. Nous y avons inclus le chien et le chat, d'abord parce que le premier est effectivement élevé en Chine pour sa chair et ensuite parce qu'ils sont peut-être les animaux les plus anciennement domestiqués. Ce tableau nous montre que parmi la quarantaine d'espèces animales élevées par l'homme, sept seulement sont des invertébrés. Parmi les vertébrés, ce sont les mammifères qui ont fourni le plus d'espèces. Nous voyons que les continents ont eu des contributions très différentes. L'Europe et l'Asie ont chacun fourni entre quinze et vingt espèces ; l'Amérique n'en a apporté que six, et l'Afrique n'en a fourni que trois : l'autruche, la pintade et l'âne. Et pourtant, l'Afrique est le continent le plus riche en espèces de mammifères et en particulier en **ongulés** *. Il y a plus d'espèces d'ongulés en Afrique que dans tout le reste du monde. De même, l'Amérique possède la moitié des espèces d'oiseaux du monde et n'a fourni que trois espèces

domestiques : le dindon, le canard de barbarie et l'agami. Cette dernière espèce n'est qu'anecdotique, puisqu'elle est utilisée comme gardienne de villages et de troupeaux de dindons chez les Indiens d'Amazonie. Il semble donc bien que le nombre d'espèces domestiquées sur un continent dépend plus du niveau de développement des civilisations que du potentiel génétique de ce continent. On est donc en droit de se poser des questions sur notre niveau de développement, car nous ne domestiquons plus aucune espèce nouvelle terrestre. Seuls les poissons et les mollusques marins sont étudiés en vue de créer les fermes marines, mais ces essais restent timides.

De plus, incapables de retenir la leçon de la vache folle, les ingénieurs d'aquaculture ont décidé de rendre les saumons et les truites végétariens afin d'économiser les farines de poissons. Les ingénieurs avaient voulu rendre les vaches carnassières pour augmenter la production de lait et ils les ont rendues folles et maintenant ces mêmes brillants ingénieurs vont rendre les saumons fous en les rendant végétariens. Ne savent-ils donc pas qu'il existe des poissons végétariens comme les Tilapia qui sont délicieux et que les hommes pêchent depuis des temps immémoriaux. Peut-on imaginer, un jour, de civiliser ces ingénieurs barbares qui passent leur journée à réinventer le fil à couper le beurre.

Une autre constatation que l'on peut faire, c'est que, bien que les espèces animales soient cinq fois plus nombreuses que les espèces végétales, l'homme élève beaucoup moins d'espèces d'animaux qu'il ne cultive d'espèces de plantes. Ceci tient à deux faits : premièrement, le groupe animal de loin le plus nombreux est celui des insectes, qui compte plus d'un million d'espèces connues et dont nous n'élevons que deux espèces, l'abeille et le ver à soie ; deuxièmement, il est beaucoup plus difficile de domestiquer une espèce animale qu'un végétal. En effet, il faut capturer l'animal soit adulte, et il sera difficile ou impossible à dompter, soit jeune, et il est fragile. Prendre une graine et la mettre en terre ne demande pas autant d'efforts, et l'homme a su cultiver toutes les espèces de plantes qu'il a voulues, même les plus délicates comme les orchidées. Contrairement aux plantes, ce n'est pas la comestibilité qui fut le facteur le plus important dans le choix de la domestication d'une espèce animale, mais la capacité qu'avait celle-ci d'être domestiquée.

Ainsi, en Europe, le cerf, le daim et le chevreuil sont plus réfractaires à la domestication que le mouton, alors que leur chair est savoureuse. Les premiers éleveurs ont essayé de domestiquer de nombreuses espèces, comme nous l'indiquent les fresques égyptiennes montrant les troupeaux d'antilopes conduits par des bergers. Mais, progressivement, au cours du temps et des décadences, l'homme n'a conservé que celles dont l'élevage était le plus facile. Cette période d'innovation s'est arrêtée assez vite, puisque les Romains ne semblent avoir domestiqué que deux espèces nouvelles par rapport aux Égyptiens : le lapin et l'huître. Quant à nous, nous n'en avons domestiqué aucune depuis les Romains ; nous nous sommes contentés d'adopter celles qui avaient été domestiquées par les Africains, comme la pintade, et par les Amérindiens, comme le dindon.

Pourtant, nous disposons de moyens techniques et scientifiques beaucoup plus perfectionnés que ceux des Égyptiens. Avec nos connaissances en zoologie, en physiologie, en génétique et en comportement animal, nous sommes à même de domestiquer les espèces que nous voulons. Et nous restons curieusement peu créatifs, peu capables d'utiliser les instruments que nous nous sommes forgés. La découverte de l'Afrique et de l'Amérique nous a pourtant ouvert un champ d'investigations extraordinaire pour innover en matière d'élevage. Il est tout de même navrant de voir l'Afrique s'enfoncer dans la carence protéique, alors qu'elle possède les plus gros animaux terrestres du monde, comme l'éléphant, l'hippopotame et le rhinocéros, et le plus grand réservoir génétique de ruminants. Nous exportons à grands frais notre bétail mal adapté aux conditions difficiles de l'Afrique, alors que les buffles ou les gazelles locales sont mieux adaptés au climat, plus résistants aux parasites, savent bien utiliser les herbes ligneuses de la savane et ont un plus fort taux de protéines par carcasse que les ongulés européens.

Serions-nous en perte de vitesse, en perte de créativité ? Nous possédons une science génétique efficace et nous ne sommes même pas capables de l'utiliser pour innover. Comme si nos cerveaux, bloqués sur le porc, la vache, le mouton, le poulet et le dindon, avaient oublié la richesse et la diversité du monde. Nous détournons nos regards horrifiés

de la famine du Sahel, mais nous ne cherchons même pas à domestiquer les antilopes du désert, comme la gazelle dorcas, l'oryx algazelle, la gazelle damas et l'addax, qui peuvent se passer de boire et mettre en valeur les plantes du désert. Nous sommes parfois comme ces poules qui meurent de faim devant des grains, car elles ne pensent pas à faire le détour du grillage. La nature nous offre des centaines d'espèces de mammifères et d'oiseaux sauvages qui pourraient être domestiqués et améliorés afin de nourrir tous les habitants de toutes les régions de la planète, et nous, pauvres de nous, nous exterminons ces espèces sauvages, nous tuons la poule aux œufs d'or. Comment ne pas être révolté par un pareil gâchis ? Pourquoi un tel contraste entre une incroyable innovation industrielle et technique et une absence totale d'innovation au niveau agricole ? Cela est peut-être dû au fait que notre civilisation est surtout industrielle et n'est plus du tout paysanne. L'innovation en matière agricole se situe uniquement au niveau industriel, c'est-à-dire au niveau des machines agricoles et au niveau de la transformation industrielle des aliments. Nous débordons de plats cuisinés, de yaourts sophistiqués, mais la part réellement agricole de notre alimentation ne cesse de régresser en valeur et en variété. Peu d'espèces animales se prêtent aux conditions industrielles d'élevage, et au siècle prochain, nous ne mangerons certainement plus que deux espèces de poissons : la truite et le cabillaud ; deux espèces d'oiseaux : le poulet et le dindon, et deux espèces de mammifères : le porc et le bœuf. Par contre, leurs formes de présentation seront très sophistiquées : steak retrituré, barquette panée, plats cuisinés, etc. Nous ne mangerons que six espèces animales assaisonnées avec des centaines de molécules chimiques allant des colorants aux conservateurs en passant par les appétants ⁽²⁰⁾ indispensables pour camoufler l'insipidité de ces aliments.

Il y a quinze ans dans la première édition de notre livre, nous annonçons que cette nourriture industrielle nous entraînerait vers une décadence accélérée. Le spectacle de la jeunesse occidentale qui sombre dans l'obésité en se gavant de fast-food confirme notre vision prémonitoire. Les États-Unis ont déjà perdu cinq années d'espérance de vie par rapport à l'Europe mais celle-ci va bientôt les rattraper car l'obésité y double tous les dix ans.

• Environnement, nutrition et comportement des animaux

Élever un animal est encore plus complexe que cultiver une plante, car celui-ci étant plus évolué, il demande une dimension supplémentaire, celle du comportement, c'est-à-dire une relation sociale.

Ainsi, tout élevage doit pouvoir fournir un environnement physique (bâtiment, climat, etc.), biologique (prairies, alimentation, etc.) et social (structure des troupeaux, place disponible, etc.) de qualité, afin de produire des bêtes en bonne santé. Ce triple volet d'exigences des bêtes fait que l'élevage est plus un art qu'une science et que, même avec nos techniques ultramodernes, il y aura toujours de bons et de mauvais éleveurs. Contrairement à ce qu'ont cru les hippies de 68, n'est pas un bon berger qui veut. Pour être un bon éleveur, il ne suffit pas d'être un industriel du lait et de la viande ; il faut une bonne connaissance des trois niveaux de besoins des bêtes et une grande sensibilité pour percevoir l'état général de l'animal et prévoir ses envies.

L'ENVIRONNEMENT DES ANIMAUX D'ÉLEVAGE

Contrairement à l'animal sauvage qui vit dans son environnement naturel et subit la sélection naturelle, l'animal domestique dépend de l'homme pour son environnement. Afin d'éviter que la sélection naturelle ne fasse peser un trop lourd tribut sur son cheptel, l'homme se doit donc de fournir à l'animal des conditions d'élevage optimales. Pour cela, il doit lui donner des bâtiments qui atténuent les rigueurs du climat, qui apportent le confort et qui soient adaptés à la physiologie de l'animal. Il doit aussi apporter à la bête une nourriture de qualité correspondant à sa fonction digestive (herbe pour les ruminants et aliments variés pour les omnivores, comme les poules et les porcs). Enfin, les parcs clôturés doivent permettre aux bêtes de se nourrir et de se reposer dans les conditions proches de la nature. Un porc a besoin de fouir, une poule de gratter, une vache de ruminer ; sans ces fonctions, les animaux ont du mal à conserver un état de santé satisfaisant, et ils nécessiteront l'aide de médicaments. Ces préceptes peuvent paraître enfantins tant ils sont évidents ; ils sont hélas rarement suivis et de ce fait, l'élevage moderne est incapable de faire grandir les animaux d'élevage sans produits

pharmaceutiques. Malgré tous les résultats scientifiques qui montrent la supériorité de l'élevage en plein air pour la santé des jeunes et du troupeau, nous continuons à entasser nos animaux dans des étables de béton et de métal, et nous nous étonnons d'avoir des problèmes sanitaires. Le bâtiment ne doit en aucun cas être le seul lieu d'existence des animaux d'élevage ; le parcours en plein air leur est indispensable pour assurer leurs fonctions physiologiques. Ce parcours doit être intégré dans la rotation des cultures, afin d'éviter une contamination perpétuelle des animaux. Ainsi, il vaut mieux diviser en quatre le parcours d'un poulailler et ne donner accès aux poules qu'à un quart du parcours grâce à un jeu de portes dans le bâtiment. Ceci permettra de faire une rotation, et chaque parcours ne pourra être ouvert qu'une semaine par mois par exemple, ce qui permettra à l'herbe de repousser et aux parasites de mourir. Un bâtiment adapté aux animaux signifie des logettes assez grandes pour que les bêtes puissent se nourrir et se reposer à leur aise. Dans le cas des lapins, il faudra changer peu souvent leur litière, car ceux-ci mangent des excréments particuliers qui sortent de leur *cæcum*. Les élevages modernes sur grilles ne permettent plus aux lapins d'assurer correctement cette fonction, car une partie des crottes molles tombe au travers du grillage. L'animal présentera alors des problèmes de santé. On pourrait consacrer un ouvrage entier à la description des bâtiments d'élevage. En cette matière, le bon sens doit être notre guide. Le bâtiment, comme nos maisons, doit être sain, bien aéré et bien orienté.

Le climat et la topographie ont bien sûr un rôle fondamental pour les animaux. Il faut élever les races adaptées à la région où se trouve l'élevage. Si la région est rude et montagnaise, une race rustique la mettra mieux en valeur qu'une race sophistiquée. Il ne nous viendrait pas à l'idée de rouler en Ferrari sur un chemin de campagne et d'accuser ensuite le chemin. Il en est de même pour les races animales. On créera une fourbure en transportant un âne provençal dans un pré normand et on fera mourir de faim une normande dans une garrigue de Provence. La charolaise est trop lourde pour la montagne, alors que la tarine s'y plaît. Notre époque se croit plus forte que le climat, mais la nature nous rappelle parfois à l'ordre, et on a vu des gens mourir de froid sur l'autoroute car ils avaient oublié qu'en hiver, il neige. Les bergers français sont devenus la risée de toute d'Europe car ils ne savent plus cohabiter avec le loup contrairement à leurs collègues italiens,

portugais ou espagnols. En Turquie un berger qui se fait prendre un mouton par un loup n'ose pas rentrer au village de peur d'être la proie des railleries. En effet, il y a deux façons d'élever les moutons. Soit en les parquant dans des champs clos, lorsque le loup est absent de la région, soit en troupeaux libres gardés par des chiens et rentrés le soir dans des bergeries ou des enclos protégés lorsque le loup est présent. Tous les bergers du monde savent que les moutons ne doivent pas divaguer, surtout en zone de montagne, sous peine, comme les moutons de Panurge, de tomber des falaises et d'être victimes de paniques, si un loup s'approche du troupeau. Le bon berger n'abandonne pas ses bêtes, comme nous le rappelle la Bible. On ne laisse pas des moutons dormir la nuit dans la nature, on les rentre à l'abri, il y a des milliers d'années que les bergers le savent. Et les bergers français, qui n'ont de bergers que le nom, croient innover en abandonnant leurs bêtes dans la montagne. S'ils n'acceptent pas la pénibilité de ce métier qu'ils en changent mais qu'ils n'accusent pas les loups d'être responsables de leur incurie. Dans notre société décadente, les inondations sont dues à la pluie, les sécheresses sont dues au soleil et la mort des moutons due aux loups. Jamais les hommes ne reconnaissent leur responsabilité, ne se comportent en adultes et acceptent que les inondations sont liées à la mort biologique de sols qui ne boivent plus l'eau, que les sécheresses sont dues à la destruction des forêts et la mort des moutons à leur abandon. Cessons ces enfantillages et redevenons adultes.

L'ALIMENTATION DES ANIMAUX D'ÉLEVAGE

Pour leur alimentation c'est la physiologie animale qui doit être notre guide et non la productivité à tout prix. Une vache est un ruminant, il faut donc lui donner de l'herbe. Cela peut paraître une lapalissade, mais il n'y a, hélas, plus beaucoup de bovins qui mangent de l'herbe dans les élevages industriels d'engraissement. Nos bovins sont transformés en monogastriques, car ils ne reçoivent que des aliments concentrés pour cochon : ensilage, tourteaux de soja, farines, compléments minéraux. Ce déséquilibre alimentaire entraîne une perturbation de la fonction digestive, un ralentissement de la rumination et un bouleversement de la microflore intestinale. Le résultat se fait vite sentir, les bêtes sont malades et leurs excréments empestent. Cette odeur pestilentielle est le meilleur diagnostic de l'état pathologique de ces animaux. Un ruminant

en bonne santé a des bouses qui sentent bon. Toute personne qui a connu la campagne dans son enfance se souvient de la bonne odeur des étables et des écuries. Il est maintenant presque impossible de rester dans une étable de taurillons industriels, tant l'odeur des excréments est pénible. Nos bovins sentent aussi mauvais que les porcs, ils sont tous malades. Les résultats se voient à l'abattoir : plus de 90 % des bovins industriels français sont cirrhotiques, et nous nourrissons nos enfants avec cette viande. Cet exemple montre l'importance de l'alimentation dans la santé des bêtes. La nourriture doit être adaptée à la physiologie de l'animal. L'herbe en été et le foin en hiver doivent être la base alimentaire des ruminants et des équins, les autres aliments comme l'ensilage ou les tourteaux ne doivent être apportés qu'en complément. Cela paraît du bon sens pour toute personne normale, mais pas pour nos ingénieurs qui ont eu l'idée brillante de donner de la viande aux vaches. Si au moins ils avaient pris de temps d'ouvrir la bouche d'une vache et de regarder ses dents, ils auraient compris qu'elles ne sont pas des carnassières.

Les volailles et les porcs sont des omnivores, ils doivent donc recevoir une alimentation variée, contenant des graines, des féculents, de la viande et des graisses. Le granulé unique ne permettra pas, même s'il contient toutes les calories voulues, de maintenir les animaux en bon état de santé. L'utilisation massive de médicaments dans les élevages modernes nous démontre que l'alimentation unique ne permet pas d'assurer un état de santé satisfaisant à nos animaux d'élevage. Les hommes politiques paniqués par le scandale de la vache folle ont réagi de façon hystérique en interdisant les farines animales dans tous les élevages. Or les poussins et les porcelets sont des carnassiers, ils ont besoin de viande. Lorsque la poule gratte le sol avec ses pattes, les poussins mangent les petits vers et les insectes que leur mère a soulevés. Les poussins et les porcelets ont des croissances rapides que seules les protéines animales sont capables d'assurer. En supprimant cette alimentation sous l'effet de la panique, les hommes politiques vont nous concocter des poulets et des porcs fous. Nous retrouvons le même problème que celui déjà rencontré avec les plantes. De même que les blés modernes, nourris uniquement avec les trois éléments azote, phosphore et potassium, ne peuvent pas grandir sans ces médicaments que sont les pesticides, en raison de déséquilibres nutritionnels, nos animaux ne peuvent pas grandir sans antibiotiques et autres médicaments, en raison de leur

déséquilibre alimentaire et de leur sélection trop poussée. En effet, une bête n'est pas seulement une usine à viande ou à lait, elle doit assurer son système immunitaire pour se protéger des germes pathogènes. Une bête dont toute l'énergie est orientée vers une production de lait ou de viande n'assure plus sa défense. Les élevages modernes sont atteints de maladies chroniques que l'on essaye de gérer au mieux, c'est-à-dire aux limites économiques. De temps en temps, le système dérape, et la presse nous parle des salmonelles dans les ovaires de nos poules qui contaminent nos œufs, ou dans les carcasses de bovins qui contaminent nos steaks. On élimine les bêtes malades, on met à la porte le fonctionnaire indiscret qui a vendu la mèche, et le système continue. Jusqu'à quand ? Personne ne peut le dire. Peut-on savoir qui gagnera la course, les bactéries qui envahissent de plus en plus nos bêtes dégénérées ou les médicaments dont les variétés et les doses augmentent chaque année ? Personnellement, nous pensons que les gagnants seront les bactéries, car la sélection naturelle est la plus forte et aboutit toujours à l'élimination du plus faible. Nos animaux d'élevage trop poussés sont faibles, les élevages industriels ne sont pas plus durables que l'agriculture intensive.

LA SOCIOLOGIE DES ANIMAUX D'ÉLEVAGE

Une caractéristique des animaux par rapport aux végétaux est leur comportement social, c'est-à-dire les relations qui unissent les membres d'un groupe. Les données acquises depuis cinquante ans par l'éthologie, c'est-à-dire la science du comportement, nous permettent de savoir que chaque espèce animale possède une structure sociale bien définie, indispensable pour un développement harmonieux des individus de cette espèce.

L'éleveur se doit donc de connaître les structures sociales des espèces afin de les respecter pour le bien-être de son élevage. Prenons le cas des ruminants par exemple. Ce sont des animaux grégaires vivant en troupes formés de femelles et de jeunes. Les mâles sont solitaires et ne rejoignent le troupeau qu'au moment du rut. Les troupes sont hiérarchisées et font tout en groupe, c'est-à-dire que les bêtes broutent ensemble, se reposent ensemble et ruminent ensemble. Les femelles ne s'isolent du troupeau que pour la mise bas et ne rejoignent le groupe que lorsque le jeune est capable de suivre la troupe. Si l'éleveur veut respecter cette structure, il doit donc conserver une femelle pour assurer l'équilibre

hiérarchique ; il doit s'assurer que le bâtiment, l'abreuvoir ou l'ombre dans les prés sont assez grands pour que les bêtes puissent se coucher, boire ou ruminer ensemble. Un manque de place gênera la cohésion du troupeau et traumatisera certaines bêtes placées au plus bas dans la hiérarchie, qui verront alors leurs performances diminuer. L'éleveur devra aussi organiser ses bâtiments et ses prés pour que les mères puissent s'isoler avec leurs jeunes pendant les premiers jours suivant la mise bas. La santé et l'équilibre des jeunes s'en trouveront améliorés car les jeunes recevront le colostrum et les premiers soins maternels.

Les volailles aussi sont grégaires, mais le mâle reproducteur vit avec son harem. Les poules du harem sont hiérarchisées et ont tendance, comme les vaches, à tout faire ensemble. L'organisation des volailles étant territoriale, on a intérêt à séparer les troupeaux plutôt qu'à les laisser groupés. Les batailles sont alors moins fréquentes et la fécondité plus élevée.

Les élevages modernes ne tiennent pas compte des lois sociales des animaux, car ce n'est pas le bien-être et l'état de santé qui sont les premières préoccupations mais la productivité. Pourtant, les nombreuses études de psychologie animale montrent que l'équilibre social a un rôle fondamental pour les animaux d'élevage. Ce degré supplémentaire de complexité n'est pas fait pour plaire aux éleveurs industriels, car il semble, dans un premier temps, bloquer la productivité. Et pourtant, l'exemple des industries humaines devrait les aider. Au XIX^e siècle, les entrepreneurs ne voulaient pas de syndicats ni d'améliorations des conditions de travail, car ils craignaient des baisses de productivité. Tout entrepreneur moderne sait maintenant, grâce aux études de psychologie, que toute amélioration des conditions de travail est non seulement morale, mais utile pour l'entreprise. Il en est de même pour les bêtes ; les éleveurs comprendront un jour que toute atteinte aux lois sociales des bêtes est non seulement immorale, mais va à l'encontre de l'intérêt économique. Espérons que les élevages du XXI^e siècle n'auront rien à voir avec l'univers carcéral des élevages actuels, de même que les usines actuelles n'ont heureusement rien à voir avec celles du XIX^e siècle. Nous rirons de nos méthodes barbares actuelles d'élevage, lorsque nous aurons accepté de faire rentrer plus de science et de sensibilité dans nos techniques d'élevage.

• L'homme et l'animal : la fin d'une harmonie ?

L'animal accompagne l'homme depuis sa création. Il a été à la fois son prédateur et sa proie. Il a aussi été son compagnon lorsque l'homme s'est élevé vers Dieu. Très vite, l'animal a été porteur de dimensions sacrées. Cette divinisation de l'animal a précédé sa domestication. L'homme a admiré la bête avant de la dominer. Il en a fait l'animal dieu, avant d'en faire l'animal utile. C'est en le faisant entrer de plain-pied dans ses religions et ses légendes, dans son art et dans ses rêves, que l'homme a pu domestiquer l'animal et en devenir responsable. Il y a toujours plus d'espèces d'animaux que de plantes dans les récits bibliques ou dans les légendes. La bête épouse plus volontiers les fantasmes des hommes : danger du serpent, force du lion, bonté du dauphin, tous les caractères humains se projettent sur les animaux. C'est en cela que l'extermination actuelle des animaux sauvages est grave pour l'humanité. En perdant les baleines, les tigres, les éléphants et les ours, c'est notre passé et notre futur qui s'en vont. Nous perdons nos rêves, nous perdons notre marge, notre espace libre, notre potentiel. Comment supportera-t-on un monde sans fauves, sans rapaces, sans gazelles et sans dauphins, un monde où ne vivront plus que les rats et les chiens ? Les animaux sont d'abord entrés dans notre monde divin et l'ont vivifié. En disparaissant, ils créeront un manque pour notre spiritualité.

Après avoir été divinisé, adoré et même embaumé, l'animal est devenu le compagnon quotidien des hommes. Il l'a aidé ou accompagné dans toutes ses tâches, dans ses fêtes, dans son amitié et même dans ses guerres. Dans le travail, l'animal a aidé l'homme pour la traction, qu'il soit chien de traîneau, bœuf poussant sur le joug ou cheval appuyé au collier. L'homme a su adapter ses routes aux animaux de trait, chemins escaladant tout droit les collines pour les bœufs ou chemins serpentant pour les mulets. Cette traction animale a été utilisée dans le transport des gens et des charges, mais aussi pour animer des machines comme les meules, les ascenseurs de mines et les machines hydrauliques, ainsi que pour tirer les engins agricoles, depuis l'araire jusqu'à la charrue moderne. L'homme a su sélectionner les animaux en vue de ce travail et on a du mal à penser que le percheron ou le postier breton appartiennent à la même espèce que nos chevaux de course, et que le chien de traîneau

soit le cousin du lévrier. Nous avons perdu nos races de bœufs de travail, mais nous pouvons les voir sur les tableaux anciens. Grands bœufs hauts sur pattes dont le garrot dépassait la stature du maître.

L'animal a depuis longtemps participé aux fêtes et aux sports de l'homme : chiens et chevaux de course, taureaux de combat, bêtes de cirque, animaux savants. Et si certains jeux cruels comme les combats d'animaux sont maintenant interdits, le tiercé, lui, fait encore courir le monde. Deux sports où l'animal aide l'homme sont encore très en vogue : l'équitation et la chasse. Ce dernier, sport archaïque datant de l'époque où nous étions chasseurs-cueilleurs, a connu un apogée à l'époque où il était réservé aux aristocrates. La chasse avait atteint un raffinement incroyable dans la diversité, aussi bien de l'animal chasseur : chiens, faucons, guépards et furets, que de l'animal chassé : cerfs, lapins, renards, oiseaux. Dans ce domaine, l'homme a su sélectionner de façon étonnante son plus vieux compagnon, le chien. Pour chasser l'ours, il a créé les dogues ; pour les loups, les grands lévriers barzoï ; pour le gibier d'eau, le labrador ; pour le gibier de plaine, le chien d'arrêt ; pour le blaireau, le teckel ; pour le sanglier, le griffon ; pour le cerf, le beagle. On pourrait ainsi décrire longtemps chaque espèce de chien de chasse conçue pour tel milieu ou tel gibier. Étonnante souplesse génétique du chien dont la même espèce sauvage a donné le basset et le saint-bernard.

Les préhistoriens sont d'accord pour penser que le chien a été le premier compagnon de l'homme, et il est celui que l'homme a su utiliser aux tâches les plus diverses, comme la garde des troupeaux ou des maisons, la guerre ou la chasse, la traction des traîneaux ou la compagnie des adultes et des enfants, la recherche des voleurs ou des victimes d'avalanche. Il a même, avec le terre-neuve, créé une race pour secourir le marin tombé à la mer. Miracle d'une sélection faite sans connaître les lois de la génétique, simplement en regardant et en conservant les animaux les plus aptes. Le plus étonnant dans cette adaptation est que le chien a fini par s'assimiler à sa tâche. On est stupéfait de voir à quel point un briard ou un bobtail peuvent ressembler à un mouton, un griffon à un sanglier, un ratier à un rat, un dogue des Pyrénées à un ours. Simple sourire du hasard à nos lois rationnelles ? Ou bien Lamarck aurait-il raison, et l'environnement influencerait-il l'hérédité ? Un autre animal a su présenter une grande variation : c'est celui que l'homme appelle sa plus noble conquête. Comme le chien, il a subi la patiente

sélection des aristocrates qui avaient besoin de rapides coursiers pour porter les messages, de puissants chevaux de trait pour porter les hommes en armure et tirer les canons, et de petits poneys pour initier leurs enfants à l'art noble de l'équitation.

Pendant des siècles, les chiens et les chevaux étaient mieux sélectionnés que le bétail et recevaient des soins plus attentifs. Ils dormaient par exemple dans la chambre du seigneur qui devait fleurir bon le crottin tiède.

Le bétail n'a fait l'objet d'une vraie sélection, en vue de la production du lait, de la viande, de la laine et des œufs, qu'à partir du XVIII^e siècle, date où les *gentlemen-farmers* anglais s'intéressèrent aux revenus de leurs terres et où certains paysans devinrent propriétaires. Les aristocrates s'intéressaient aux chevaux et aux chiens, les bourgeois terriens s'intéressèrent à la croupe des porcs et aux pis des vaches. En moins d'un siècle, cet engouement pour le bétail aboutit à la création de nos races domestiques dont nous ne poursuivons l'amélioration que de certaines. La perte de nos variétés de volailles, de vaches, de moutons et de porcs qui ne s'adaptent pas aux conditions d'élevage industriel n'est certes pas une perte irrémédiable, puisque nos ancêtres les avaient créées en peu de temps, mais représente une perte de qualité certaine. En misant sur la quantité plutôt que sur la qualité, l'Europe a perdu ses produits de terroirs qui vaudront de l'or au siècle prochain. Quand reverrai-je de mon petit village fumer les jambons et affiner les fromages ? Telle sera la plainte de nos descendants qui n'auront pas su oublier dans les ordinateurs et les magnétoscopes la joie du bien manger.

Au fur et à mesure que notre époque évolue, l'animal cesse d'aider l'homme dans ses nombreuses tâches quotidiennes. Il est remplacé par les machines, plus pratiques et plus performantes, ou bien disparaît avec l'activité elle-même, comme les chiens bergers. Si l'animal de travail reste encore indispensable pour la plupart des êtres humains, si les chiens de traîneau aident toujours les Esquimaux et les chiens bergers gardent les troupeaux d'Asie mineure, si les dromadaires et les chameaux traversent encore les déserts, si les lamas, les yacks et les mulets escaladent toujours les montagnes, si les ânes croulent encore sous des charges incroyables et si les chevaux peinent toujours aux labours, la présence de ces animaux est maintenant associée, pour nous, au sous-développement.

C'est dans la guerre que l'animal a perdu son rôle prestigieux ; finies les charges héroïques, finies les meutes de dogues, finies les terreurs occasionnées par les éléphants de Hannibal, finies les précieux renseignements transmis par les pigeons voyageurs. Il ne reste plus aux animaux que la guerre sournoise des torpilles attachées aux ventres des dauphins ou la guerre sale des mouches contaminées par des bactéries mortelles.

Dans la société occidentale, l'animal se maintient comme source, de plus en plus anonyme, de nourriture et comme compagnon, de plus en plus névrotique, du citoyen. L'homme moderne ne veut plus reconnaître l'animal qu'il mange ; il le veut anonyme, sous forme de barquette, de croquette, de viande hachée et de sandwich. Il ne veut plus voir le sang, il ne veut rien savoir du combat de la vie. Les bêtes qu'il mange ne voient plus la lumière, n'ont plus de noms et sont abattues, froidement, rapidement, hygiéniquement et presque sans douleur. Pas de traces de meurtre, juste une angoisse qui se lit dans les yeux de ces bêtes numérotées qui partent en camion vers la mort. Juste cette diarrhée de panique qui coule sur les flancs de ces bêtes suspendues qui entendent le sifflement de la scie qui va leur trancher la gorge et qui sentent l'odeur de la merde et du sang qui giclent sur les parois en céramiques du couloir d'abattage. Plus de fêtes du cochon, plus de cocardes et de rubans sur l'agneau de lait. L'animal ne nous offre plus sa vie dans la fête, il meurt en silence, dans l'indifférence, sans que jamais quelqu'un ne l'ait reconnu, ne lui ait donné la valeur et l'attention que mérite tout être vivant.

L'augmentation rapide de la population et de son niveau de vie est en train de poser un sérieux problème sur l'avenir des élevages industriels. En effet, les animaux que nous mangeons consomment beaucoup de protéines végétales, c'est-à-dire qu'ils nous concurrencent sur le plan alimentaire. Jusqu'alors, seuls les pays riches s'offraient le luxe de manger de la viande. Ce besoin est en train de devenir mondial et les ressources alimentaires pour nourrir tous ces animaux se raréfient. En Europe par exemple, les animaux d'élevage consomment 100 % du maïs, 80 % de l'orge et 40 % du blé que nous produisons. Nos vaches sont mieux nourries que beaucoup d'êtres humains. À cela il faut rajouter les protéagineux, c'est-à-dire les plantes riches en azote comme le soja dont nous importons 77 % des besoins de nos animaux, plus le manioc importé d'Asie et d'Afrique, plus les farines de poissons pour les porcs, les poulets et les poissons carnassiers comme les saumons.

Cette situation ne pourra pas durer éternellement car la production de céréales stagne depuis dix ans et les stocks fondent comme neige au soleil. Il va donc falloir rendre l'humanité végétarienne. Ceci va se faire progressivement car les hommes aiment la viande et il faut éviter les mécontentements populaires. Les étapes vont être les suivantes, on va d'abord dégoûter les gens de la viande de bovin car celle-ci est la plus coûteuse sur le plan énergétique puisqu'il faut 7 kg de protéines végétales pour faire 1 kg de viande bovine. Avec la vache folle, la consommation de viande bovine n'est plus à la hausse. Puis on dégoûtera les hommes de la viande de porc car ceux-ci consomment 3 kg de protéines végétales pour faire un kilo de viande porcine. Les scandales des porcs à la dioxine et des pestes porcines freinent aussi la consommation de cette viande. On commence maintenant à dégoûter les gens de la viande de poulets qui consomment 2 kg de protéines végétales par kilo de poulet. La grippe du poulet va sûrement réduire le cheptel de 8 milliards de poulets chinois car il commence à se réduire dans l'Asie du Sud-Est. Enfin il faudra que les gens apprennent à se passer des poissons et en particulier les poissons carnivores d'élevage qui consomment trop de protéines. Il semblerait que l'avenir soit aux insectes, leur protéine est d'excellente qualité et ils ne consomment que 1,1 kg de protéines végétales pour faire 1 kg de protéines d'insectes. De plus leurs excréments sont peu volumineux ce qui résoudrait le problème de la pollution par les lisiers. Ces animaux peuvent s'entasser de façon encore plus incroyable que pour les autres espèces. Il serait sûrement impossible de faire manger les insectes tels quels par les hommes mais le fast-food, qui sert déjà une viande impossible à reconnaître permettra de faire des steaks hachés d'insectes sans que le consommateur ne s'en rende compte. Il suffira ensuite d'utiliser des molécules de synthèse pour donner le goût bœuf, le goût porc ou le goût poisson. Déjà, à l'heure actuelle il y a plus de 30 % de pâté de soja dans les steaks hachés industriels et les clients ne s'en rendent pas compte. Cette vision peut paraître apocalyptique mais elle est en fait inéluctable, non seulement parce qu'il faut partager le gâteau et que sa taille est limitée, mais aussi parce que les élevages industriels s'enfoncent dans les zoonoses à un rythme toujours plus rapide. Il ne se passe maintenant plus une année sans qu'il n'y ait un problème de vache folle, de peste porcine, de virus sur le saumon ou de grippe du poulet. À chaque fois la réponse est la même, subtile, délicate, digne d'une civilisation évoluée comme la nôtre : le massacre. L'Europe a ainsi brûlé 8 millions de

vaches sans sourcilier, sans ressentir le moindre petit doute quand au bien fondé de ce système. Puis ce fut le massacre de millions de porcs en Hollande, au Danemark, en Pologne et maintenant, depuis le début de l'année, plus de 80 millions de poulets sont déjà massacrés en Asie du Sud-Est. Nous étions à Madagascar lorsque l'Angleterre allumait ses immenses bûchers pour brûler ses moutons. Ses images passaient à la télévision du restaurant de village où nous mangions. Par la fenêtre, des dizaines d'enfants, le ventre ballonné par la carence protéique regardaient, médusés, ce massacre télévisé. On peut toujours se rassurer et se dire que ces enfants affamés pensaient qu'il s'agissait d'un gigantesque barbecue en hommage à la reine d'Angleterre, mais cela n'empêche pas la honte de retomber sur cette société qui entasse des bêtes dans des conditions inhumaines pour mieux les carboniser ensuite. Ce massacre des moutons fut encore plus scandaleux que celui des vaches car il n'a jamais été établi de relation entre le tournis du mouton et l'homme. Les causes étaient en fait économique, il fallait protéger l'élevage européen.

165

Mais honte et gâchis n'ont qu'un temps, il faut se rendre à l'évidence, ce système monstrueux n'est pas durable. L'avenir sera très différent, la viande va devenir un luxe et elle sera de qualité. Lorsque la PAC finance l'installation de jeunes agriculteurs pour produire des taurillons de batterie ou des porcs d'élevage industriels, elle le fait avec un parfait cynisme car elle sait très bien que ces jeunes agriculteurs ne rembourseront jamais leurs emprunts et qu'ils grossiront les rangs des chômeurs. Il n'y a aucun avenir pour ce type de production. Comme il n'y avait aucun avenir pour les vins de table dans les années soixante-dix. La viande de masse sera celle d'insecte, incorporée dans des steaks industriels. La viande de qualité sera produite par des bovins ou des ovins broutant des prairies naturelles, ou par des porcs et des poulets de plein air. Notre société sera obligée de redonner une dignité aux animaux d'élevage, ou bien il faudra, comme en Inde, que l'humanité devienne végétarienne. Dans ce pays qui le premier au monde a connu des problèmes de surpopulation, le manque de place pour les bêtes s'est fait sentir il y a longtemps. Pour s'adapter, la société indienne a créé l'hindouisme c'est-à-dire une religion basée sur l'interdiction de manger de la viande. Marvin Harris ⁽³⁴⁾, explique bien, dans son livre désormais classique, comment la religion a réussi à conserver les bovins, car ils étaient nécessaires comme force de travail, et à ainsi

empêcher leur consommation. En Inde les bovins sont devenus sacrés et le sex-ratio du troupeau a été inversé. Alors que dans tous les troupeaux de bovins du monde les femelles sont largement majoritaires puisqu'un taureau peut féconder beaucoup de vaches, dans le troupeau de bovins des Indes, le plus grand du monde puisqu'il dépasse 100 millions de têtes, ce sont les taureaux qui sont majoritaires. Ainsi le troupeau est stable, on conserve sa force de travail et on évite une concurrence alimentaire trop forte entre les hommes cultivateurs et les bovins. Ce modèle indien vieux de centaines d'années ne paraît guère généralisable à l'ensemble de l'humanité car le sacré est presque disparu de la civilisation mondiale.

À l'opposé des massacres anonymes des animaux d'élevage, il se développe, comme pour nous déculpabiliser ou blanchir notre âme, un excès névrotique de passion pour les animaux domestiques. Plus la nature disparaît, plus les chiens compissent nos trottoirs et les chats empuantissent nos appartements. Dans notre société occidentale décadente, il y a plus de chiens et de chats domestiques que d'enfants de moins de quinze ans. Ils ont leur rayon dans les supermarchés, avec leurs croquettes, leurs pâtés, leurs vêtements et même leurs jouets. On massacre pour leur nourriture près de deux millions de kangourous en Australie chaque année et ils sont mieux nourris que beaucoup d'êtres humains.

Curieuse civilisation que celle qui brûle ses vaches et ses volailles, qui extermine la faune sauvage et qui cajole à l'excès ses chiens et ses chats. Notre cœur n'est-il donc plus assez vaste pour aimer la nature dans sa plénitude ? Pour nous, habitants des grandes mégapoles, la nature se résume-t-elle donc à un chien castré qui vient pisser chaque matin sur le cèdre bleu au milieu du gazon bien tondu ?

Autrefois, chaque pays avait son animal et sa plante héraldique. Le lion et la rose pour l'Angleterre, le coq et le lis pour la France, le chien et le trèfle pour l'Irlande. S'il fallait trouver un animal et une plante emblèmes pour notre civilisation, il nous semble que le rat et le gazon seraient ceux qui conviendraient le mieux. Il y a quelque chose de cassé dans nos relations avec le monde animal : les animaux ne sont plus porteurs de nos rêves et de nos espoirs ; ils ne sont que le gavage de nos ventres et le refuge de nos frustrations.



Le sol

CHAPITRE 6

et le terroir

« Ce vin sent le terroir.
La qualité des terroirs se communique aux végétaux qui y sont
placés ;
elle forme ce qu'on nomme le goût du terroir. »

ANTOINE-FRANÇOIS DE FOURCROY, *Connaissance de la chimie*, 1787.

On ne peut pas finir un livre sur le sol sans parler du rôle de celui-ci dans l'expression de « terroir » et donc de son rôle dans la qualité des aliments. En effet l'homme ne se contente pas de se nourrir, comme font les animaux, mais il mange, c'est-à-dire qu'il apporte une dimension sociale et spirituelle à son alimentation. Il est fondamental de rappeler ces relations complexes qui unissent le sol, les microbes du sol, les plantes, les animaux et les hommes car notre époque s'enfonce dans l'obésité. En Europe 10 % des gens sont obèses, aux USA c'est 30 % de la population qui oublie de manger et qui bouffent de la « Junks food » devant la télévision. L'agriculture industrielle produit de la bouffe alors que l'homme a besoin d'aliments. La différence est immense et n'oublions pas ce proverbe indien : « Nous pensons en fonction de ce que nous mangeons. » La bouffe abrutit, la gastronomie élève.

Mais on ne peut parler gastronomie que si celle-ci transforme un aliment noble et sain qui provient d'un sol sain. Nous allons essayer de comprendre cette notion très complexe qu'est la **qualité** d'un sol, et celle tout aussi complexe qui est celle d'un **aliment de « terroir »**.

• Définition du « terroir »

Ce mot français n'a pas d'équivalence dans les autres langues, il recouvre un ensemble complexe comprenant un climat, une géologie, une topographie et un sol. Cette complexité varie bien sûr avec le type d'aliment de « terroir » produit. Un « terroir » pour faire un grand vin sera très différent d'un « terroir » pour faire une grande bière. De même un « terroir » pour faire un bon fromage est très différent d'un « terroir » pour faire une charcuterie. Nous retrouvons ici la notion de vocation des sols des anciens. Un terroir peut être naturel et mis en valeur par l'homme ou bien créé par l'homme.

Pour bien comprendre le rôle conjugué du climat, de la géologie, de la topographie et du sol nous commencerons par un exemple bien connu : les « terroirs » pour le vin.

RÔLE DU CLIMAT

Pour produire un grand vin il ne faut pas une chaleur excessive car celle-ci rendra le vin trop alcoolique, trop lourd, il faut donc un climat tempéré qui se caractérise par un été ensoleillé et l'apparition, en septembre pour l'hémisphère nord et mars pour l'hémisphère sud, d'un climat ensoleillé le jour et frais la nuit. Le début de l'été permettra la maturation des sucres, la fin de l'été la maturation phénolique. La zone climatique permettant de faire des grands vins est donc limitée à la zone tempérée de la planète.

Au cours des siècles, l'homme a su adapter la vigne (*Vitis vinifera*) aux différents climats tempérés de l'Europe et ainsi créer des cépages. Certains sont adaptés au nord de la zone tempérée comme le pinot noir ou le chardonnay, d'autres à la zone moyenne comme le cabernet ou le sauvignon, d'autres enfin à la zone méditerranéenne comme le grenache ou la marsanne. Cette adaptation n'est pas toujours comprise par les vigneron du Nouveau Monde qui cherchent plus à copier l'Europe qu'à créer des vins originaux. Ils plantent souvent des cépages mal adaptés aux zones choisies. Il n'est pas sûr que le cabernet soit bien adapté à la Nappa Valley car le climat de cette dernière est proche de celui du Languedoc où poussent le grenache et le mourvèdre.

Les hommes ont réussi à faire des grands vins en Méditerranée du Sud en cherchant les faces nord des collines ou en montant en altitude,

comme au Liban, pour obtenir des climats plus tempérés. L'homme a su intervenir sur le climat en luttant contre le gel printanier grâce à des éoliennes, des foyers fumigènes, des vaporisateurs de brouillard ou des réchauffeurs à fuel.

Depuis une vingtaine d'années le réchauffement climatique dû à l'activité humaine profite aux vigneron européens mais si ce réchauffement s'accroît il pourra aboutir à une remontée vers le nord de certains vignobles et à l'abandon d'autres zones.

RÔLE DE LA GÉOLOGIE

Le deuxième facteur du « terroir » est la géologie. Il existe trois types de roches sur la planète. Les roches métamorphiques qui représentent 90 % des roches (75 % de schistes et 15 % de granit). Les roches volcaniques qui représentent 3 % des roches et enfin les roches sédimentaires qui représentent 7 % des roches du monde et dont 80 % sont calcaires. Or la vigne est une plante calcicole, originaire des zones calcaires du Caucase, et les calcaires sont rares, cela entraîne une forte réduction des zones capables de faire des grands vins, et en particulier de grands vins rouges. En effet tous ces grands vins rouges sont produits sur des sols calcaires. Ce sont les marnes sous-jacentes des grèves qui font les grands bordeaux. Ce sont les calcaires du jurassique qui font les grands bourgognes. Ce sont les marnes calcaires qui font les grands barollos. Ce n'est pas pour rien si au Moyen Âge, la France, dont 55 % des sols sont calcaires, était fille aînée de l'Église, elle était la zone qui produisait le sang du Christ. Sur les roches métamorphiques les hommes produisent de grands vins blancs : vins d'Alsace, de Moselle, d'Anjou ainsi que sur les roches volcaniques : tokay de Hongrie. Les vigneron américains devraient plus s'intéresser à ces grands vins blancs, car aux USA les sols calcaires sont rares, ils ne couvrent que 3 % du territoire.

RÔLE DE LA TOPOGRAPHIE

La troisième dimension du terroir est la topographie. Les romains disaient : « Bacchus amat colles », Bacchus aime les collines et c'est sur elles que se font les grands vins. En effet, les collines permettent une rapide évacuation de l'eau dans le sol et donc un réchauffement rapide du sol (il faut sept fois plus de calories pour réchauffer un sol humide qu'un sol sec). La pente permet aussi une bonne exposition au soleil, les pentes sud-est étant les plus recherchées.

L'homme a su intervenir sur la topographie des vignobles par l'aménagement de terrasses lorsque les pentes étaient trop fortes ou par l'accentuation des pentes comme dans le Médoc où les hommes ont accéléré l'élimination de l'eau en remodelant les croupes de graves.

Avec ces trois dimensions du terroir, on comprend déjà que les terroirs capables de produire de grands vins sont rares sur la planète. En effet, il faut à la fois un climat tempéré, une roche calcaire et une pente bien orientée et ceci ne se trouve pas sur les 8 millions d'hectares de vignes cultivés dans le monde. C'est pourquoi les vigneron d'Europe s'amuse à dire que ce n'est pas l'excès de marché commun qui gêne le vin mais l'excès de vin commun qui gêne le marché. Cette rareté des trois premières dimensions du « terroir » est importante pour les vigneron car elle les force à accepter une injustice « naturelle ». Tout le monde n'a pas la chance d'avoir un « terroir ». Le « terroir » n'est pas politiquement correct et il faut cesser de faire croire aux vigneron que la technique peut passer outre le « terroir » et lui imposer le « politiquement correct ».

Il y a des « zones » pour faire des vins de table et il y a des « zones » pour faire des vins de cépages et enfin il y a des « terroirs » pour faire des vins de « terroir ». Ce n'est pas démocratique ni populaire mais c'est ainsi.

RÔLE DU SOL

Enfin il existe une quatrième dimension du terroir, la plus complexe, qui est le « Sol ». C'est celui qui est la plus grande source de discordance entre les hommes car ceux-ci l'abordent plus de façon idéologique ou technique que de façon scientifique. Pour les Américains, jusqu'aux années quatre-vingt-dix, le sol suivait un dogme admis par tous : « Soil for wine is just bull shit. (*Le sol pour le vin, c'est juste de la crotte.*) » Et puis le temps est intervenu et avec lui la maturité des esprits et nombreux sont maintenant les vigneron américains qui comprennent que ce ne sont pas les sols des vallées qui font les grands vins mais les sols des collines.

En Europe beaucoup de vigneron reconnaissent que les vins faits sur les grands terroirs avant 1969 sont supérieurs en qualité, en complexité, en finesse, que ceux après 1970. Et pourtant, la géologie et la topographie sont restées identiques. Quand au climat, son changement est encore trop récent pour expliquer ces différences.

Ils reconnaissent donc que les techniques violentes développées par les agronomes après les années soixante, à savoir l'excès d'engrais chimiques, l'excès de pesticides et surtout le désherbage total et l'arrêt du travail du sol, ont provoqué une baisse de la qualité des vins. Ce viol des sols par des agronomes qui refusaient la complexité de ce milieu et qui voulaient le réduire au simple rôle de support avait entraîné une perte de complexité des vins. Cette destruction des sols aurait dû être remarquée par les vigneron mais hélas, la destruction des sols de vignes était masquée par les œnologues qui rattrapaient, jusqu'à un certain point, les dégâts des agronomes. Et ce furent les années quatre-vingt-dix, les décennies des vins pommadés, le règne tout puissant des œnologues qui expliquaient aux vigneron que leur technique pouvait maquiller toutes les erreurs commises sur le sol et la vigne. On maquillait la mariée dont la beauté était flétrie. Cette situation n'aurait probablement pas changé si les vins d'Europe avaient continué à gagner les concours de dégustation. Mais, hélas, ce ne fut plus le cas, années après années, les choses glissaient, les goûts changeaient. Ces vins, produits sur des sols biologiquement morts, ne donnaient plus en vieillissant ces goûts de terre, de truffe, de champignon, de sous-bois, de feuille morte, de silex, de caillou. Adieu les belles minéralités de fins de bouches. Ils devenaient plats, vides, épuisés par les ans. Alors ce fut la course aux vins jeunes, pubères, inachevés, aux parfums solaires de fruits rouges, de fleurs, et qui mouraient prématurément sans jamais connaître la force de l'âge. Quelque chose était cassé dans le monde du vin. Où était le sang du christ qui était solaire en sa jeunesse et terrien en sa maturité ? Des vigneron comprirent qu'ils n'étaient plus des viticulteurs, qu'ils avaient oublié le sol et sa complexité et qu'ils n'étaient plus que des maquilleurs de vins. Puis des passionnés de vins ; journalistes, experts, amateurs éclairés, clamèrent très fort qu'ils ne retrouvaient plus cette jouissance profonde que représente la dégustation d'un vin de « terroir ». Ils découvraient qu'on leur vendait cher un vin qui ne contenait plus, au sein de sa bouteille, le « terroir » qu'il osait revendiquer sur l'étiquette. Il était temps que l'on revienne au sol et que l'on accepte, au lieu de les rejeter, ces relations complexes qui lient le sol, les microbes, les racines et le vin. Jusqu'alors les études sur les relations sol-« terroir », avaient mis en évidence quelques facteurs comme la perméabilité, la présence de cailloux en surface qui réchauffaient la vigne, ou celle d'argile en profondeur qui libérait lentement l'eau, en été, permettant ainsi à la vigne d'éviter le stress hydrique. On savait que les sols trop

profonds ne permettaient pas l'arrêt de croissance de la vigne, nécessaire à la maturation du raisin. On savait que les sols trop riches en potasse créaient une chute d'acidité des vins, que les sols trop nutritifs favorisaient les maladies et déséquilibraient les vins. Mais on ne savait pas pourquoi, avec le même cépage et à 20 mètres de distance, on avait une romanée conti ou un richebourg, un côte rotie brune ou blonde. L'enjeu était complexe, le défi provoquant, il ne s'agissait pas bien sûr d'apporter la solution mais d'apporter une petite pierre à la compréhension de cette complexité qu'est le « terroir ». Sachant qu'il n'y avait pas de vérité avec un grand V, nous avons, dans notre laboratoire, étudié le sol, non pas sur un seul niveau mais dans sa globalité, en analysant sa dimension physique, chimique et biologique. Et dans ce monde obscur et inconnu qu'est le sol, de petites lueurs sont apparues nous permettant d'affirmer que le sol a un rôle dans l'expression de « terroir », aux côtés du climat, de la géologie et de la topographie. Pour démontrer cela nous avons choisi la Bourgogne et en particulier les côtes de Beaune et les côtes de Nuits. Cette région magique avait plusieurs avantages sur le plan scientifique : elle a une assez grande homogénéité climatique et d'orientation, elle ne s'étend que sur trois étages du Jurassique : le Bajocien, le Bathonien et l'Oxfordien, et la zone des crus s'étend sur une topographie assez semblable. À cela se rajoutait une autre homogénéité, celle des cépages, puisqu'en Bourgogne AOC on ne peut cultiver que le pinot noir pour le vin rouge et le chardonnay en vin blanc. Ceci permettait d'échapper aux critiques disant que le goût différent des vins était lié aux différents assemblages. Enfin la Bourgogne avait eu la sagesse d'établir la classification de ses vins en grands crus, premier cru et villages, permettant ainsi de confirmer ou d'infirmer la validité de cette classification empirique faite en goûtant les vins. Nous nous sommes donc penchés sur la dimension physique du sol. Au niveau de la granulométrie, aucune corrélation n'est apparue. Nous nous sommes alors intéressés au type d'argile présent dans les sols. Or la mesure des types d'argiles des terroirs de Bourgogne nous a permis de créer un indice de classification des sols qui recouvre à 75 % la classification actuelle. Non seulement nous trouvons une corrélation entre le type d'argile et la couleur des vins, mais en plus notre indice permet de confirmer la classification des crus de Bourgogne. Or cette classification de 1936 avait été faite par la dégustation des vins, c'est-à-dire par une perception finale de subtilités gustatives issues de la **complexité** que représente le « terroir ». Cette confirmation scientifique et agronomique de la

classification gastronomique redonne à cette dernière une place dans la science moderne. On ne peut plus opposer une agronomie scientifique et une gastronomie subjective. La vraie agronomie doit produire de la saveur et reconnaître que la gastronomie est fille de l'agronomie.

Le sol n'a pas seulement une dimension physique de texture mais aussi de structure, c'est-à-dire non plus la taille des particules du sol mais la façon dont elles sont agencées. Or, pour faire un grand vin, la vigne a besoin d'un sol aéré et ce pour deux raisons : Premièrement, un sol aéré se sèche donc se réchauffe plus vite, ce qui permet une meilleure maturation du raisin ; deuxièmement, un sol aéré permet aux racines, qui ont besoin d'oxygène pour respirer, de descendre en profondeur. L'enracinement profond va permettre de donner les goûts de terroirs et va permettre en été d'éviter le stress hydrique de la vigne. Pour faire un grand vin la vigne doit arrêter sa croissance vers la fin juillet pour s'occuper de la maturation de ses raisins, mais elle ne doit pas être bloquée physiologiquement sans quoi la maturation ne se fait plus. C'est l'enracinement profond, qui en apportant un minimum d'eau à la vigne, lui permet, malgré l'arrêt de croissance des bois, de continuer la maturation des raisins.

Cette bonne structure s'obtient de deux façons. Soit le système de la Bourgogne : un sol argilocalcaire, mince (20 à 50 cm d'épaisseur) sur une roche fissurée par les mouvements tectoniques. Soit le système du Médoc à Bordeaux : un sol épais de graves siliceuses filtrantes reposant sur une couche d'argile, profonde et drainée par l'homme. Dans ces deux situations les racines peuvent s'enfoncer fortement dans le sol. En effet, en Bourgogne bien que le sol soit argilocalcaire, donc capable de retenir l'eau et de devenir collant, la roche fissurée sous-jacente évacue cette eau excédentaire et permet l'aération du sol de surface. En Bourgogne, lorsqu'il pleut, le vigneron peut rentrer dans sa vigne trois jours après la pluie car le sol s'est ressuyé. À Bordeaux, où la pluviométrie est trop élevée pour faire du vin, c'est la structure remarquable des graves qui permet une évacuation très rapide de cet excédent et crée en fait un sol sec sous un climat atlantique.

La deuxième dimension du sol est sa chimie. Chaque roche, selon sa composition, va libérer des éléments, en concentration particulière, assimilables par les racines. Ainsi les calcaires de Bourgogne, ou le granit de Morgon sont riches en manganèse, élément que l'on retrouve dans les vins. On dit que le vin morgone. Les granits de Lantinié sont

riches en baryum et en fluor. Les andésites de Brouilly sont riches en zinc et en cuivre. Chaque roche libérera donc son goût de terroir. On pourrait objecter à cette remarque que les molécules aromatiques du vin sont carbonées et ne contiennent pas d'oligo-éléments comme le manganèse ou le baryum ou le zinc. Mais en fait ces molécules aromatiques sont synthétisées par les enzymes or ces dernières sont des protéines à cofacteur métallique. Ces oligo-éléments que la vigne extrait des roches peuvent donc être incorporés dans ces cofacteurs enzymatiques et participer ainsi à la synthèse des parfums. C'est la physiologie végétale qui pourra nous apporter la réponse définitive à cette question. Mais les physiologistes ne connaissent pas encore toutes les enzymes et leurs cofacteurs impliqués dans la synthèse des molécules aromatiques. De plus, lorsque l'on force une vigne ou une autre plante comestible avec les trois engrais de la turgescence : N, P et K, on provoque une chute de la teneur en oligo-éléments dans les plantes, ce qui provoque une perte de typicité. Cette chute est liée au fait que, comme nous l'avons vu dans le chapitre sur l'alimentation des plantes, ces trois éléments mis en excès provoquent une turgescence, c'est-à-dire une forte absorption d'eau donc une dilution des vins ou du tissu des plantes. C'est pourquoi on essaie par l'osmose inverse de concentrer des vins qui proviennent de raisins gorgés d'engrais, car ces raisins sont aux antipodes du terroir. Ils sont pleins d'eau et non pas pleins des minéraux du terroir.

Enfin le sol s'exprimera par sa dimension biologique qui comprend trois types d'organismes : Les racines, la faune du sol et les microbes. Dans un grand terroir les racines doivent pouvoir s'enfoncer profondément et doivent être tortueuses. Plus elles le seront, plus le chemin de la sève sera long pour aller vers le raisin et plus la sève sera riche en minéraux provenant du sol. Mais les racines ne peuvent s'enfoncer dans le sol que grâce à la faune qui aère le terrain par ses galeries. Un grand terroir devra avoir les trois faunes : L'épiguée et l'anécique que l'on nourrit avec le compost fait avec les bois de taille et les rafles qui viennent du « terroir » et avec du fumier animal. La faune endogée qui nettoie les racines mortes de la vigne et permet aux suivantes de descendre, est nourrie par les cultures intercalaires d'hiver. Pour cela on choisit des plantes à enracinement profond. La dernière dimension du sol dans l'expression du terroir est sa microbiologie.

Nous avons vu dans les chapitres précédents comment les microbes nourrissaient les plantes en rendant solubles les éléments nutritifs du sol. Sur un sol mort le vigneron est obligé d'apporter des engrais chimiques, or ceux-ci sont les mêmes à travers le monde et il uniformisera le goût de ses vins. La vigne ne se nourrit pas que de N, P et K mais des vingt-huit autres éléments que lui apportent les microbes en fonction de leur teneur dans la roche mère. De plus nous avons vu que ces éléments nécessitent de l'oxygène pour être formés par les microbes et l'oxygène ne peut rentrer dans un sol que si la faune y est abondante.

Nous avons pris l'exemple du vin pour illustrer la notion de « terroir ». Grâce à cet exemple nous comprenons mieux comment, la même plante, la vigne (*Vitis vinifera*), se nourrissant dans des terroirs différents, produit par fermentation des vins de terroirs. Cependant, c'est bien le vin, c'est-à-dire la boisson issue de la fermentation du jus de raisin, qui a un goût de terroir très typique. Le jus de raisin est beaucoup moins marqué par ces différences. Cela signifie donc qu'entre le jus de raisin et le vin il se passe encore des phénomènes qui exacerbent les différences entre les vins d'une même région.

RÔLE DU CÉPAGE DANS L'EXPRESSION DE « TERROIR »

Il nous faut donc entrer plus avant dans cette complexité et faire intervenir la variété de vigne. Cette plante ayant une position particulière dans la civilisation chrétienne a droit au nom de cépage au lieu de variété comme les autres plantes cultivées. Or le cépage est le résultat d'une longue adaptation de *Vitis vinifera* à des conditions de « terroir ». Ainsi le pinot noir vient de 1 000 ans d'adaptation de *Vitis vinifera* aux conditions de la Bourgogne, de la Champagne et de l'Alsace. Le cabernet est le résultat de 1 000 ans d'adaptation de *Vitis vinifera* aux conditions de terroir du Bordelais, il en va de même pour le san giovese qui pousse depuis plus de 1 000 ans en Toscane ou pour le nebbiolo que les hommes ont adapté aux terroirs des Langhe. Tous les grands cépages sont issus d'une longue sélection pratiquée par des générations de vignerons.

Cette adaptation se traduit par des stades de développement adapté au terroir. Dans les terroirs septentrionaux les cépages débourrent tardivement ce qui leur permet d'échapper au gel et leur cycle est court ce qui

leur permet de mûrir avant l'arrivée des gelées d'automne. À l'inverse dans les terroirs du Sud, la vendange se fera plus tardivement pour profiter des nuits fraîches d'octobre qui permettent les maturités phénoliques.

Cette adaptation du cépage au climat est renforcée par la taille. Les vignerons pratiquent des tailles basses dans le Nord pour rapprocher les grappes de la chaleur du sol. À l'inverse, dans le sud de l'Europe on pratique la taille haute pour éviter le dessèchement des grappes par la chaleur excessive du sol. On pratique même la taille en tonnelles ou pergolas ⁽³⁵⁾ pour mettre les grappes à l'ombre dans les pays où le soleil trop violent les brûle. L'homme change aussi la densité de plantation en fonction du climat. Autrefois, les densités étaient très élevées afin de concentrer les raisins. En effet plus la densité est élevée plus les pieds de vigne se concurrencent et moins ils produisent de grappes. De plus la forte densité oblige les racines à plonger car elles se concurrencent à l'horizontal. Le goût de terroir est alors plus marqué. Ainsi jusqu'au XVIII^e siècle les vignes étaient plantées en « foule » c'est-à-dire en tous sens comme une foule humaine. Les densités augmentaient vers le nord. Les vignes de la zone méditerranéenne étaient plantées à 15 000 pieds par hectare. Celles de Bourgogne à 24 000 pieds par hectare (1 000 pieds par ouvrée) et celle de Champagne à 50 000 pieds par hectare. Chaque pied avait son échelas sur lequel on attachait les pampres. Cette conduite imposait un travail manuel du sol autour des pieds, peu compatible avec l'augmentation du coût de la main-d'œuvre. Le cheval fut introduit dans les vignes et celles-ci furent cultivées en rangs. Ceci entraîna une chute des densités à 10 000 pieds par hectare dans les vignobles septentrionaux et à moins de 5 000 pieds par hectare dans les vignes du Sud. Ceci fut compensé par une meilleure maîtrise des vinifications au XIX^e siècle. Dans le cas du champagne, cette chute de la densité a entraîné la création de claret, c'est-à-dire de vins rouges peu colorés. En effet, les sols de champagnes sont très pauvres en fer, oligo-élément indispensable pour les enzymes de synthèse des anthocyanes. Lorsque la vigne était à 50 000 pieds par hectare, chaque pied de vigne ne produisait qu'une grappe et trouvait assez de fer pour produire le fameux vin rouge de champagne qui arrivait le premier sur la table des rois de France. En tombant à 10 000 pieds par hectare, les vignes augmentèrent leur nombre de grappes par pied et ne trouvèrent pas assez de fer dans le sol pour colorer les vins. C'est alors que Don Perrignon inventa la champagnisation c'est-à-dire l'élaboration d'un vin mousseux blanc, en utilisant un cépage rouge, le pinot noir. Par chance pour le

champagne, ce grand terroir de craie du Campanien qui produisait de si grands vins rouges fut aussi capable, malgré les augmentations de rendements, de produire un grand vin mousseux à la minéralité si particulière.

Depuis l'invasion phylloxérique, une atteinte a été faite aux terroirs calcaires car les pieds américains ne sont pas adaptés à cette roche très rare en Amérique. Ce changement est par contre bénéfique pour les terroirs acides car les porte-greffe sont bien adaptés à ces terroirs.

RÔLE DE L'HOMME

Ces exemples montrent la part fondamentale de l'homme dans cette expression de terroir, c'est lui qui adapte la plante à ces conditions. Il intervient enfin en phase finale de ce long processus par la maîtrise de la fermentation du jus du raisin poussé sur un terroir. Nombreux sont les facteurs qui vont intervenir sur la fermentation : la nature des pierres qui font la cave par exemple. Elle doit être la même que celle qui fait le sous-sol où pousse la vigne. La levure qui fait le vin jaune ne se développe spontanément que dans une cave faite en calcaire marneux, bleu noir du Lias de l'Arbois, le tokay finit son vieillissement dans les sables volcaniques, et le champagne se fait dans les immenses caves de craie du campanien.

Les deux grandes révolutions historiques qui ont permis de faire les grands vins ont été le soufre et le tonneau de chêne. Les Grecs, pour conserver les vins, utilisaient la résine de pin et les essences végétales comme le thym, le laurier-sauce et le romarin. Ceci donnait des goûts violents au vin qui faisaient oublier le terroir. Ce sont les Romains qui utilisèrent les premiers le soufre du Vésuve et de l'Etna pour mécher les amphores et conserver les vins. Puis ce sont les Gaulois qui vont inventer le tonneau de chêne dont les tanins s'unissent harmonieusement avec ceux du vin. À partir de ces deux grandes inventions, les vins se sont différenciés à travers l'Europe, en fonction de leur terroir. Il faudra l'invention de la chaptalisation, c'est-à-dire la possibilité de rajouter du sucre pendant la fermentation pour que cette notion de terroir vacille. En effet, en rajoutant du sucre, on peut faire du vin sans terroir, c'est-à-dire dans des zones où la maturation des raisins ne se fait pas bien. Cette capacité de faire des vins corrects hors des terroirs va bouleverser le monde du vin comme l'invention de la « camera obscura » va bouleverser la peinture européenne à la Renaissance.

Avant cette invention, seuls les grands peintres arrivent à main levée à faire de beaux tableaux. Avec le miroir et la lentille qui projette le sujet sur la toile, il suffit de suivre les contours et brutalement tous les tableaux deviennent corrects, même ceux des petits maîtres. Après la « camera oscura » seul le génie permet de distinguer les peintres entre eux car il n'y a plus de mauvais tableaux, ils sont tous ressemblants, il n'y a plus que des tableaux qui ont, ou n'ont pas, de génie. Il en va de même avec l'œnologie moderne. Il n'y a plus de mauvais vins, tous les vins sont corrects. Grâce aux sucres, à l'acide tartrique, au contrôle des températures, à l'osmose inverse, on peut effacer les défauts des vins poussant sur de mauvais terroirs. Cependant on ne peut faire de grands vins, des vins nobles, que si le terroir est grand, de même qu'il faut le génie pour faire un chef-d'œuvre. À l'inverse, il ne suffit pas de posséder un terroir pour faire un grand vin, encore faut-il être un grand vigneron. De même qu'il ne suffit pas de posséder un stradivarius pour être un grand violoniste, il faut d'abord être un grand interprète.

Il ne s'agit donc pas d'opposer les vins de terroirs aux autres vins, il s'agit de faire juste, c'est-à-dire de regarder la vérité en face et d'agir en conséquence. Si on ne possède pas de terroir, deux solutions s'offrent au vigneron : faire un vin de cépage ou un vin de garage. Nous éliminons la troisième possibilité, celle du vin de table car les consommateurs de ces vins sont en voie de disparition. Le vin de cépage a le mérite de ne pas être cher et d'initier le consommateur au goût des différents cépages. C'est souvent après cette initiation que le consommateur devient un amateur et se tourne vers les vins de terroirs. Le vin de cépage permet une production un peu plus élevée car on se contente des parfums de fruits et de fleurs, on ne recherche pas les lignes minérales puisqu'elles n'existent pas. On peut aussi, parce que l'on aime la technologie, faire des vins dits de garage, c'est-à-dire très travaillés depuis le débourrement de la vigne jusqu'au vin. On peut par exemple effeuiller pour exposer les raisins au soleil, on peut mettre des papiers réflecteurs sur le sol pour copier les sols de terroirs et renvoyer les rayons du soleil sur les raisins. On peut faire des vendanges vertes pour baisser la production, remonter le feuillage pour augmenter la surface photosynthétique. Une fois le raisin récolté, on le trie patiemment pour ne prendre que les meilleures grappes. On utilise ensuite toutes les techniques œnologiques permettant de concentrer les vins : extraction des couleurs et des tanins par des macérations longues, beaucoup de pigeage, nombreux bâtonnages, montée en températures. On peut aussi

renforcer les tanins du bois en faisant 200 % de fûts neufs, c'est-à-dire deux passages en barriques neuves. On peut concentrer les jus avec l'osmose inverse. Ce type de vin a ses amateurs et ses détracteurs mais ils montrent que la technologie peut rattraper les défauts de la nature. Si on peut goûter dans ces vins le meilleur comme le pire, ils manquent toujours de génie, c'est-à-dire de cette élégance discrète qui fait les grands vins. « Les chefs-d'œuvre, c'est comme les grands fauves, ils paraissent tranquilles » disait Flaubert.

Vin de cépage et vin de garage sont le résultat de la fantastique évolution de la viticulture et de l'œnologie depuis cinquante ans, ils montrent que l'on peut dorénavant produire autre chose que de mauvais vins. Mais il ne faut pas qu'ils fassent disparaître les grands vins de terroirs, même si certains propriétaires ne sont pas à la hauteur des terroirs qu'ils cultivent. Ces vins resteront toujours, comme les monuments historiques, une preuve vivante de ce que l'histoire humaine peut faire à force d'observations et de patience. Les vins du Nouveau Monde essayent de discréditer le terroir en disant que celui-ci n'a aucun rôle dans la qualité du vin et qu'avec un bon cépage et une cave technologique on peut faire du bon vin partout. C'est vrai que l'on peut faire de bons vins technologiques partout mais on ne peut pas faire de grands vins partout. Le terroir est issu d'une longue histoire humaine que l'on ne peut pas copier en quelques années. On peut faire une très belle maison moderne, l'architecture contemporaine produit de très beaux bâtiments, mais ceux-ci ne discréditent pas les cathédrales, car celles-ci ont leur histoire que nul ne peut leur retirer. Il ne faut pas opposer vins de cépages et vins de terroirs, ils sont complémentaires. De même que l'on ne peut pas s'initier à la peinture européenne en commençant par les icônes, car cette peinture est trop spirituelle pour être d'un abord facile, on ne peut pas commencer par la complexité d'un grand vin de terroir pour comprendre le vin. La plupart des gens découvrent la peinture à travers Renoir et Modigliani, de même que la plupart des amateurs commencent par les vins de cépages ou les vins du Nouveau Monde avant d'aborder la complexité des vins de terroirs. Le fruit se goûte et se reconnaît plus facilement que le minéral, le cuir ou le sous-bois.

Ce qu'il faut retenir de cette histoire du terroir c'est qu'elle est avant tout une histoire de complexité qui ne peut pas se résumer à quelques schémas simplistes comme l'alimentation en N, P, K des plantes proposées depuis cinquante ans par l'agronomie officielle. Pour faire un

aliment de « terroir » il faut une longue chaîne de facteurs qui vont du climat, de la géologie, du sol aux microbes du sol, à la vigne et à la fermentation du jus de raisin. Il est intéressant de constater que seuls les aliments fermentés peuvent exprimer des goûts de terroirs. Si on mange des pommes, des reinettes par exemple, on pourra distinguer une reinette de l'Anjou, d'une autre du Limousin ou de Provence mais on ne pourra pas percevoir de différences gustatives entre des reinettes cultivées dans différents terroirs d'une même région. Si par contre on fait fermenter le jus de ces pommes en cidre, on pourra distinguer les terroirs. Les produits de terroirs seront donc les boissons fermentées : vin, cidre, bière, alcools, etc. ; des boissons infusées faites avec des feuilles ou des graines fermentées : le thé, le chocolat, le café ; des plantes dont on fume les feuilles fermentées : le tabac ; des farines fermentées : Les pains ; les fromages faits à partir de la fermentation des laits ; enfin, la charcuterie et les viandes ou poissons saurés (saurisserie).

• Rôle des variétés de plantes et des races animales

Mais pour que ces aliments aient bien le goût de terroir, il faut respecter les mêmes règles qu'avec le vin. Il faut que la variété de plante ou la race animale soit adaptée au terroir. On ne peut faire du poiré de Domfront qu'avec les poires issues de la race géante du poirier de Domfront. Vingt-quatre variétés de poires permettent de faire du poiré de terroir ⁽³⁶⁾. De même si on veut faire un camembert de terroir de Normandie, il faut une prairie naturelle poussant sur un terroir normand qui sera broutée par une vache de race normande, dont le lait sera fermenté selon le procédé, à la louche, du camembert. Or actuellement, la majorité des camemberts sont faits hors de Normandie, sur des prairies de ray-grass anglais, broutées par des vaches Holstein danoises. Nous sommes à des années-lumière des camemberts de terroirs. Dans de nombreux cas, la variété d'origine ou la race locale ont disparu. Pour le fromage de Maroilles, par exemple, la race de vache qui était productrice de ce fromage était la maroillaise qui a disparu ⁽³⁷⁾. Ce qui n'empêche pas les fabricants de continuer à vendre le fromage sous le nom de Maroilles. C'est comme si on vendait un vin rouge de Bourgogne sans pinot noir.

L'agriculture industrielle, en faisant disparaître massivement les variétés et les races animales les moins productives a fortement baissé le potentiel européen de produits de terroirs. Ce manque de prévoyance fragilise l'agriculture européenne pour se positionner dans le marché mondial.

Lorsque l'aliment n'est pas fermenté il est difficile de percevoir à la dégustation les subtilités du terroir. On pourra par contre distinguer la variété de fruits ou de légumes, ainsi que la race animale dont est issue la viande mais il sera impossible, au sein d'une même région, de distinguer les terroirs. On parlera alors de quetsche domestique d'Alsace, de la quetsche domestique de Lorraine ou de Bourgogne. On parlera de même d'un mouton texel de pré-salé de Hollande ou de pré-salé de Belgique. L'agriculture essaie de donner des labels à ces races ou variétés locales pour les démarquer des races ou variétés industrielles, mais leur manque de rattachement à un terroir rend complexe la labellisation et le consommateur a du mal à s'y retrouver. Il faudrait pouvoir, comme pour le vin, faire la distinction entre terroir et cépage. Mais les citadins sont loin de la nature et ne connaissent plus la diversité agricole. Il y a un double travail à faire : sauver et réhabiliter les races et les variétés anciennes et ne pas se contenter de l'enfermer dans un conservatoire. On ne pourra vraiment sauver la vache pie noire bretonne dont il ne reste que cent têtes que si l'on développe le fameux beurre breton issu du lait de cette race ou les gâteaux traditionnels comme les Traou Mad de Bretagne. En fait, on ne peut pas séparer l'animal de l'aliment qu'il nous donne ou la variété de plante de son produit. Dans l'agriculture industrielle une race n'est conservée que si elle s'adapte aux conditions industrielles. Or rares sont les races et les variétés qui supportent ces conditions. Voilà pourquoi l'agronomie actuelle s'éloigne à grande vitesse de la gastronomie, plus elle fait disparaître la diversité des races et des variétés domestiquées, plus elle appauvrit gustativement notre alimentation. L'exemple des fruits est certainement le plus frappant, lorsqu'on lit le catalogue de pomologie de 1903 on est frappé par deux choses : premièrement l'incroyable richesse des variétés créées au cours des siècles par les paysans et les amateurs éclairés, et deuxièmement par la beauté des noms : apolline, beau présent d'Artois, bergamotes de Pâques, chat brûlé, cuisse-dame, mignonne d'hiver, musette d'automne, pain et vin, pastorale rousseline, sucrée blanche... Que sont devenues toutes ces poires ? où sont passées toutes ces pommes qui se nommaient : agréable

de capron, cellini, chair douce, favorite des demoiselles, pépin d'or ananas, pigeon vermeil, reinette amande, royale rayée, yorkshire greening, et nos jolies prunes ? azure hâtive, brignole violette, damas d'hiver, diaprée rouge, fertile précoce, louise brune, pourprée impériale, reine-claude azurée, et ces pêches de notre enfance ? coigneau, early victoria, jaune des capucins, mignonne hâtive, pavie limon, pêche de vigne, petite bourdène. Nous allons oublier les cerises : aigle noir, bigarreau à feuilles de tabac, douce d'Espagne, épiscopale, griotte d'Allemagne, guigne précoce de mai, kolaki, mammoth de Kirtland, triumph de Cumberland, et les abricots : amande douce de Provence, abricot de Milan, gros rouge hâtif, mume, triomphe de Bussière, albergier à gros fruits. On pourrait continuer avec les framboises : belle d'Orléans, catawissa, des quatre saisons à fruits jaunes, reine Victoria, jaune d'Anvers, rose de Grenoble, et les groseilliers : blanche d'Angleterre, chenonceaux, de Hollande à longues grappes, du Caucase ; mais la liste est longue, elle a demandé douze volumes pour la première version de 1883 ⁽³⁸⁾.

• La fin des produits du terroir

Et maintenant, sur les rayons des supermarchés, cinq variétés de pommes représentent 92 % du marché européen, trois variétés de poires font plus de 90 % des ventes, et quant aux autres fruits il n'y a souvent plus qu'une ou deux variétés offertes à la vente. Pourquoi cette tristesse des étalages. Parce que rares sont les variétés de fruits qui supportent les longs transports modernes. En Europe, un fruit fait en moyenne 600 km pour arriver sur un étalage. Alors il faut sélectionner des fruits dont la peau et la chair sont dures comme du béton pour supporter ces longs transports. De plus ils sont cueillis verts et mis en chambre froide. Lorsqu'il y a un marché qui s'annonce, on injecte du gaz éthylène dans la chambre froide pour faire mûrir les fruits. On comprend qu'avec tous ces traitements industriels ils n'aient plus aucun goût. Ce qui était la joie simple du vagabond, cueillir un abricot moelleux et chaud sur la branche, devient un luxe réservé aux grands de ce monde. Bouffer est l'apanage du citoyen moyen, manger le privilège du riche. Ce bien manger si courant il y a encore quarante ans est devenu rare. De même que la nature, enfermée dans les parcs nationaux devient payante, le bon pain quotidien devient introuvable. Si nous voulons

rendre à nouveau populaire le plaisir du bien manger, ce plaisir si naturel, il va falloir changer complètement de concept agronomique. La société marchande est en train de nous retirer les deux grands plaisirs simples et naturels de l'homme, celui de faire l'amour puisque l'on peut faire des enfants dans une éprouvette et celui de bien manger puisque 95 % de l'humanité mange moins de quarante espèces animales et végétales. Par contre cette société nous fait absorber, à travers l'alimentation industrielle, plus de 5 000 molécules chimiques d'additifs alimentaires. Nous voilà bien loin du sol et des aliments de terroirs. Plus les mégapoles grandissent, plus s'agrandit la distance entre le consommateur et le paysan producteur et plus les intermédiaires sont nombreux. Plus le métro-boulot-dodo stresse le citadin, moins il prépare ses repas et plus il se gave de plats cuisinés devant la télévision. Les cancers n'ont pas fini d'enrichir les hôpitaux. En Europe, plus de 90 % de la population est citadine, et pour ces habitants des villes la recherche de produits du terroir est un parcours du combattant. Par contre il est facile de manger une tarte industrielle aux cerises (cf. tableau n° 7, p. 209) telle que nous la présentons en conclusion. Nous oublions souvent que pour faire un gâteau industriel il faut des ingrédients de base qui passent tous par la chaîne de production industrielle, qui, si elle ignore tout du terroir, connaît bien les molécules chimiques nécessaires à cette production abondante et insipide. Cette description de l'histoire de chaque ingrédient est inspirée du célèbre dictionnaire américain des additifs alimentaires *Handbooks of food additives* ⁽²⁸⁾, qui sert de base pour les industries alimentaires. Les listes de toutes ces molécules varient en fonction des études. Une molécule considérée comme sans danger pendant un moment disparaît de la circulation suite à des études ayant montré sa toxicité et une nouvelle molécule dite inoffensive la remplace. Mais des progrès de transparence ont été réalisés puisque ces molécules étaient codées alors qu'elles sont maintenant écrites sous leurs noms chimiques. Ce progrès ne concerne bien sûr que le petit pourcentage de personnes capables de savoir ce qu'est le P-hydroxybenzoate d'éthyle, autrefois désigné sous le nom de code E-214.

La diversité des terroirs et des variétés de plantes comestibles a été remplacée par une diversité chimique, au grand dam de la gastronomie. En effet, il n'y a pas que l'art de cuisiner qui fait la gastronomie il y a aussi la diversité des ingrédients. Un bon chef sait faire une infinité de plats avec des pâtes ou des pommes de terre mais rien ne

remplace la saveur d'un boulgour, d'un topinambour, d'un salsifis ou d'un crosne. Surtout s'ils ont poussé sur un terroir avec du compost comme seule source d'engrais.

Les différents niveaux gustatifs d'un aliment dépendent de la complexité du terroir, de la variété de plante ou de la race d'animaux, des méthodes de culture et d'élevage, c'est-à-dire du niveau de rendement, de sa fraîcheur pour un fruit ou un légume ou au contraire de son ressuyage pour une viande. Partout l'homme est présent dans la chaîne qui va du sol à notre assiette. À l'opposé de l'aliment gustatif, se trouve la nourriture industrielle. Les plantes sont souvent cultivées hors sol et les animaux sont élevés de même. Privés de la diversité alimentaire du sol ou de la prairie naturelle, ces plantes et ces animaux sont gorgés d'eau et n'ont pas de goût. Ce sont ces tomates de serres, bien rouges et sans aucun goût ou ces grosses fraises cartonnées qui ne peuvent s'avaler qu'à grand renfort de sucre et de crème. Pour cacher leur insipidité, ils seront transformés pour 90 % d'entre eux par la chaîne industrielle qui utilisera des exhausteurs de goût ou agents de sapidité, dont le glutamate de sodium et l'acide guanylique ⁽²⁰⁾ sont les plus utilisés.

Ces aliments sont sans danger microbiens car s'ils n'ont pas de qualité gustative, ils ont une indéniable qualité bactérienne. Pasteurisés, ionisés ou désinfectés, ils subissent des contrôles très stricts, en tout cas en Europe. Aux USA, où les contrôles sont moins rigoureux, on enregistre des centaines de morts par an par intoxication alimentaire. Mais dans la CEE ces accidents sont exceptionnels.

Cette hygiène très stricte va à l'encontre des produits de terroirs puisque nous avons vu qu'ils provenaient d'une fermentation, effectuée souvent par de nombreux germes du terroir. En alimentation industrielle, on ne sait pas contrôler, sur de gros volumes, des fermentations complexes faites par des dizaines voire des centaines de germes. Par mesure de sécurité on utilise un nombre très restreint de germes pour faire fermenter un lait que l'on a pasteurisé au préalable. Ainsi, un fromage industriel ne contient guère plus que trois germes. Deux bactéries lactiques qui font la pâte et un champignon ou une levure qui fait la croûte. Dans un fromage fermier issu du lait d'une vache qui broute une prairie naturelle on peut trouver jusqu'à 450 germes différents. Chaque germe synthétise une molécule gustative ou aromatique et donne ainsi

au fromage fermier son goût inimitable de terroir. On retrouve en agriculture les mêmes règles qu'en industrie. Personne n'a l'idée de mettre sur le même plan l'œuvre d'art unique, l'œuvre artisanale faite à peu d'exemplaires et l'objet industriel tiré à des millions d'exemplaires. Ces trois types d'objets cohabitent dans nos intérieurs et nous savons qu'ils n'ont pas la même valeur. Il devrait être ainsi en agriculture. L'œuvre d'art correspond au grand vin issu d'un terroir exceptionnel et vinifié par un grand vigneron. L'œuvre artisanale correspond aux vins d'AOC et l'objet industriel correspond au vin de cépage. L'objet industriel bas de gamme correspond au vin de table. Il faut de tout pour faire un monde, encore faut-il que tout le monde soit reconnu. Or ce n'est pas le cas en agriculture. Si dans l'industrie, les associations de consommateurs ont fait bouger les choses et obtenu le fameux « Tell the truth », on en est loin dans l'agro-industrie. Le citoyen est mieux informé lorsqu'il achète une voiture que lorsqu'il achète ses aliments. Souvent la viande de vache ou de taurillon est étiquetée bœuf, ce qui est un mensonge. Les fraises de Plougastel sont cultivées hors sol et on fait croire aux consommateurs qu'elles ont poussé sur le sol de Plougastel. Il est temps que l'étiquetage dise la vérité et que le consommateur puisse acheter en connaissance de cause. Il ne sera plus choqué de voir que la pomme qui a fait six mois de réfrigérateur est moins chère que la pomme qui descend de l'arbre car il ne s'agit pas du même produit. Seul le vin est étiqueté en fonction de sa qualité et cela ne choque pas le consommateur.

L'agriculture a besoin de science et de démocratie aussi bien pour les paysans que pour les consommateurs. Il faut que le viticulteur qui le désire redevienne vigneron et puisse choisir le niveau de qualité de son vin. Il faut que le céréalier qui le désire redevienne meunier et même boulanger, il faut que l'éleveur qui le désire redevienne fromager, boucher ou charcutier. Encore faut-il qu'ils ne soient pas des fonctionnaires dirigés par un système étatique unique. La mondialisation ne peut pas fonctionner avec des économies planifiées qui broient les paysans, elle a besoin de la concurrence démocratique et, dans cette concurrence, la qualité produite par l'agriculture de terroir a toute sa place.

Il ne faut pas oublier non plus une règle fondamentale pour produire un aliment de terroir : Il faut que les rendements soient raisonnables. Il ne faut pas dépasser 40 hl/ha pour faire un grand vin rouge ou 50 hl/ha pour faire un grand vin blanc. On ne peut pas faire un bon cidre avec

des pommes poussées aux engrais ni produire un bon fromage avec une vache forcée à l'ensilage qui pisse 10 000 litres de lait par an. En biologie il y a l'antinomie entre **quantité** et **qualité**. On ne peut pas faire du pain avec un blé à 100 quintaux/ha, on fait de l'aliment pour cochon. En Europe, les blés sont de tellement mauvaise qualité en raison des rendements trop élevés, que l'Europe est devenue la première importatrice de blé de qualité du monde. Elle utilise ces blés de force pour couper ses mauvais blés et faire le pain bas de gamme que les Européens supportent depuis quarante ans. Il est intéressant de constater qu'en un siècle de génétique agronomique, les généticiens n'ont pas été capables de produire des pains à haute valeur gustative. En un siècle, les généticiens qui sont si fiers de leur OGM n'ont pas été capables de créer un seul fruit dont la qualité gustative soit supérieure à celle des variétés anciennes de fruits. En un siècle, ils n'ont pas été capables de sélectionner un cépage capable de faire un grand vin. Toute la sélection génétique a été basée sur le quantitatif et sur la capacité d'adaptation à l'agriculture industrielle.

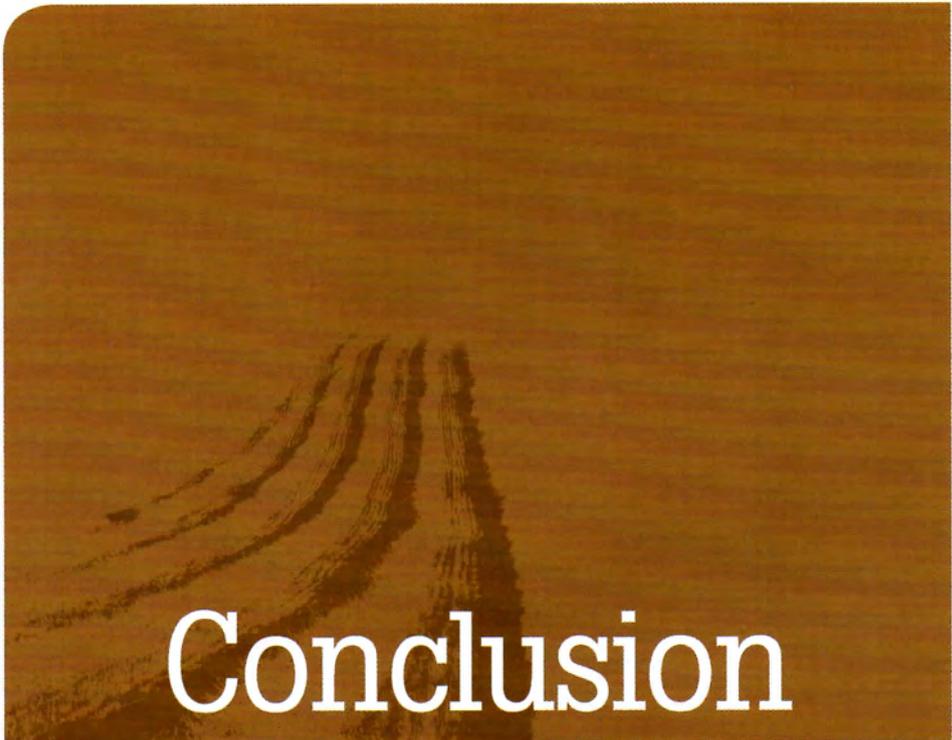
Les généticiens ont été incapables de sélectionner une race de porc capable de faire des jambons aussi délicieux que ceux produits par la vieille race Patta negra. Au contraire, les races modernes de porc comme le Large White anglais ou le Landrace belge produisent des viandes insipides dont le gras est immangeable alors que c'est le gras qui donne tout le parfum aux viandes des races anciennes. Que les généticiens sélectionnent des critères **quantitatifs** des variétés et des races pour produire la nourriture industrielle se comprend, car cela répond à une demande sociale mais qu'ils ne sélectionnent aucune variété, aucune race sur des critères **qualitatifs** est incompréhensible. On peut parler de véritable faute professionnelle car le manque de goût de la nourriture industrielle a deux effets pervers. Elle dégoûte les gens de manger des fruits et des légumes puisque ceux-ci sont chers et insipides et cette chute de consommation a des conséquences graves sur la santé des Occidentaux. Tous les nutritionnistes connaissent les bienfaits des fruits et légumes et savent que la pandémie d'obésité est liée au déséquilibre de l'alimentation industrielle. Le deuxième effet pervers est la grave atteinte à la culture occidentale que représente cette nourriture industrielle. L'Europe a porté à un haut niveau culturel l'alimentation. Elle a apporté des dimensions symboliques importantes à nos aliments. Le vin, par exemple, qui est fortement attaqué par les

puritains hystériques des associations antialcooliques, représente le sang du christ dans les civilisations chrétiennes. Si on supprime le vin dans l'alimentation chrétienne, ou si on dégoûte les gens de manger du pain, qui représente le corps du christ, c'est toute une civilisation que l'on détruit. La chute de consommation du pain et le gâchis du pain en Europe (les Français jettent 400 000 tonnes de pain par an à la poubelle, c'est-à-dire la consommation du Portugal, car le pain ne se conserve plus), participent à la destruction de la civilisation chrétienne. Détruire la dimension sociale et culturelle de l'alimentation comme le fait l'agro-industrie participe à la déprime générale de cet Occident qui s'ennuie à bouffer ses hamburgers sans saveur. Il faudra un jour que notre société orgueilleuse reconnaisse le rôle joué par les paysans dans notre civilisation. Toutes les bonnes variétés de fruits, de légumes, de céréales, toutes les races animales qui nous régalaient sont des créations paysannes, pas des créations scientifiques. Les paysans sont à la base de la civilisation car la gastronomie est l'aboutissement le plus raffiné de cette longue chaîne qui va du sol à nos assiettes. La meilleure façon pour notre société de rendre hommage au travail fondamental des paysans pour la gastronomie est de leur permettre de vivre décemment sur leur terre. Or en ne développant qu'un seul modèle agricole, l'industriel, on chasse les paysans des terres et l'on crée la désertification humaine des campagnes. Si parallèlement à cette agro-industrie productrice de fast-food, on avait aussi encouragé l'agriculture de « terroir », il y aurait eu un moyen efficace de conserver le savoir-faire millénaire des paysans. On aurait pu grâce à une génétique qualitative sauver des centaines de variétés de fruits et légumes et des centaines de races animales. Ceci aurait eu le triple effet de maintenir des paysans à la terre, de réduire ce fléau qu'est l'obésité et de sauver des civilisations. Espérons qu'il ne soit pas trop tard et que nous pourrions permettre aux hommes d'avoir une alternative à la trilogie : exploitants agricoles, agro-industriels et fast-food. Cette alternative sera : paysans, artisans et slow-food. Nous sommes las de cette alimentation stérile, triste et insipide. Nous sommes las des sinistres sirènes des tartufes antialcooliques. Nous voulons retrouver la joie civilisatrice que nous apportait, paysans, artisans et gourmets. Nous avons commencé à nous libérer de la chape de plomb que faisaient peser sur nous les fanatiques religieux. Ils nous culpabilisaient lorsque nous prenions plaisir à bien manger entre amis. Ils avaient fait de la gourmandise un péché capital. Partout, sur cette planète, le fanatisme religieux étouffe,

à coup de tabous alimentaires, la joie de bien manger. Et voilà que ces obscurantistes sont remplacés par des scientifiques moralisateurs qui nous annoncent que manger tue, boire tue, fumer tue. Alors que ce n'est pas la gastronomie qui tue mais le fast-food, ce n'est pas boire de bons vins qui tue (le vin ne représente que 2 % de la consommation mondiale d'alcool) mais boire des bières et alcools industriels, ce n'est pas fumer un bon havane qui tue mais le papier des cigarettes et les composés toxiques que les industriels du tabac mettent dans les cigarettes. Tous ces nutritionnistes sourcilleux sont d'ailleurs très gênés lorsqu'ils découvrent le French Paradox et la grande longévité des peuples méditerranéens. Et pourtant ces gens boivent du vin, mangent de la graisse de canard et d'oie, et arrosent leurs salades d'huile d'olive. Ils osent se régaler sans faire de cholestérol et de maladies cardiovasculaires pendant que les peuples nordiques, ascétiques et ennuyeux meurent de thrombose, de cholestérol, et de diabète gras car ils boivent des bières et des alcools industriels, mangent des porcs et des bovins industriels, et utilisent les margarines et les huiles hydrogénées de synthèse. Ce n'est pas la gastronomie conviviale qui tue, n'en déplaise aux nutritionnistes rigoristes, c'est le fast-food solitaire. Plus personne ne peut faire les agapes de nos anciens avec la nourriture industrielle car celle-ci est trop riche en lipides, sucres et additifs de synthèse qui la rendent indigeste. Seuls les pays qui ont conservé leurs paysans et qui ont une agriculture artisanale peuvent encore faire de longs repas de mariage ou d'enterrement. Autrefois, lors de ces fêtes, on restait à table de midi à minuit, avec la pause-café et la sieste avant de recommencer à se mettre à table. On avait des menus avec trente, trente-cinq plats et on les mangeait, certes en douze heures, mais on les mangeait et on les arrosait de vins et de digestifs. Personne ne pourrait faire ces repas de fêtes car la nourriture industrielle est trop déséquilibrée et les vins trop riches en bisulfite, pour pouvoir digérer des repas pantagruéliques. Le repas ne symbolise plus la fête, les moments importants de la vie, on les raccourcit, on grignote, on mange sur le pouce, parfois même dans la voiture. Ce détachement face au repas est lié au fait que nous l'avons dépouillé de toute signification, il ne sert plus que comme prise de calories. Il nous faut revenir à la gastronomie, à la civilisation, manger est un art qui nous relie à la terre.

La gastronomie est civilisatrice car elle donne une dimension symbolique et sociale à l'alimentation. Alors que le fast-food est une prise

de calories, sinistre et solitaire, le bon repas est un moment de partage et de convivialité. On a plaisir à partager un repas lorsqu'il est bon alors qu'il ne nous viendrait pas à l'idée d'inviter des amis au fast-food. On s'y rend avec les enfants car on sait qu'ils joueront avec le cadeau-surprise et qu'ils nous laisseront tranquilles. Le fast-food remplace la nourrice mais ne crée pas de liens familiaux. Lorsque les parents ont préparé un bon repas dont les fumets parfument la maison, les enfants viennent soulever les couvercles et se régaler à l'avance. Le bon repas reste familial, autour de la table. Lorsque les parents réchauffent des plats industriels au four à micro-ondes le repas se finit, chacun dans son coin, devant la télévision. Se régaler des fruits de la terre, préparés avec amour, met la joie au cœur. Faire sa prise calorique avec un plat industriel rend triste et obèse. Nous ne pouvons pas manger uniquement pratique, nous contenter de calories, de lipides, de protides et de glucides, nous ne sommes pas des porcs en partance pour l'abattoir. Nous avons besoins de parfums, de diversité, de plaisir, de relations humaines, de symboles. Cette époque nous ennuie avec ses pilules, ses vitamines et ses fast-foods, nous aspirons à plus de joie, plus de convivialité et plus de saveurs.



Conclusion

« Gloire à la terre ! Gloire à l'aube où Dieu paraît
Au fourmillement d'yeux ouverts dans la forêt
Aux fleurs, aux nids que le jour dore !
Gloire aux blanchissements nocturnes des sommets
Gloire au ciel bleu qui peut, sans s'épuiser jamais
Faire des dépenses d'aurore. »

VICTOR HUGO, *La Légende des siècles.*

Tout au long de ces pages, nous avons présenté une nouvelle agriculture, celle de demain, celle de la réconciliation de l'homme avec la terre. Mais ce long chemin, cette longue évolution ne s'est pas faite en un jour. Avant de devenir co-créateur de la planète, l'homme en a été le fils, tantôt reconnaissant, tantôt prodige, tantôt indigne.

L'âge adulte ne s'acquiert qu'après l'enfance et l'adolescence. Lorsque les hommes étaient enfants de la terre, au début de leur apparition, ils se contentaient d'y prélever ce qu'elle offrait, sans rien lui donner en retour, comme le bébé qui tète sa mère sans rien lui rendre. C'était l'âge de la chasse-cueillette, l'âge d'or des légendes, le paradis de la Bible. À cette époque de notre enfance, la terre avait peu de soucis avec ses derniers-nés, quelques incendies de savane, quelques troupeaux massacrés en excès mais les forêts étaient intactes et les rivières limpides. Puis nous avons grandi, nous avons atteint l'adolescence avec ses désirs d'indépendance et son agressivité. Nous avons rejeté les divinités qui se cachaient derrière chaque arbre des forêts, chaque buisson

des savanes et nous les avons remplacées par des dieux habitant le ciel qui nous donnaient la terre en pâture ; alors nous l'avons défrichée, nous en avons labouré le sol et nous l'avons fécondée. Cette invention de l'agriculture a bouleversé nos sociétés qui, de matriarcales adorant la terre, sont devenues patriarcales adorant le soleil. Notre indépendance vis-à-vis de la terre s'est accentuée avec les progrès techniques au point de pouvoir nous propulser dans ce cosmos qui nous fascine et au point de pouvoir créer le désert qui nous éblouit. Et la terre a connu ses premiers grands soucis dont elle commence à mourir. Nous sommes des adolescents devenus dangereux par une technique trop puissante. Nous avons à peine dix-huit ans d'âge mental et nous roulons dans des bolides. Notre technique a dépassé notre morale, elle est sans contrôle, laissant la pollution détruire celle qui nous a abrités pendant deux millions d'années : la terre.

Une nouvelle époque arrive, celle où l'humanité doit dépasser son stade d'étudiant excité pour entrer dans l'âge adulte, celui de la sagesse, celui de la prévision et des responsabilités, celui du respect de l'univers et de la vie.

C'est ce long chemin de l'humanité, de l'enfance à l'âge adulte que nous allons essayer de décrire rapidement dans cette conclusion. Le ton en sera un peu historique puisque l'histoire porte en germe notre futur.

• Du chasseur-cueilleur au paysan

« La terre a pour amis les moissonneurs. »

VICTOR HUGO, *La Légende des siècles*.

L'origine de l'agriculture reste encore mal connue. Les archéologues sont d'accord pour admettre qu'elle est apparue presque simultanément dans différentes parties de l'hémisphère nord : le croissant fertile, le delta du Huang-Ho et celui du Rio Grande. Par contre, personne ne sait comment ni pourquoi cette découverte est apparue. La simultanéité de son apparition n'est pas étonnante, les hommes ont souvent fait les mêmes découvertes en même temps et indépendamment sur terre. Il en est de même pour l'évolution qui crée souvent les mêmes formes sur différents continents.

Nous avançons, pour notre part, une hypothèse personnelle sur la raison de l'apparition de l'agriculture dans l'hémisphère nord et non aux tropiques ou à l'équateur, berceau de l'humanité. Ceci nous semble être la conséquence d'une loi de la biologie qui montre que plus on remonte vers les pôles, moins il y a d'espèces vivantes mais plus les représentants de ces espèces sont nombreux. Ainsi, dans les eaux chaudes de Tahiti, on rencontre des centaines d'espèces de poisson mais aucune n'existe en troupe importante. À l'inverse, dans l'Atlantique nord, les espèces de poissons sont peu nombreuses, mais chacune existe en bancs immenses que les pêcheurs de morues connaissent bien.

L'homme est d'abord apparu à l'équateur dans une zone où les espèces sont nombreuses et où la chasse-cueillette est le meilleur système alimentaire. Mais lorsque l'homme est remonté vers le nord, il a quitté cette diversité pour rencontrer de grands troupeaux d'aurochs, de caribous, de mouflons et de vastes champs de céréales sauvages – blé, orge et avoine. Dans ces zones, la nature a créé, si on peut dire, de véritables fermes naturelles et on peut penser que ces conditions écologiques ont permis de sauter le pas vers la domestication et la culture.

En Afrique tropicale et équatoriale, où abondent les espèces d'ongulés, la domestication ne fut pas possible car chaque espèce de ruminants est adaptée à quelques espèces de plantes de la savane. Il faut donc être capable de gérer des troupeaux constitués de plusieurs espèces ayant chacune ses particularités physiologiques, ce qui demande un bon niveau technique auquel, même de nos jours, les Africains ne sont toujours pas arrivés. Au nord des tropiques, par contre, les espèces de graminées et de ruminants sont moins nombreuses, la domestication devient donc plus facile.

Le botaniste Harlan ⁽¹⁹⁾ a montré les différences très importantes qui existent entre la préculture équatoriale et la culture tempérée. Dans la première, les rites religieux préconisent de remettre le germe feuillé du bulbe que l'on a cueilli, l'igname par exemple, à l'emplacement où il a été prélevé. Cette coutume ne permet pas de créer des champs mais permet de conserver la répartition naturelle de la plante. La cueillette laisse la nature dans l'état où elle l'a trouvée. La déesse « Nature » se perpétue ainsi dans son être. À l'inverse, en Asie mineure, cet auteur a montré qu'avec une simple faucille à silex, on pouvait ramasser un kilogramme de grains de blé à l'heure dans des prairies sauvages. Cette pratique ne

nécessite pas, comme pour les tubercules, de remettre chaque plante à sa place, car les épis ou les grains tombés pendant la fauche sont suffisants pour régénérer le champ. Les grains de céréales sont en effet équipés de barbules qui leur permettent de se planter tout seul. Le champ naturel de céréales incite par contre à la culture. En effet, le cueilleur accumule un stock de graines qu'il n'est pas obligé de consommer tout de suite, comme le tubercule, et qu'il peut donc gérer à sa guise. La gestion d'un stock de graines aboutit tôt ou tard à la plantation que ce soit par hasard comme un stock mouillé qui se met à germer, ou bien un stock enfoui pour le protéger d'une tribu rivale et retrouver sous forme de plantes germées, etc. Les conditions écologiques de départ semblent donc avoir été primordiales pour l'apparition de l'agriculture.

Une fois celle-ci apparue, il lui a fallu passer par une autre étape, celle du développement. En effet, les lois de l'évolution nous montrent que toute nouveauté doit non seulement apparaître mais aussi survivre. Les raisons pour lesquelles l'agriculture a pu s'imposer depuis dix mille ans sur la chasse-cueillette, restent encore mal connues. Autrefois, les thèses classiques disaient que l'agriculture avait dominé car elle assurait une alimentation plus saine et plus abondante, donc des individus plus vigoureux et plus conquérants. En fait, on sait maintenant que cette vision idyllique d'autosatisfaction tient plus du roman-photo que de l'histoire. Les études récentes ⁽²⁴⁾ en archéologie ont au contraire montré que les premiers agriculteurs étaient carencés et beaucoup plus faibles que les chasseurs-cueilleurs de la même époque. De plus, les plantes qu'ils cultivaient et les animaux qu'ils élevaient étaient plus rachitiques que les formes sauvages. Dans son aspect purement biologique, l'agriculture est donc d'abord un recul par rapport à la chasse-cueillette. Ceci peut encore se voir dans certains pays africains ou sud-américains, où cohabitent des chasseurs-cueilleurs et des agriculteurs. Les premiers sont bien nourris et très forts physiquement alors que les agriculteurs sont carencés, souffrent de malnutrition et de famine, et connaissent souvent un état pire que la pauvreté, celui de la misère. Nous voilà donc devant une énigme : comment l'agriculture a-t-elle pu se développer alors qu'elle est un recul sur le plan biologique ? comment les agriculteurs débiles et carencés ont-ils fait pour dominer les chasseurs-cueilleurs plus forts et mieux nourris ? Cette énigme est d'autant plus incroyable que le chasseur-cueilleur n'a besoin que de deux à quatre heures de travail par jour ⁽²⁵⁾ pour assurer sa santé grâce à une nourriture abondante de qualité

alors que l'agriculteur doit travailler dix à douze heures par jour pour assurer une maigre pitance carencée en protéines. En fait, ce n'est pas dans la biologie, mais dans la sociologie ⁽²⁶⁾ qu'il nous faut chercher une solution à cette énigme. En effet, le passage de la chasse-cueillette à l'agriculture provoque un bouleversement de l'organisation sociale. On passe d'une religion avec une déesse mère, créatrice de toute chose, à une religion patriarcale avec un dieu créateur. Alors qu'avant la terre était fouillée par les femmes qui pratiquaient la cueillette, ce sont les hommes qui la pénètrent par leurs labours et qui la fécondent par leurs semailles. Alors que c'était les hommes qui s'occupaient des bêtes et de la chasse, ce sont les femmes qui vont garder les troupeaux, traire les animaux et transformer les laitages. Cette révolution culturelle ne s'est pas faite d'un coup, elle est passée par ce stade intermédiaire qu'est le nomadisme où l'homme conduit le troupeau et où la femme s'occupe des cultures. Cette situation existe encore dans les matriarcats sémites. Le retour au nomadisme est aussi curieusement le fait des civilisations décadentes. L'agriculture va avoir une autre conséquence : la constitution de classes sociales. Alors que chez les chasseurs-cueilleurs tout le monde, hormis le sorcier, est polyvalent, chez les peuples agricoles les gens se spécialisent : prêtres, guerriers, agriculteurs, commerçants et artisans. Cette spécialisation s'accroît au fur et à mesure du développement d'une civilisation agricole. Du système égalitaire d'origine, on parvient à une société de plus en plus hiérarchisée avec des classes dominantes et des classes dominées. La classe dominante, l'aristocratie, va s'octroyer le droit de conserver le stade privilégié du chasseur-cueilleur, il va conserver le plaisir de chasser, il va en faire son privilège et son sport favori. Pour le justifier, il présentera la chasse comme un entraînement nécessaire à son métier de guerrier. Mais en fait, il conserve par son activité, le droit de rester relié à ce qu'était le paradis, hélas perdu, à cette époque où la terre mère nourrissait les hommes au prix d'un travail minimum et d'un temps libre important. Cette classe va par contre avoir un rôle fondamental dans le développement de l'agriculture. En effet, grâce à l'organisation et à l'efficacité militaire, les sociétés agricoles vont pouvoir imposer leurs lois aux peuples chasseurs-cueilleurs. Et l'humanité qui ne travaillait que deux à quatre heures par jour, qui dormait dix à douze heures et qui dansait, rêvait et fêtait le reste du temps, va se transformer en une humanité laborieuse et souffrante, dirigée par une minorité privilégiée qui conserve les joies primitives d'antan. Tout au long des huit mille ans d'histoire agricole, les civilisations paysannes vont suivre

et répéter le même schéma d'essor, de grandeur et de décadence. Ces trois étapes correspondent toujours à trois niveaux de relation avec la terre (27). Une civilisation naît grâce à ses paysans et ses soldats, puis ceux-ci réduisent en esclavage les peuples qu'ils dominent, ils cessent alors de cultiver la terre et deviennent des civilisés qui participent à la grandeur de l'art, des sciences et de la religion. Puis, ils tombent en décadence par un raffinement excessif et deviennent dépendants des esclaves et des colonies pour leur subsistance. Un nouveau peuple paysan soldat arrive qui les domine et qui refait une nouvelle civilisation.

Au cours de ces milliers d'années, l'homme paysan va créer les pays, il va en façonner les paysages et il va définir des systèmes agricoles adaptés à chaque région.

Pendant des siècles, les paysans bénéficieront très peu des progrès techniques qui servent surtout pour la guerre, pour les bâtiments religieux et pour l'art. Rares ont été les religieux et les aristocrates qui se sont penchés sur l'amélioration agricole dans les civilisations. Les bibliothèques regorgent d'ouvrages sur les religions mais contiennent fort peu de livres sur l'agriculture. Le seul moteur du progrès des paysans est la nature, la sélection naturelle. C'est elle qui impose la forme de l'instrument agricole, l'espèce de plantes à cultiver et l'espèce animale à faire entrer dans les troupeaux ; c'est elle, en un mot, qui façonne la tradition paysanne. Et voilà pourquoi, partout où la nature change, on observe un nouveau système agricole traditionnel. Cet empirisme paysan n'est cependant pas négligeable et ces systèmes agricoles traditionnels sont remarquables dans leur respect du sol et dans la diversité et la qualité de leur production. Il faudra cependant attendre le XVIII^e siècle pour que l'agriculture bénéficie des progrès techniques et devienne un sujet digne d'intérêt pour les ingénieurs et les scientifiques. Avant cette époque, toutes les civilisations se sont écroulées faute d'avoir su entretenir et améliorer la fertilité des sols agricoles. Ce problème agricole n'a été résolu que tardivement en Europe et en Chine. Il reste toujours, pour la très grande majorité du monde, la cause essentielle des famines et de l'effondrement des civilisations. Seule, l'égyptienne, la plus durable de toutes, a pu bénéficier d'un sol constamment régénéré par le Nil et assurer ainsi sa pérennité, les mauvaises pratiques culturelles étant réparées par les limons du grand fleuve. Les autres civilisations n'ont laissé que déserts et sols érodés couverts de maquis épineux, comme

on peut les voir sur le pourtour méditerranéen ou dans le Yucatan. La raison pour laquelle les premiers paysans ont ruiné leurs sols est liée au fait qu'ils ne savent pas restituer à la terre ce qu'ils lui ont pris. La seule pratique qu'ils connaissent, pour redonner au sol sa fertilité, est la jachère qui est un mauvais système car on ne restitue rien, on laisse la terre panser ses plaies. Tant que la période de jachère est grande, plus de dix ans, le sol a la possibilité de se régénérer mais lorsque la population augmente, il n'y a rapidement plus de terres à défricher, la durée de la jachère se réduit et le sol meurt. La solution à ce douloureux problème a été apportée en Europe, au XVIII^e siècle, par la jachère sous luzerne et en Chine par le compostage des excréments humains. Les premiers ingénieurs agronomes anglais vont découvrir qu'en plantant de la luzerne ou du trèfle sur une terre après culture et en y faisant brouter les bêtes, on améliorerait considérablement la fertilité du sol et on produisait de la viande. Cette invention représente une véritable révolution agricole. En effet, en arrêtant la divagation du bétail et en lui construisant des champs clos et des étables, les paysans vont pouvoir récupérer le fumier, chose impossible avec un bétail divaguant le long des routes et dans les friches. Le nomade, lui, n'a pas de fumier car ses troupeaux ne s'arrêtent jamais. Ce fumier va permettre de fertiliser le sol en lui rendant les éléments nutritifs et en lui apportant l'humus dont il a besoin pour naître et grandir. Un autre point important est celui des légumineuses, comme la luzerne, le trèfle ou le sainfoin. En effet, comme nous l'avons vu lors du cycle de l'azote, la seule voie d'entrée de cet élément dans le monde vivant est la voie microbienne, dont la plus importante quantitativement est celle due à l'association symbiotique de bactéries fixatrices d'azote et des légumineuses qui donnent du sucre à ces bactéries en échange de l'azote.

Ainsi, en cultivant ces plantes, le paysan fait entrer l'azote dans son système de culture. Les rendements augmentent, la viande devient moins rare dans l'alimentation paysanne, les sols s'enrichissent. Curieusement, en faisant rentrer de plain-pied l'animal dans le système de culture, le paysan a recréé l'équilibre originel. La polyculture élevage, c'est la nature retrouvée. Avec ce mode de culture, les paysans vont arrêter les famines. Ils vont enfin permettre aux hommes de manger à leur faim comme au temps des chasseurs-cueilleurs. Les pailles de céréales, au lieu d'être brûlées ou utilisées pour les toitures, sont mélangées aux

excréments animaux et humains et forment le fumier qui, composté, permettra de mettre en route les cycles biologiques des éléments et la fourniture d'humus au sol. Avec la polyculture élevage, le paysan va enfin pouvoir fertiliser le sol, fertiliser les microbes du sol et fertiliser les plantes. Avec ce cycle originel retrouvé, l'homme échappe à la punition biblique et peut enfin vivre dignement dans le pays qu'il a créé.

Pourquoi avoir attendu si longtemps pour faire ce qui nous paraît évident ? Parce que les aristocrates ne s'intéressent pas à leurs terres, ne cherchent pas à les améliorer et surtout parce qu'ils ne s'intéressent pas au bétail car ils trouvent leur source de viandes dans la chasse et non dans l'élevage. C'est le bourgeois et le gentleman-farmer qui vont manger des steaks de bœuf et des poulets rôtis. Les aristocrates de l'Ancien Régime ne mangent que perdrix, faisans, cerfs et sangliers.

Une fois les famines arrêtées et une fois que l'agriculture est devenue un centre d'intérêt pour tous, les progrès agricoles vont être stupéfiants au cours des XVIII^e et XIX^e siècles. En un peu plus d'un siècle, le monde paysan va créer les races de bétail que nous connaissons et nos variétés de plantes cultivées. Comme pour remplacer les nombreuses espèces animales et végétales qu'il consommait au temps où il était chasseur-cueilleur, le paysan va créer de nombreuses variétés animales et végétales. À la fin du XIX^e siècle, on recensait 3 600 variétés de fruits dans les vergers français ⁽³⁸⁾. C'est avec passion et ferveur que l'homme va diversifier ses variétés cultivées et développer l'art culinaire durant les XVIII^e et XIX^e siècles. Cet apogée de la civilisation paysanne va durer très peu de temps, deux siècles environ – de 1700 à la première guerre mondiale. En effet, très peu de temps après la révolution agricole, une nouvelle révolution va secouer l'Occident, la révolution industrielle.

Au moment même où le paysan découvre un monde de culture pérenne assurant la fertilité des sols et une alimentation abondante, le monde industriel va lui imposer sa loi en remplaçant le fumier, source d'humus et de tous les éléments nutritifs nécessaires aux plantes, par les engrais chimiques qui n'apportent pas d'humus et ne fournissent aux plantes que trois éléments : l'azote, le phosphore et le potassium. Face à ce choc, le paysan ne survivra pas et il laissera la place à l'exploitant agricole.

• Du paysan à l'exploitant agricole

« Meurtrie, elle demande aux hommes : à quoi sert le ravage ?
Quel fruit produira le désert ? Pourquoi tuer la plaine verte ?
Elle ne trouve pas utile les méchants
Et pleure la beauté virginale des champs
Déshonorés en pure perte. »

VICTOR HUGO, *La Légende des siècles*.

Alors qu'il a fallu des milliers d'années pour passer du chasseur-cueilleur au nomade puis au paysan, il n'aura fallu qu'un demi-siècle pour passer du paysan à l'exploitant agricole. Ce passage rapide s'est fait en deux étapes. La première, l'exode rural, a vidé les campagnes au profit des villes industrielles et les paysans sont devenus ouvriers. Ils ont quitté leur pauvreté pour la misère. La deuxième étape a été celle de l'après-guerre où l'on a fait entrer l'agriculture dans le modèle productiviste industriel en lui faisant appliquer la sacro-sainte règle du profit qui consiste à exploiter au lieu de gérer. Cette transformation de l'agriculture s'est donc d'abord faite en transformant le paysan en ouvrier puis l'agriculture en industrie. Dans le pays le plus paysan d'Europe, la France, ces deux étapes ont fortement coïncidé avec les deux guerres mondiales. Lors de la première, l'exode rural a été brutalement stimulé par le massacre des paysans au champ « d'horreur ». Cette première guerre fut en quelque sorte la consécration de la victoire de l'industrie sur la campagne. Lors de la seconde, avec le marché noir, les paysans qui vivaient jusqu'alors en marge de la société ont découvert l'argent et le profit. Ils cessèrent alors de cultiver la terre en bon père de famille et devinrent des exploitants agricoles. Ces deux guerres mondiales ont transformé la France : la première a vidé ses campagnes, la deuxième a massacré son paysage. La terre de France n'est plus ce jardin de bocages qui faisait l'admiration du monde entier ; elle est exploitée, désertifiée. À vouloir tirer trop d'argent de la terre, nous la tuons. Le paysan faisait le pays, l'exploitant agricole le détruit. Et leurs femmes, elles aussi, quittent la terre pour aller travailler en ville. Elles ne veulent plus de bêtes sur la ferme, elles ne veulent parfois même plus y habiter et recherchent un petit pavillon dans la ville la plus proche. Lorsque la femme n'est plus là,

elle qui est la terre, elle qui est la vierge, le pays perd son pôle féminin, il perd son âme. Les blés ne reçoivent plus le regard amoureux des paysans. Les bêtes n'ont plus de mère nourricière, n'ont plus de nom, n'ont plus de voix qui les interpelle dans leur tonalité. Où sont les Marguerite et les Noiraude qui broutaient nos prés ? Elles ont été remplacées par des animaux à matricule, car les nazis nous ont appris que la meilleure façon de dépersonnaliser un être vivant consiste à remplacer son nom porteur de symbole par un numéro anonyme.

Cette ingérence de la logique économique industrielle dans le monde agricole est la plus grosse erreur commise par l'humanité en cette fin de siècle. La quantité et la productivité sont devenues les deux mamelles de l'agriculture. L'exploitant agricole rêve d'appartenir au club des cent quintaux ou d'avoir une vache produisant plus de dix mille litres de lait par an. Cette obsession de la quantité fait ressembler l'humanité au Titanic dont le capitaine n'avait qu'une idée en tête : battre le record de vitesse de traversée de l'Atlantique. Cette passion de la vitesse lui a fait oublier les icebergs et a entraîné des milliers de personnes dans la mort. L'humanité est comme le Bateau ivre de Rimbaud, guidée par des pilotes fous de productivité, elle descend trop vite le rapide qui la mène vers la fin.

Exploiter la terre, pourquoi et jusqu'à quand ?

Voilà les questions fondamentales qu'il nous faut nous poser. Si cette exploitation forcenée a pour but de produire des excédents agricoles qui nous coûtent cher à stocker et à détruire, cela n'en vaut guère la peine. Et que l'on ne vienne pas nous embêter avec la prétendue aide humanitaire au tiers-monde, alors que le gros de nos excédents est détruit plutôt que donné, afin de ne pas effondrer les prix du marché. Ce qui est sûr, c'est que cette exploitation de nos terres ne durera pas longtemps car nombreux sont nos sols entrés dans les voies de la désertification. Nos plantes et nos animaux, de plus en plus malades et dégénérés, exigent de plus en plus de médicaments pour survivre. Ce n'est plus de l'agriculture que nous pratiquons, mais de la gestion de pathologie. Un bon céréalier est celui qui sait appliquer à temps les traitements de pesticides et un bon éleveur est celui qui sait bien doser les antibiotiques. Les exploitants agricoles ne produisent plus des plantes et des bêtes saines ; ils produisent des malades, soignés certes, mais malades, et c'est ce que nous mangeons. Ne nous étonnons plus par la suite de

voir les maladies dégénératives s'abattre sur les pays occidentaux. Ce n'est pas en payant des chercheurs que l'on réglera les problèmes du cancer, du sida ou de la sclérose en plaques. C'est en abandonnant ce fantôme de la quantité, c'est en recherchant à nouveau la qualité, l'harmonie et la spiritualité du vivant. Ne faisons pas comme les dinosaures qui ont très certainement disparu non pas à cause d'une météorite comme l'affirment les thèses catastrophistes actuelles, mais à cause d'un virus ou d'une bactérie qui a trouvé la faille de ces reptiles géants qui avaient le sang chaud, mais qui n'avaient sans doute pas su développer un système immunitaire assez puissant. Ce système sera mis au point par les mammifères et les oiseaux qui, eux, ont survécu. Ce n'est pas de l'extérieur que sont morts les dinosaures mais de l'intérieur, ils portaient leur propre destruction. De même pour nous qui développons une alimentation malade sans savoir si nous pourrions nous y adapter ou dégénérer. Notre dégénérescence aura vite fait de nous rayer de la liste des espèces vivantes et il sera alors inutile d'accuser une quelconque météorite de nos malheurs. « En crachant sur la terre, nous crachons sur nous-même », disait un chef indien et il est probable que la destruction de notre environnement et la mauvaise qualité de notre alimentation soient les causes de notre perte.

Lorsque nous étions chasseurs-cueilleurs, nous consommions dix mille espèces animales et végétales. Cette alimentation extrêmement variée assurait tous les besoins nutritionnels des hommes. En 1984, une enquête de la FAO montrait que 90 % de l'humanité consomme moins de quarante espèces animales et végétales et cinq mille molécules chimiques d'additifs alimentaires. Nous avons remplacé la variabilité biologique de notre alimentation par une variabilité chimique d'additifs alimentaires. Et nous avons fait ce remplacement sans nous poser la moindre question sur la capacité qu'a cette nourriture industrielle d'assurer notre santé. En plus de l'entrée massive de la chimie dans nos repas quotidiens, l'industrie transforme de plus en plus les aliments. Plus de 85 % des denrées agricoles subissent une transformation industrielle avant d'arriver dans notre assiette et ce pourcentage devrait dépasser les 95 % avec le développement des produits de quatrième gamme, comme la salade prédécoupée sous vide. Tous les moyens sont bons, depuis la conserve jusqu'à l'ionisation, en passant par la déshydratation sous vide, la décoloration recoloration et la désodorisation. Notre alimentation perd sa diversité et sa symbolique, elle n'est plus qu'une prise de calories, pratique et rapide. Elle ne nous relie plus à

la terre et au cosmos, nous pouvons la jeter et la gaspiller sans vergogne puisqu'elle est devenue un simple produit industriel. Cette modification récente de notre alimentation prend le chemin inverse de la polyculture élevage paysanne, elle simplifie au lieu de diversifier. Nous ne cultivons et n'élevons que les espèces et les variétés qui acceptent les conditions modernes de culture et d'élevage et qui peuvent passer dans la chaîne de la transformation. Nous ne semons que les variétés adaptées aux engrais, aux pesticides, aux moyens de transport et de stockage ainsi qu'aux traitements industriels. Nous n'élevons que les espèces animales qui supportent des entassements incroyables et des aliments industriels. Le résultat final de cette industrialisation de la terre est illustré par le tableau n° 7 qui montre l'histoire chimique d'une tarte aux cerises vendue sous emballage rigide transparent dans un supermarché. Cette petite histoire est extraite du célèbre dictionnaire américain des additifs alimentaires ⁽²⁸⁾. Peu de consommateurs imaginent l'incroyable consommation de produits chimiques que fait notre société pour obtenir une pauvre petite tarte aux couleurs excessives. Combien de temps tiendrons-nous avec cette alimentation ? Personne ne peut le dire. On peut simplement constater que les cancers et les scléroses en plaques frappent de plus en plus jeune au fur et à mesure que nous filons dans cette course au prétendu progrès.

Les consciences s'éveillent cependant, même chez les exploitants agricoles car nous sommes dans le royaume d'Ubu. Les blés à cent quintaux ne sont plus panifiables, il faut injecter des levures de laboratoire pour faire fermenter nos vins, la plupart des laits sont impropres à faire du fromage. Ces trois exemples sont symboliques : en effet le pain est le corps du Christ, le vin est son sang et le lait est celui de la Vierge. Le fait que les blés modernes ne puissent plus faire de pain, que les raisins ne puissent plus faire de vin, ni le lait du fromage sont de curieux signaux d'alarme que notre société, trop loin de Dieu désormais, ne saura pas entendre. Le profit et le plaisir nous aveuglent, nous nageons dans l'absurde mais personne n'ose crier que le roi est nu.

Cette civilisation se meurt, cette civilisation va mourir, il est temps de préparer la suivante.

• De l'exploitant agricole à l'agriculteur de demain

« Le rêve qui ne s'articule pas fait l'économie de l'erreur. Le signe domine l'ensemble des choses, le symbole contient l'ensemble des signes. L'évènement de la pensée symbolique, plus abstraite et plus incarnée que la pensée rationnelle, éviterait de payer d'un prix trop lourd le secret du soleil. »

CLAIRE BESANÇON, *Prométhée enchaîné.*

L'humanité porte en elle sa propre destruction, il lui faut évoluer si elle veut poursuivre son chemin sur terre. Il faut qu'elle dépasse la fascination adolescente du soleil et des bombes atomiques, il faut qu'elle apprenne à dominer ses machines, il faut qu'elle prenne le contrôle du beau bateau ivre qu'elle a construit et qu'elle ne maîtrise pas. Cessons de regarder la terre comme une masse d'argent dont nous sommes le banquier. Apprenons à respecter la terre en tant que telle. Le champ est bien plus qu'un capital, ou qu'une simple source de profit : il est le tout qui nous contient. Il ne s'agit pas de l'exploiter de façon rationnelle pour en tirer un maximum d'argent, il s'agit d'entretenir sa pérennité pour assurer la nôtre et d'accepter sa complexité pour préserver la nôtre. Il ne faut pas seulement aimer la terre pour ce qu'elle nous donne mais pour ce qu'elle est. De même qu'il ne faut pas aimer nos femmes seulement pour les enfants qu'elles nous donnent mais pour ce qu'elles sont, pour leur esprit et pour leur âme. Or aimer c'est reconnaître, c'est accepter la différence et le mystère. Respectons la terre comme un être unique, comme Gaïa et reconnaissons humblement que nous ne la connaissons guère. La terre n'en peut plus d'être possédée et exploitée ; elle a besoin d'être libre et sa liberté fera notre grandeur.

Accéder à cette nouvelle dimension demande un grand changement de nous-même, presque une métamorphose. Il faut dépasser la raison pour entrer dans le monde du rêve, celui de l'eau et de la forêt. Depuis huit mille ans, nous avons peur de la nuit et nous nous sommes donné des dieux solaires. Rares sont ceux qui, comme saint Jean de la Croix, ont osé dire : « O, nuit plus aimable que l'aurore ! » Notre

réussite technique camoufle notre faiblesse intérieure comme une belle cylindrée camoufle une trop faible virilité chez un homme. La nuit nous angoisse, nous l'éclairons de nos néons ; le marais nous inquiète, nous l'asséchons de nos drains ; la forêt nous fait peur, nous la détruisons à coups de machines et d'incendies. Comme toutes les civilisations qui nous ont précédés, nous buttons aux portes de la nuit, aux portes du rêve. Notre science reste immature et sombre dans le délire, entraînant avec elle l'ensemble du monde. Notre civilisation est moribonde, elle a son avenir derrière elle. Et même si elle respire encore, il est temps de préparer la suivante, celle qui osera « percer sans frémir ces portes d'ivoire ou de corne qui nous séparent du monde invisible », comme disait Nerval dans *Aurélia*. Serons-nous assez subtils pour accepter et comprendre la dimension nocturne du sol, de l'eau et des forêts ? Peut-être pas, nous restons tellement attirés par la clarté éblouissante des déserts que nous créons. L'infantilisme dans lequel nous maintient notre illusoire réussite technique n'est pas fait pour nous aider. Jamais, depuis les Romains, une époque n'avait été aussi aveugle et aussi lâche. Et pourtant, il nous faut devenir adulte pour acquérir le courage et la lucidité nécessaires pour dépasser le cocon trop confortable de notre époque décadente. Découvrir notre rêve intérieur alors que l'on est si bien dans son canapé, à siroter une bière en regardant la télévision, demande effectivement beaucoup de courage, d'autant plus que le chemin intérieur est un chemin solitaire. Et pourtant, chacun de nous doit faire cet effort car il n'y a plus de castes religieuses ou aristocratiques pour prier ou penser pour nous. Il n'y a pas de faux-fuyant ou d'échappatoire, il faut aller seul vers le bruissement des feuilles mortes soulevées par une taupe, vers le frémissement d'un roseau ou vers le silence épais du sous-bois, qui nous attendent. Laissons là notre voiture, notre bulldozer, notre tracteur, toutes nos béquilles techniques. Écartons la branche, détachons notre chaussure pour sentir le sol ou la fraîcheur de l'eau et nous réaliserons alors que « Tout est sensible ! Et tout sur ton être est puissant ⁽²⁹⁾ ! » C'est dans la noirceur des marais et dans l'ombre des forêts que se trouvent les réponses aux questions que se pose l'humanité. C'est dans ce que nous rejetons et détruisons depuis des millénaires que se trouvent les fondements de la prochaine civilisation. Accepterons-nous de regarder avec amour et compréhension ce que nous avons toujours fui ? Accepterons-nous de regarder et de respecter le sol comme devra faire l'agriculteur de demain ? Et ces grouillements de vies obscures qui se déroulent sous nos pieds, et les rêves inconnus de nos bêtes, saurons-nous leur donner la place qu'ils

méritent dans les fermes du futur ? Il en va pourtant de notre avenir et, ne nous leurrions pas, ce n'est pas de technique dont nous aurons besoin pour bâtir l'agriculture de demain mais de spiritualité pour découvrir le champ du rêve.

TABLEAU 7 – HISTOIRE CHIMIQUE D'UNE TARTE AUX CERISES D'UN SUPERMARCHÉ

I – HISTOIRE DE LA PÂTE

> La farine

Les grains de blé ont été enrobés d'un fongicide avant semis. Pendant sa culture, le blé a reçu de deux à six traitements de pesticides selon les années, un traitement aux hormones pour raccourcir les tiges afin d'éviter la verse et une dose importante d'engrais : 240 kg d'azote, 100 kg de phosphore et 100 kg de potassium à l'hectare. Dans le silo, après récolte, les grains sont fumigés au tétrachlorure de carbone et au bisulfite de carbone puis arrosés au chloryriphosmethyl. Pour la mouture, la farine reçoit du chlorure de nitrosyle puis de l'acide ascorbique, de la farine de fève, du gluten et de l'amylase.

> La poudre levante

Elle est traitée au silicate de calcium et l'amidon est blanchi au permanganate de potassium.

> Les corps gras

Ils reçoivent un antioxydant comme l'hydroxytoluène de butyl et un émulsifiant type lécithine.

II – HISTOIRE DE LA CRÈME

> Les œufs

Ils proviennent d'un élevage industriel où les poules sont nourries aux granulés contenant des antioxydants (E300 à E311), des arômes, des émulsifiants comme l'alginate de calcium, des conservateurs comme l'acide formique, des colorants comme la capsanthéine, des agents liants comme le lignosulfate

et enfin des appétants pour qu'elles puissent avaler tout ça comme le glutamate de sodium. Elles reçoivent en plus des antibiotiques et en particulier des anticoccidiens. Les œufs avant séchage reçoivent des émulsifiants, des agents actifs de surface comme l'acide cholique et une enzyme pour retirer le sucre du blanc.

> Le lait

Il provient d'un élevage industriel où les vaches reçoivent une alimentation riche en produits chimiques : des antibiotiques comme le flavophospholipol (E712) ou le monensinsodium (E714), des antioxydants comme l'ascorbate de sodium (E301), l'alphatocophérol de synthèse (E307), le butylhydroxytoluène (E321) ou l'ethoxyquine (E324), des émulsifiants comme l'alginate de propylène-glycol (E405) ou le polyéthylène glycol (E496), des conservateurs comme l'acide acétique, l'acide tartrique (E334), l'acide propionique (E280) et ses dérivés (E281 à E284), des composés azotés chimiques comme l'urée (E801) ou le diuréo-isobutane (E803), des agents liants comme le stéarate de sodium, des colorants comme E131 ou E142 et enfin des appétants pour que les vaches puissent manger tout cela comme le glutamate de sodium.

> Les huiles

Elles ont été extraites par des solvants comme l'acétone puis raffinées par action de l'acide sulfurique, puis lavage à chaud, neutralisées à la lessive de soude, décolorées au bioxyde de chlore ou au bichromate de potassium et désodorisées à 160 °C avec du chlorure de zinc. Enfin, elles ont été recolorées à la curcumine.

> La crème

Une fois obtenue, elle reçoit des arômes et des stabilisants comme l'acide alginique (E400).

III – HISTOIRE DES CERISES

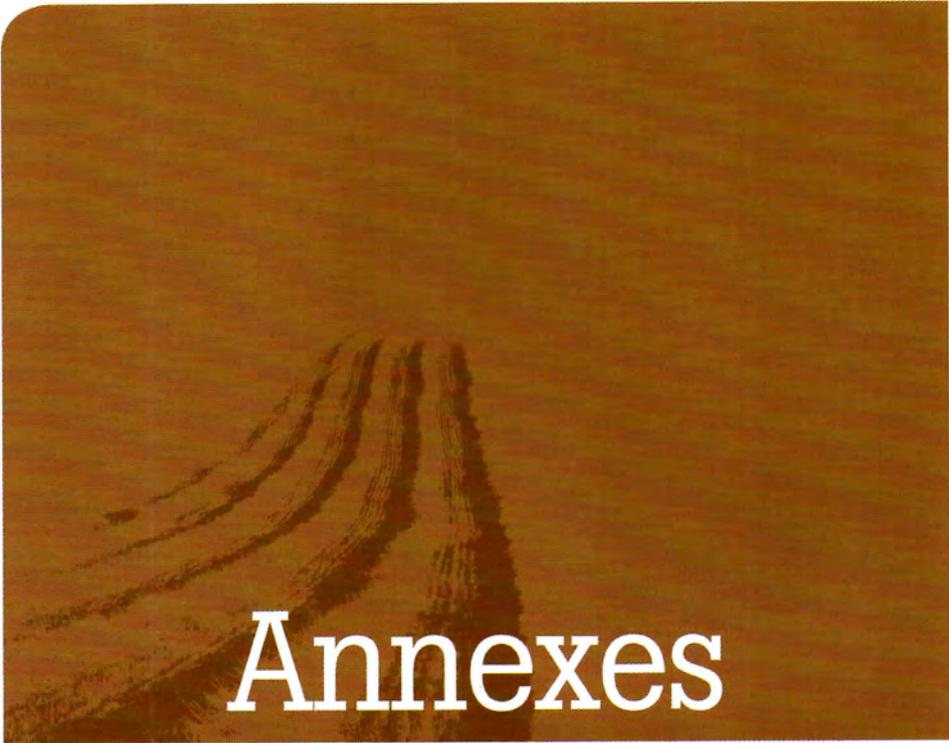
Les cerisiers ont reçu pendant la saison entre dix et quarante traitements de pesticides selon les années.

Les cerises sont décolorées à l'anhydride sulfureux et recolorées de façon uniforme à l'acide carminique ou à l'érythrosine. Elles sont plongées dans une saumure contenant du sulfate d'aluminium et à la sortie elles reçoivent un conservateur comme le sorbate de potassium (E202).

Elles sont enfin enduites d'un sucre qui provient de betteraves qui, comme les blés, ont reçu leur dose d'engrais et de pesticides. Le sucre extrait par défécation à la chaux et à l'anhydride sulfureux puis décoloré au sulfoxylyate de sodium, puis raffiné au norite et à l'alcool isopropylique. Il est enfin azuré au bleu anthraquinonique.

Il ne nous reste plus qu'à vous souhaiter bon appétit !

Cette petite histoire est extraite du *Hanbooks of Food Additives* (28), les changements sont tels chaque année, qu'il faudrait constamment mettre à jour cette petite histoire. Ce qu'il faut simplement en retenir, ce n'est pas la liste exacte de chaque molécule mais le fait que notre alimentation reçoit des molécules chimiques depuis la germination des plantes et la naissance des animaux jusqu'à la préparation des aliments. De plus, beaucoup de ces molécules, pour lesquelles le principe de précaution est rarement appliqué, sont retirées du marché puis remplacées par d'autres lorsque l'on prouve leur toxicité.



Annexes



Glossaire

Acides nucléiques : constituants du matériel génétique.

Alios : couche profonde et dure, gênante pour les racines, constituée de matières organiques et de fer précipités, que l'on rencontre dans les podzols ou dans les sols lessivés. Cette couche anormale apparaît de plus en plus souvent dans les sols sableux subissant une culture maraîchère intensive. Pour éviter cela, les maraîchers ne devraient pas se contenter d'apporter du fumier sur les sols sableux, mais devraient apporter un complexe argilo-humique, c'est-à-dire un compost mélangé avec de l'argile.

Argiles : ce sont les particules les plus fines des sols. Leur nature dépend du climat et de la composition de la roche mère. Leur extrême importance dans les sols tient à leur nature colloïdale et à leur structure en feuillets qui déploie une très grande surface permettant ainsi de mettre en réserve les éléments nutritifs du sol et d'offrir un contact étroit avec les microbes du sol. On dénombre plus de 1 500 types d'argiles dont les surfaces internes (celles des feuillets) vont de 30 m²/g à 800 m²/g.

Assolement : assoiler veut dire diviser le terrain en soles destinées à des cultures différentes. On parlera donc d'un plan d'assolement d'une ferme qui est constitué de toutes les parcelles avec leur culture. Cette répartition des cultures de l'année entre les parcelles sera très différente dans une ferme en céréaliculture ou en polyculture élevage.

Biomasse : masse totale des organismes vivants présents à un moment donné dans un biotope, ici, en l'occurrence le sol. On exprime cette biomasse du sol en poids par hectare.

Biotope : milieu bien délimité dans l'espace, servant de support aux espèces vivantes. Le sol est un des nombreux biotopes terrestres.

BRF (Bois Raméal Fragmenté) : technique consistant à épandre une couche de 4 à 8 centimètres de bois raméal frais broyés grossièrement. Le BRF relance les champignons du sol, puis toute la biomasse du sol.

Carbonates : sels de l'acide carbonique. Dans les sols, on rencontre surtout les carbonates de calcium et de magnésium. Les microbes, en séparant l'acide carbonique du calcium, libèrent ce dernier dans les sols. Les sols sédimentaires sont souvent riches en carbonates de calcium.

Chaulage : action d'amender une terre agricole avec de la chaux ou un autre amendement calcique. Cette pratique est courante dans les sols trop acides pour lutter contre l'acidité et dans les sols dépourvus ou trop pauvres en calcium.

Horizon : couche du sol plus ou moins épaisse et sensiblement parallèle à la surface. La succession des horizons profonds minéraux, intermédiaires organominéraux et superficiels organiques, forme les sols. L'agriculteur doit connaître les horizons de son sol ou ce que l'on appelle le profil de son sol.

Humification : ensemble de transformations biologiques et chimiques de la litière organique en humus. Le processus se sépare en trois phases : le broyage par la macrofaune, les transformations biochimiques de la microflore et la polymérisation chimique.

Humus : substance organique complexe du sol issu de la transformation de la litière. Sa nature colloïdale en fait avec l'argile le réservoir des substances nutritives du sol et la source de stabilité du sol.

Kaolinites : groupe d'argiles non gonflantes ayant la plus petite surface interne (30 m²/g). Les argiles n'alourdissent pas les sols mais leur donnent une faible fertilité puisqu'elles retiennent peu d'éléments nutritifs. Elles servent par contre pour la confection des porcelaines. En règle générale, les argiles qui servent en poterie ou pour les tuiles ont de faibles surfaces internes.

Latéritisation : altération pratiquement complète des minéraux de la roche mère. Le profil atteint souvent plusieurs mètres. Les argiles sont essentiellement des kaolinites. Elles s'agrègent de façon stable avec le fer. L'aluminium libre reste dans le profil. Tous les autres éléments sont lessivés. Le sol trop riche en fer et en aluminium devient dur et stérile. L'homme, en mettant les

sols à nu, accélère le processus et l'extension des sols latéritiques devient inquiétante.

Lignine : constituant fondamental de beaucoup de végétaux qui imprègnent les membranes celluloses des tissus de soutien. Le dépôt est tardif, il apparaît à la fin de la croissance cellulaire. Les cellules sont alors rendues indéformables. C'est une substance très complexe et très résistante. Elle est la principale source d'humus et seuls les champignons sont capables de l'attaquer. Un végétal jeune, en croissance, ne donnera donc pas d'humus si on l'enfouit dans un sol (engrais vert). Seuls la paille ou le bois donnent des humus.

Lignite : charbon fossile intermédiaire entre la tourbe et la houille.

Marnage : opération consistant à amender un sol en lui incorporant de la marne, roche sédimentaire tendre composée de carbonate de calcium et d'argile. Elle est épandue soit directement à la surface du sol, soit après mélange avec le compost.

Montmorillonite : argile gonflante à très grande surface interne (800 m²/g). Elle est un peu l'opposé de la kaolinite. Elle joue un rôle essentiel dans la fertilité des sols par sa capacité très forte à retenir les éléments nutritifs.

Mycélium : ce que l'on appelle le blanc de champignon est le mycélium du champignon de couche. Cette partie végétative des champignons est généralement filamenteuse et invisible à l'œil nu. Le mycélium peut s'agglomérer en rhizomorphes et former des sortes de racines blanches qui deviennent visibles dans les sols forestiers ou les composts.

Phanérogame : plante à fleurs et à graines.

Photosynthèse : réaction biochimique, propre aux plantes vertes et à certaines bactéries, qui, en présence du soleil, produit des sucres et de l'oxygène à partir du gaz carbonique et de l'eau.

Podzolisation : phénomène naturel dans les climats froids ou provoqué par l'homme lors de la plantation de résineux ou lors de mauvaises pratiques culturales. Le développement d'un podzol est lié à la présence ou à l'apport de matières organiques acides (résineux) sur des sols pauvres en argiles. Ces composés organiques acides sont solubles et s'attachent mal aux argiles. Ils descendent alors dans le profil entraînant avec eux les ions positifs et en particulier les ions fer et aluminium. Arrivés en profondeur, ces composés précipitent et se durcissent en alios. L'horizon de surface se trouve donc lessivé de ses éléments nutritifs et de ce fait rendu stérile pour les cultures.

Rendzine : sol développé sur roches carbonatées ou calcaires, caractéristique par sa faible profondeur et son contraste entre un horizon de surface formé d'humus carbonaté et de couleur noire reposant directement sur l'horizon

minéral formé par la roche mère. On peut aider ces sols jeunes à évoluer en cultivant des engrais verts pour stimuler la vie microbienne afin de décarbonater l'humus et de stimuler la formation de complexe argilo-humique.

Rhizosphère : zone du sol située à moins de deux centimètres d'une racine vivante et recevant donc l'influence des exsudats racinaires. Du fait de la nourriture venant des racines, l'activité microbienne est intense dans le sol rhizosphérique.

Rotation : c'est le nombre d'années nécessaires pour qu'une culture revienne sur une parcelle. La rotation classique du bassin parisien est de trois ans : betterave-blé-orge. Mais une rotation peut être de six, neuf, douze ans lorsque l'agriculteur a un bon niveau technique et lorsque la ferme est en polyculture élevage, c'est-à-dire avec des prairies et des luzernes de quatre ans dans la rotation. Alors que l'assolement donne la répartition des cultures dans l'espace, la rotation indique la place respective des cultures dans le temps sur une parcelle.

Semis direct sous couvert : c'est un semis qui s'effectue directement dans une plante de couverture installée juste après la moisson.

Smectites : vaste groupe d'argiles gonflantes à grande surface interne intégrant la montmorillonite, les bentonites, etc.

Sous-solage : opération destinée à détruire une semelle labour ou une couche de compactage dues aux passages des engins agricoles. Pour cela on passe dans le sol une dent ayant un sabot d'éclatement à son extrémité. La durée de l'amélioration est limitée.

Sphaigne : mousse croissant dans les tourbières.

Surface interne : surface totale de tous les feuillets constituant une argile. Les ions nutritifs du sol se logent entre les feuillets, donc plus la surface interne d'une argile est grande plus celle-ci sera capable de retenir d'ions et donc de conférer au sol sa fertilité.

Vermiculite : argile gonflante provenant de la décomposition des micas.

Vigna : genre de petits haricots asiatiques dont un est célèbre, *Vigna radiata*, car il est consommé sous le terme impropre de pousses de soja.

Bibliographie

1. DE GASPARIN, *Cours d'agriculture*, Librairie agricole de la Maison rustique, Paris, 1843.
2. TREMOLIÈRES (J.), *Partager le pain*, Robert Laffont, Paris, 1975.
3. MOSCOVICI (S.), *Essai sur l'histoire humaine de la nature*, Flammarion, Paris, 1968.
4. BATAILLE (G.), *Le Coupable*, Somme athéologique II, Gallimard, Paris, 1944.
5. LAKATOS (I.), *Preuves et Réfutations*, Hermann, Paris, 1984.
6. BATAILLE (G.), « La Part maudite. I La consommation », in *Œuvres complètes*, t. VII, Gallimard, Paris, 1949.
7. IBN AL AWAN, *Le Livre de l'agriculture*, Bouslama, Tunis, 1977.
8. LIGER (L.), *Économie générale de la campagne ou la nouvelle maison rustique*, Charles de Sercy, Paris, 1700.
9. RENDU (V.), *Culture du sol*, Hachette, Paris, 1875.
10. DUMONT (J.), *La Terre arable*, Maison rustique, Paris, 1909.
11. GAUCHER (G.), *Traité de pédologie agricole. Le sol*, Dunod, Paris, 1968.

12. RISSLER (E.), *Géologie agricole*, Berger-Levrault et Maison rustique, Paris, 1931.
13. OCDE, *L'État de l'environnement 1985*, OCDE, Paris, 1985.
14. OPARIN (AL.), *L'Origine de la vie sur terre*, Masson, 1965, Paris.
15. DE CANDOLLE (A.), *Origine des plantes cultivées*, 1883, réimpression de 1984, Jeanne Lafitte, Marseille.
16. DE HUMBOLDT (A.), *Essai sur la géographie des plantes*, Paris, 1807.
17. DARWIN (CH.), *De la variation des animaux et des plantes à l'état domestique*, Reinwald, Paris, 1879.
18. VAVILOV (N.I.), *Studies on the Origin of Cultivated Plants*, Inst. Appl. Bot. Plant Breed., Leningrad, 1926.
19. HARLAN (J.R.), *Les Plantes cultivées et l'Homme*, PUF, Paris, 1987.
20. ROIG (A.), *Guide des additifs et des polluants alimentaires*, Éditions du Rocher, Monaco, 1988.
21. ALTIERI (M.-A.), *L'Agroécologie*, Debard, Paris, 1986.
22. SASSON (A.), *La Conservation des ressources végétales*, La Recherche, 17, 181, 1986, pp. 1282-1293.
23. GROS (A.), *Engrais, guide pratique de la fertilisation*, La Maison rustique, Paris, 1974.
24. DENNELL (R.W.), *L'Origine de l'agriculture en Europe*, La Recherche 176, 17, 1986, pp. 480-488.
25. SAHLINS (M.), *Âge de pierre, âge d'abondance*, Gallimard, Paris, 1976.
26. CÉPEDE (M.), *Introduction à l'agronomie*, INAPG, Paris, 1974.
27. SAVINEL (P.), *La Terre et les hommes dans les lettres gréco-latines*, Sang de la terre, Paris, 1988.
28. CRC, *The Handbook of food additives*, 2^e édition CRC, Cleveland, 1974.
29. DE NERVAL (G.), *Les Chimères*, GLM, Paris, 1967.
30. CROVETTO LAMARCA (C.), *Les fondements d'une agriculture durable*, PANAM, Villemur-sur-Tarn, 2000.
31. SÉGUY (L.) ; BOUZINAC (S.) ; MARONEZZI (A.C.), *Systèmes de culture et dynamique de la matière organique*, CIRAD – CA, Montpellier, 2001.

32. GUINOCHET (M.), *Notions fondamentales de botanique générale*, Masson, Paris, 1965.
33. DARWIN (CH.), *Rôle des vers de terre dans la formation de la terre végétale*, Reinwald, Paris, 1882.
34. HARRIS (M.), *Cannibals and kings*, Vintage Books, 1977, 351 p.
35. GALET (P.), *Précis de viticulture*, Déhan, Montpellier, 1993, 582 p.
36. BARRAL (J.A.) ; SAGNIER (H.), *Dictionnaire d'agriculture*, t. V, p. 232, Hachette, Paris, 1886, 1 108 p.
37. RAVENEAU (A.), *Inventaire des animaux domestiques en France*, Nathan, 1993, 359 p.
38. MAS (A.), *Pomologie générale*, 12 V., Masson, 1883.
39. LEMIEUX (G.), *Les Grands Axes du BRF dans une optique de durabilité plutôt que de fugacité productive*, publication 205, Université Laval Québec, 2005.
40. GUINOCHET (M.), *Phytosociologie*, Masson, 1973
41. GRABHERR (G.), *Guide des écosystèmes de la terre*, Ulmer, 1999, 364 p.

Remerciements

Ce livre est le résultat de notre travail avec les agriculteurs et viticulteurs d'Europe, d'Amérique, d'Asie et d'Afrique. Il est issu à la fois d'expériences personnelles de terrain (nous avons analysé plus de cinq mille profils de sol dans le monde) et de discussions avec eux. Ce sont eux qui ont été les instigateurs et les inspirateurs de ce livre. Qu'ils en soient ici tous remerciés. Un dialogue ne s'interrompt pas tant qu'il y a un interlocuteur ; c'est pourquoi ce livre n'est pas une fin mais le début d'une réflexion sur l'agriculture de demain. Qu'ils trouvent ici l'assurance de la poursuite de notre soutien.

Nous tenons à remercier Sébastien Laprevote pour son aide en analyses dans notre laboratoire et pour les photos de faune du sol qui illustrent ce livre.

Laboratoire d'analyse microbiologique des sols

www.lams-21.com

© SANG DE LA TERRE

LE SOL, LA TERRE ET LES CHAMPS
ISBN 978-2-86985-188-7

Dépôt légal : quatrième trimestre 2009
Numéro d'édition : 86985

Achevé d'imprimer en novembre 2013 par
l'Imprimerie France Quercy, 46090 Mercuès
N° d'impression : 31854

« en collaboration avec la société AGM - 85770 Vix »



Imprimé en France



• CONCEPTION • GRAPHISME • RÉALISATION •

Maquette et mise en page : Agence TWAPIMOA – Paris 11^e
E-mail : contact@twapimoa.com • Site Internet : www.agence-twapimoa.com

Le sol, la terre et les champs

POUR RETROUVER UNE AGRICULTURE SAINNE



CLAUDE & LYDIA BOURGUIGNON

L'agriculture aujourd'hui est dans une impasse. L'intensification n'a pas été capable d'arrêter la famine mais elle a épuisé des millions d'hectares de sol et dégradé la qualité nutritive des aliments.

Fondée sur une conception très réductrice du sol considéré comme un support inerte, l'agronomie n'a pas su développer une agriculture durable. Elle s'enlise dans les OGM, qui rendent les agriculteurs prisonniers des semenciers, ou dans les agrocarburants, qui provoquent une hausse brutale du prix des denrées agricoles.

S'appuyant sur les expériences réussies d'autres formes de l'agriculture dite biologique, et sur les dernières recherches en microbiologie du sol, Claude et Lydia Bourguignon proposent dans ce livre une nouvelle voie pour l'agriculture du XXI^e siècle.

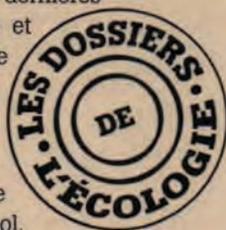
L'agrologie, science de l'agriculture écologique, est fondée sur une perception fine des relations complexes qui unissent le sol, les microbes, les plantes, les animaux et l'homme. Elle développe l'usage de nouvelles espèces, déjà sélectionnées par la nature, pour leur aptitude à restructurer les sols, à récupérer les engrais lessivés par les pluies, à pousser sur des sols pauvres ou arides.

Dans la nouvelle édition, revue et augmentée, de cet ouvrage de référence, les auteurs, remettant en cause le labour, exposent une nouvelle évolution verte qui, par l'application des lois de la biologie des sols, permet de restaurer une fertilité durable grâce à des techniques comme le semis direct sous couvert, le BRP, le compost, etc.

Le paysan, devenu exploitant agricole, doit maintenant devenir un véritable agriculteur qui, pour la première fois dans l'histoire, cultivera la terre sans l'éroder, en l'aimant et en la respectant comme un être vivant.

Lydia Bourguignon, maître ès sciences et d.t. œnologie, et Claude Bourguignon, ingénieur agronome et docteur ès sciences, ont fondé leur propre laboratoire de recherche et d'expertise en biologie des sols (LAMS).

Ils ont effectué plus de 5 000 analyses complètes de sol et organisent des conférences à travers le monde.



26,90 €

ISBN 978-2-86985-188-7
ISSN 0986-4164



Réf : 85188

Éditions Sang de la Terre • BP 60001 • 75560 Paris Cedex 12

Tél. : 0891 670 008 0,204€/min • Fax : 01 40 01 09 94

Sur Internet > <http://www.sangdelaterre.fr>