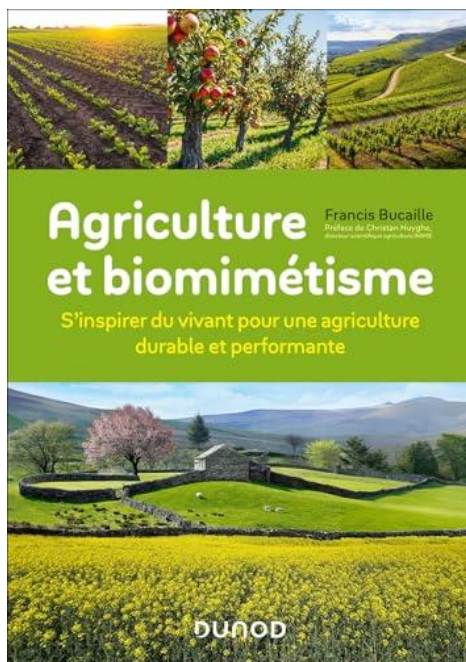


AGRICULTURE ET BIOMIMÉTISME S'INSPIRER DU VIVANT POUR UNE AGRICULTURE DURABLE ET PERFORMANTE¹

par Francis **BUCAILLE**



Présenté par Guilhem **BOURRIÉ**²

Cet ouvrage fait suite à *Revitaliser les sols – Diagnostic, fertilisation, protection*, paru en 2020, préfacé par Marc-André Selosse. Il s'agit de s'inspirer des processus biologiques pour inventer une agriculture « durable et performante ». D'où le terme de biomimétisme, auquel il faut d'ailleurs ajouter « géomimétisme ». Tous les termes ici sont importants. Il s'agit de s'inspirer des solutions que la vie sur Terre a mises au point au cours d'une longue évolution pour privilégier les voies biogéochimiques, plus subtiles, plus économes en énergie et plus spécifiques que celles qu'utilisent les agricultures fondées sur des intrants massifs d'énergie, de fertilisants, de phytosanitaires.

Fort logiquement, l'accent est mis sur le rôle du sol et sa microbiologie. Dans le contexte du changement climatique actuel, il s'agit de favoriser le stockage du carbone et donc de chercher comment atteindre le fameux objectif dit du « 4 pour 1000 ». Les promoteurs de ce programme passent volontiers sous silence qu'il s'agit d'augmenter la teneur en C des sols de 4 pour 1000 par an, et que c'est donc un processus exponentiel. Or, aucun processus

¹ Éditions Dunod, 2025.

² Membre de l'Académie d'agriculture de France, section Interactions milieux - êtres vivants.

ne peut être indéfiniment exponentiel et se transforme forcément en une courbe logistique atteignant un nouvel état stationnaire, le potentiel théorique de séquestration du carbone organique du sol, que Francis Bucaille estime lié à la nature des minéraux secondaires des sols : 48 mgC/g de minéral pour la gibbsite et la kaolinite (allitisation et monosiallisation pour Georges Pédro), 86 mgC/g de minéral pour les argiles de haute activité (illites, smectites, amorphes) (bisiallisation pour Georges Pédro). Francis Bucaille souligne que cet objectif ambitieux ne peut être atteint que si plusieurs conditions sont réunies :

- une production photosynthétique nette élevée, de l'ordre du climax ;
- un apport au sol de matière organique de composition chimique molaire stoechiométrique C :N :P :S :oligo-éléments = 100 :10 :1 :1 :0.1, optimum pour l'humification. Cela corrèle la capacité à stocker du carbone dans le sol au stockage simultané et proportionnel d'azote, de soufre et de phosphore ». Et il faut en outre que les apports de N, S et P soient bien synchronisés avec les apports de matière organique, faute de quoi les micro-organismes du sol vont « miner » l'humus précédemment accumulé et les minéraux des sols ;
- des conditions thermiques et hydriques favorables à l'activité biologique ;
- la limitation au maximum de l'emploi des fongicides, défavorables à la ligninolyse fongique ;
- l'établissement d'une liaison des molécules humiques nouvellement formées avec les minéraux secondaires des sols, argiles, oxydes et hydroxydes de fer, d'aluminium et de manganèse, bien cristallisés ou amorphes (il vaudrait mieux dire à organisation cristalline imparfaite). Ceci suppose l'établissement de conditions de pH proches de la neutralité et de conditions de potentiel d'oxydo-réduction oxydantes, donc la stabilité thermodynamique des minéraux secondaires.

Ceci conduit Francis Bucaille à préconiser l'emploi de fumier pailleux de ruminants, le passage dans le rumen ayant permis aux bactéries de dégrader les molécules les plus labiles et ayant ainsi relativement enrichi le fumier en molécules plus récalcitrantes, tannins, cires etc., ce qui rejoint l'insistance de Marc-André Selosse sur l'importance des tannins et de la glomaline. Ceci rejoint aussi le consensus général à l'Académie d'agriculture de France sur la nécessité de rapprocher géographiquement les exploitations céréalières et les élevages de ruminants. Dans des développements détaillés, Francis Bucaille donne des conseils pratiques adaptés à de nombreuses cultures.

On voit donc bien le biomimétisme : les apports au sol doivent se rapprocher de la stoechiométrie la plus favorable aux consortiums microbiens Champignons – Bactéries. Il ne faut plus raisonner élément par élément, C, N au mieux C et N, sur la base de l'analyse de terre, mais en termes de système et placer le microbiome du sol au centre de la réflexion et là, il est vrai que Francis Bucaille appelle l'agronomie à parachever sa révolution copernicienne.

Auparavant, Francis Bucaille a abordé le devenir du « carbone noir » : « Le biochar est le couteau suisse de l'agronomie ». Si on l'utilise mal, on peut donc se couper ! Et ceci explique les avis divergents et les retours d'expérience contradictoires. Selon le matériau de départ, la température et la durée de la pyrolyse, les caractéristiques du biochar vont varier. Des tableaux très clairs présentent la granulométrie et les formes de vie hébergées. Les pores submicroniques ne peuvent constituer des habitats, mais peuvent jouer sur la structure du sol, particulièrement dans les sols à texture grossière, et adsorber des micropolluants métalliques ou organiques à l'instar du charbon actif. Les pores plus grossiers (de 50 à 100 µm) peuvent être colonisés par les micro-organismes. Francis Bucaille détaille les caractéristiques des biochars (Capacité d'échange cationique, acidité ou alcalinité) et donne ainsi un guide précieux quant au choix des matériaux de départ et aux températures de pyrolyse en fonction des objectifs agronomiques poursuivis, y compris la lutte contre certains pathogènes. De mon

point de vue, les biochars introduisent une hétérogénéité dans les sols, ce qui est favorable à la biodiversité microbienne et donc augmente la résilience des sols. Des considérations intéressantes sur l'analogie avec les constituants organiques résultant des brûlis (terra preta amazonienne, terres noires d'Ukraine) complètent heureusement ce chapitre.

Francis Bucaille aborde aussi le devenir du « carbone blanc », c'est-à-dire du carbonate de calcium apporté par les amendements calcaires ou magnésiens (calcite, dolomie), puis l'apport de gypse et l'altération des silicates de calcium. Le mérite est de mettre l'accent sur le calcium des carbonates, du sulfate (gypse) et des silicates. Malheureusement – ou plutôt heureusement pour le bilan de CO₂ ! – l'analyse est en partie contaminée par l'erreur persistante en science du sol qui consiste à considérer les ions Ca²⁺ (et aussi Mg²⁺, K⁺ et Na⁺) comme des « cations basiques ». Or, dans l'apport d'un amendement calcaire, la base c'est le carbonate, qui seul peut neutraliser l'acidité du sol et éviter la toxicité aluminique. L'enseignement de science du sol – dans le monde entier hélas – persiste à introduire un concept confus dans les têtes d'étudiants bien formés et sélectionnés rigoureusement !

Il en résulte que le chaulage n'a aucun effet négatif sur les émissions de CO₂. Les agriculteurs peuvent chauler sans crainte pour la planète ! L'apport de gypse, sel neutre, n'a non plus aucun effet lorsque le régime hydrique est drainant. C'est seulement lorsque le régime hydrique est dominé par l'évapotranspiration et que les solutions se concentrent par évaporation à l'équilibre avec la calcite que l'apport de gypse limite l'alcalinisation du milieu. L'apport d'ammonitrate, en tant que sel neutre, n'a pas non plus d'effet, mais l'apport de chlorure d'ammonium a un effet acidifiant, car la pompe à protons racinaire libère un H⁺ en échange de chaque cation NH₄⁺ absorbé et les plantes absorbent plus de cations que d'anions.

En revanche, Francis Bucaille a raison de considérer l'effet positif de l'altération des silicates de calcium. Et c'est là que le « géomimétisme » est utile. Il s'agit d'ailleurs tout autant des granites que des basaltes ou des verres volcaniques, mais ces derniers s'altèrent plus vite. Francis Bucaille a donc raison de mentionner l'intérêt d'apporter des silicates de calcium broyés aux sols pour séquestrer du CO₂. Il ne s'agit que d'accélérer un processus naturel, c'est bien du géomimétisme. C'est effectivement un moyen de séquestrer du CO₂ et d'améliorer la fertilité des sols en favorisant la genèse d'argiles.

Dans l'avant-dernier chapitre, Francis Bucaille aborde la nutriprotection et comment limiter l'usage des produits phytosanitaires. Logiquement, ce sont les fongicides qui posent le plus de problèmes et une bonne nutrition des plantes s'impose, ce qui amène l'auteur à mettre l'accent sur l'importance des oligo-éléments. En cela, il rejoint les travaux classiques de Christian Juste à Bordeaux et de Marcel Coppenet à Quimper dans les années 1970. Des tableaux détaillent l'effet des éléments minéraux sur les maladies des cultures. Francis Bucaille souligne que « les oligo-éléments à des teneurs trop élevées peuvent favoriser certains pathogènes [...] toujours plus n'est pas mieux » et que la disponibilité des éléments dépend des conditions de milieu, en premier lieu du pH et du potentiel d'oxydoréduction. Ceci rejoint les réflexions de Gilles Lemaire mettant en cause l'attitude qui consiste à « en mettre trop pour être sûr d'en avoir assez », et d'une façon générale les comportements d'assurance.

Le dernier chapitre est un plaidoyer modeste : « Remettons le vivant au cœur de notre réflexion et tout ira mieux » que l'on ne peut que partager, et qui s'appuie sur l'émergence d'indicateurs biologiques de la santé des sols, bien dans l'esprit de la conception holistique One Health et qui peuvent constituer un tableau de bord pour piloter le système sol-plante-solution-atmosphère. Je ne partage pourtant pas entièrement l'idée que les sols enrichis en cuivre devraient faire l'objet d'une décote. En effet, le cuivre ne fait pas que s'adsorber sur les

constituants organiques et minéraux des sols. Ceux-ci l'absorbent et il s'incorpore dans les réseaux cristallins – ce qui n'est pas le cas du cadmium par exemple. Le résultat est que sa solubilité est quatre ordres de grandeur inférieure à la solubilité de l'hydroxyde cuivrique au même pH³. Bien entendu, trouver une alternative biodégradable à l'emploi de la bouillie bordelaise reste souhaitable. J'ajouterai juste un bémol concernant la référence à l'Île de Pâques, supposée, selon Jared Diamond, symboliser la catastrophe qui nous attend. Les anthropologues et géographes montrent cependant que la civilisation a survécu, même avant le choc du contact avec la mondialisation⁴. Évidemment, une population en effectif restreint sur une île a plus de chances de disparaître. En l'occurrence, c'est aussi un exemple de résilience. Mais notre civilisation a besoin de mythes mobilisateurs. La rationalité scientifique froide ne suffit pas à mobiliser les sociétés.

Pour conclure, les deux ouvrages de Francis Bucaille sont une mine de réflexions et un guide pour l'action, à utiliser journalièrement. Je l'attendrais bien maintenant sur un élargissement aux paysages agraires et aux terroirs : comment inventer une nouvelle adaptation agrosylvopastorale dans le contexte des deux changements globaux, le changement climatique, certes, mais aussi le fait que, pour la première fois dans l'histoire, plus de la moitié de l'humanité vit dans des villes.⁵

³ Bourrié, G. et F. Trolard. « La physico-chimie du cuivre : propriétés et mobilité ». Phytoma, 757, 2022.

⁴ Grenier, C. « Survivre aux fins d'un monde. Adaptations, effondrements, résiliences et ouvertures géographiques à l'Île de Pâques ». Norois, 251, 2019.

⁵ *NDLR* : G. Bourrié tient à disposition une annexe technique et une bibliographie plus complète sur le sujet