

Nutrition minérale des plantes, la question de la durabilité en agriculture

Un article de Pierre Masson

Mots clefs :

Fertilité – Bilan des éléments minéraux – Pédogenèse – Ressources en potassium, phosphore, magnésium de la planète – Fatigue des sols – Apports d'éléments par la voie atmosphérique (eau de pluie et d'orages, potassium des vents marins, vents solaires, fer météoritique, rosée et pollens) – Transmutation biologique à basse énergie (Kervran).

Avec la prise de conscience de la raréfaction des ressources en minéraux sur la planète et face aux problèmes de diminution de la teneur en matière organique et de la fertilité des sols, de nouvelles stratégies se développent.

On peut voir sur internet de nombreuses vidéos et conférences qui traitent des techniques culturales simplifiées (TCS), de l'agriculture de conservation ou encore du maraîchage sur sol vivant. Il y a aussi les modes du Bois Raméal Fragmenté (BRF) et de la permaculture. Toutes ces méthodes revendiquent la durabilité, l'autonomie, l'autosuffisance¹ et se prétendent sans intrants.

Cette question essentielle des intrants a été formulée par Rudolf Steiner dans son *Cours aux agriculteurs* et reprise par Edwin Scheller dans *Principes d'une nutrition des plantes en agriculture écologique – Un fragment*² (Editions BioDynamie Services 2018). La question d'E. Scheller est la suivante :

« Existe-t-il un système de nutrition des plantes agricoles sans importation de nutriments dans la ferme, capable de conserver un haut niveau de rendement pendant des décennies, voire des siècles, et de couvrir les pertes en minéraux occasionnées par la vente des produits de la ferme, sans recourir à la fertilisation minérale, comme l'avait postulé Steiner ? »

Depuis les théories de Liebig sur la nutrition des plantes et les prélèvements d'éléments minéraux se pose la question de leur renouvellement. On estime que les gisements de phosphate seront épuisés au cours de ce siècle et ceux de potassium au cours du suivant. Dans une agriculture qui n'emploierait pas de fertilisation minérale ni chimique mais seulement des apports organiques, s'ils sont indispensables, de quelles surfaces doit-on disposer à l'extérieur de la parcelle ou du domaine pour produire les quantités de fumure (fumier, composts, matériaux de mulching et de paillage), nécessaires à la compensation des exportations et au maintien de la fertilité ?

1 C'est le titre du livre fondateur de Bill Mollison et David Holmgren *Permaculture – Une agriculture pérenne pour l'autosuffisance et les exploitations de toutes tailles* Debard 1981.

2 *Grundzüge einer Pflanzenernährung des ökologischen Landbaus – Ein Fragment* 2013.

Pour tout domaine agricole, l'idéal d'après R. Steiner serait l'autonomie totale. Il s'agit donc de la polyculture-élevage³ dans ce qu'il nomme l'organisme agricole ou encore l'individualité agricole qui devrait être « close en elle-même ». Dans la littérature biodynamique⁴ on trouve souvent l'idée que la fertilité durable d'une ferme est liée à un minimum de présence animale d'au moins une UGB / ha (unité de gros bétail par hectare). Cela me paraît très excessif. Ne devrait-on pas s'orienter avec la culture de plantes "animales" comme les légumineuses en culture principale ou dérobée, en engrais vert ou encore en mélange dans les prairies vers des rapports beaucoup moins importants comme une UGB pour 2 ou 3 ha ?

Mais, Steiner précise dès le début de la 2e conférence, que c'est un idéal à atteindre et qu'y parvenir tout à fait n'est pas possible :

« Et bien, un domaine agricole réalise en fait ce qui est son essence propre dans le meilleur sens du mot quand il peut être conçu comme une sorte d'individualité en soi, comme une individualité réellement close en elle-même. Et tout domaine agricole devrait à vrai dire se rapprocher de cet état – cela ne peut être atteint complètement, mais on devrait s'en rapprocher : être une individualité close en elle-même. C'est-à-dire que l'on devrait faire en sorte d'avoir à l'intérieur du domaine lui-même tout ce dont on a besoin pour la production, en tenant naturellement compte aussi du cheptel approprié. Au fond, tout ce qui est introduit comme engrais ou choses semblables dans un domaine agricole devrait, dans un domaine de forme idéale, être considéré comme un remède pour un domaine déjà malade. Une agriculture saine devrait être en mesure de produire en elle-même aussi ce dont elle a besoin ».

Plus loin dans la 5e conférence, avant de parler des 6 préparations biodynamiques destinées à être introduites dans les composts pour équilibrer la fumure, Steiner décrit le fait que nous sommes peu ou prou obligés de nous comporter en pillards vis-à-vis de la Terre, qu'il faudrait vivifier par l'apport d'éléments organiques et non pas minéraux. Pour lui de nombreux oligo-éléments sont directement captés dans l'atmosphère par les plantes (Or, Arsenic, Fer, Plomb, Mercure, Soufre, etc.). Il suffit de donner aux sols et aux plantes une sorte de sensibilité par l'apport de quantités infinitésimales (quelques grammes par hectare) de préparations réalisées à partir de plantes (ortie, écorce de chêne, pissenlit, etc.), mais pour les macro éléments il affirme qu'il faut travailler le sol et le fumer si les sols en ont besoin.

« C'est la terre même qu'il faut vivifier et on ne peut pas le faire en la minéralisant, ce n'est possible que si l'on procède à l'aide d'éléments organiques que l'on prépare en conséquence afin qu'ils agissent directement sur l'élément terrestre solide en l'organisant, en le vivifiant...

Pour avoir dans la terre les quantités correctes d'acide phosphorique, de potasse et de calcaire, il faut travailler la terre, il faut fumer correctement. Cela, le ciel ne le donne pas de son plein gré. Cependant il est vrai qu'une exploitation continue de la terre peut

3 À propos de la nécessité des liens entre élevage et culture on se réfèrera à la publication « Vieharne Landwirtschaft » *Brauchen wir Tiere für eine nachhaltige Bodenfruchtbarkeit* » (L'élevage, avons-nous besoin d'animaux pour un développement durable de la fertilité des sols ? Non traduit) – F. Schulz, 2012 et M. Oltmanns, 2013. Dossier n° 27 – Forschungsring Darmstadt. Il s'agit d'une méta-analyse qui montre qu'il est difficile de maintenir une bonne fertilité des sols agricoles sur le long terme sans la présence d'animaux sur ou à proximité des fermes.

4 Koepf, Schauman, Haccius, 1996. « Agriculture biodynamique », Éd. Anthroposophiques Romandes.

Sattler, v. Wistinghausen, 1985. « La ferme biodynamique », Éd. Ulmer.

l'appauvrir. Et c'est ce qui ne cesse de se passer. Voilà pourquoi il faut fumer. Et il est possible que petit à petit, comme c'est le cas dans de nombreuses exploitations, la compensation apportée par le fumier soit trop faible. Alors c'est à un pillage de la terre qu'on se livre, on laisse la terre s'appauvrir en permanence. Il faut veiller à ce que le processus naturel proprement dit puisse s'accomplir correctement de bout en bout... » R. Steiner CAA 5e conférence⁵.

Steiner évoque aussi le fait que l'on puisse compenser les prélèvements de substances par des apports de forces. Ceci ne correspond nullement à des conceptions de l'agriculture moderne, car elle refuse de se pencher sur les apports qui pourraient provenir de la périphérie cosmique ou de ce qui pourrait, en petite quantité certes, provenir des transmutations à basse énergie. (Voir les travaux de von Herzelee, Kervran, Hauschka).

Pour les apports depuis l'atmosphère et la périphérie cosmique, on trouvera des informations intéressantes dans le livre de Joseph Pousset « Les engrais verts » Éditions la France Agricole⁶.

Il cite des sources d'Afrique du Sud (G. Ingham) sur les apports atmosphériques d'éléments minéraux (fixés par la cellulose) qui sont loin d'être négligeables, il avance des chiffres surprenants de 300 kilogrammes de chaux (CaO) et de 20 à 30 kilogrammes d'acide phosphorique (P₂O₅) par hectare et par an.

Le potassium arrivant des océans sous forme de gouttelettes à l'intérieur des terres serait, d'après Jacques Labeyrie, physicien, directeur du Centre sur les faibles radioactivités à Gif-sur-Yvette, égal aux quantités d'engrais potassiques épandus chaque année par les agriculteurs.

L'importance du Fer "météoritique" cité par Steiner au début du siècle (revue Triades tome VI numéro 2 été 1959), est confirmée par les observations de J. Labeyrie qui parle d'un vent issu du Soleil et des étoiles chargé de diverses particules (électrons, neutrons) ainsi que de fer et de magnésium.

Que faire des données sur les transmutations biologiques à basse énergie de C. Louis Kervran ? Est-ce une réalité observable ? Quels éléments chimiques majeurs (P, K, Ca, Mg, S) sont concernés ? Quelle pourrait être l'importance de cette fourniture pour l'agriculture ? On sait que les théories de Steiner et de C. L. Kervran sur les transmutations biologiques à basse énergie, sont aujourd'hui à la fois violemment contestées par certains scientifiques mais aussi explorées avec intérêt par d'autres chercheurs dans de nombreux pays du monde⁷.

Quelle est l'importance des prélèvements et quels sont les besoins de restitution ?

Le sol ne fournit qu'une infime partie de la nourriture de la plante.

2 à 5 % seulement de sels minéraux constituent la matière fraîche des végétaux. Dans le schéma de la composition d'une luzerne au stade début de floraison, paru dans les cahiers de Nature et Progrès d'après Jean-Marie Roger, 1,3 % de la substance d'un

5 Voir à ce sujet le travail d'Albrecht Thaer qui montre très bien comment une absence de fumure nuit aux récoltes suivantes. (Principes raisonnés d'agriculture, 1812).

6 Engrais verts et fertilité des sols <https://books.google.fr/books?isbn=2912199115> Joseph Pousset – 2002.

7 Voir https://fr.wikibooks.org/wiki/Une_histoire_des_transmutations_biologiques

végétal à l'état frais est constitué par des éléments autres que CHON, qui sont eux gratuitement tirés de l'air et de l'eau.

D'après Claude Réaud, sur la matière sèche (MS) des végétaux on a la répartition suivante :

C 45 %

O et H 42 %

N 3 %

K, P macroéléments 6 %

Mg, Ca, Na, S mésoéléments 3 %

Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B, oligoéléments 0,6 à 1 %.

Ces sels minéraux (Phosphore, Potassium, Calcium, Soufre, Magnésium, Chlore, Sodium, Silicium, Fer, Aluminium, Bore, Manganèse, Zinc, Cuivre) sont essentiellement prélevés dans le sol. Certaines plantes de la famille des broméliacées (tillandsias) ont la propriété de les prendre dans l'air.

La formation des sols (pédogenèse)

Selon les sources, pour la formation des sols, « *il faut 2000 ans pour constituer 10 cm de sol fertile* » (Chemins de Terre. Hors série juin 2017).

Dans Christian Feller et coll, « Le sol une merveille sous nos pieds » Éditions Belin Pour la science 2016 :

« *L'épaississement de la couche foncée à partir de sable blanc en bordure de mer prend de quelques dizaines d'années à des milliers d'années.* »

Dans le même document, page 40 : « *On estime à environ 10 000 ans la durée de formation d'un mètre de sol sous climat tempéré.* »

« *Dans les régions tempérées ou froides, où les dernières glaciations se sont terminées il y a 5000 ans, les sols actuels ne datent que de 5000 ans au maximum et leur épaisseur est nécessairement réduite : du décimètre au mètre. Il n'en est pas de même pour les régions tropicales, qui n'ont souvent pas connu de glaciation depuis des millions d'années. Ainsi pour des sols de Côte d'Ivoire, on a estimé l'âge de certains sols tropicaux à au moins un million d'années. Quand ils n'ont pas été très érodés, ils peuvent donc atteindre des dizaines de mètres d'épaisseur.* »

« *Une perte de 1 mm de sol [...] correspond à ce que l'altération fabrique en 10 ans* ».

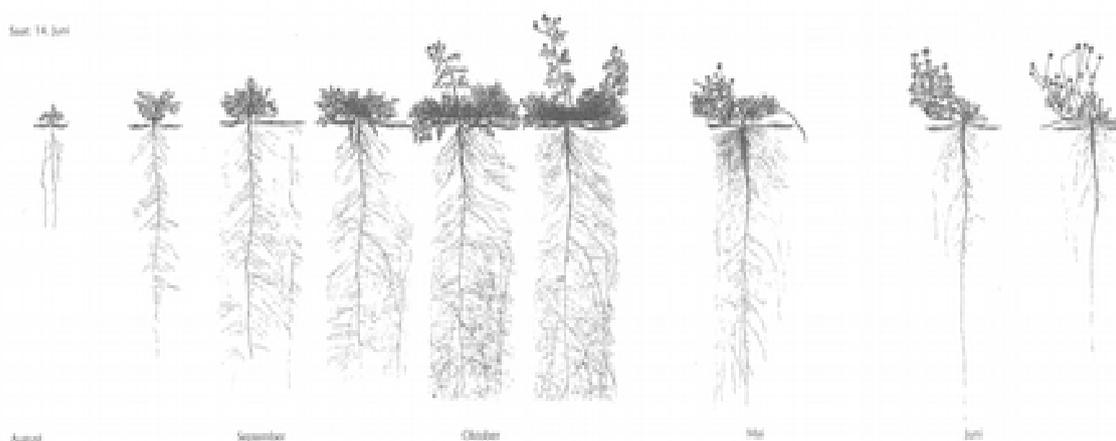
Le problème est l'exportation par les plantes récoltées (exportées) qu'elles soient alimentaires, industrielles ou forestières. Quelle est la vitesse de renouvellement des minéraux du sol ? Cette question ne concerne pas l'azote qui dispose d'un cycle particulier, puisant dans un stock quasi illimité, l'atmosphère, avec la capacité de fixation de l'azote N₂ sous forme de nitrates ou d'ammoniac par les azotobactères et les rhizobiums des fabacées.

Un concept essentiel : « la plante donne, l'animal prend ».

Cette phrase citée par R. Steiner, d'après Goethe, dans le *Cours aux agriculteurs* est fondamentale pour comprendre la formation et l'évolution des sols.

Il faut observer les racines des plantes, au travers de bacs de culture vitrés tels qu'ils sont mis en œuvre à la Section des sciences naturelles du Goetheanum, pour saisir qu'à un moment de sa vie la plante donne au sol et qu'à d'autres périodes elle reprend. Le phénomène est bien connu dans l'agronomie conventionnelle pour le potassium.

Dans son livre « Ein Leitfaden zur Heilplanzenerkenntnis » (non traduit) Jochen Bockemühl, page 172 à 175 reproduit des observations de l'évolution dans le temps de systèmes racinaires de la camomille (*Matricaria recutita*) qui sont particulièrement révélatrices. On y voit l'accroissement du système racinaire durant toute la jeunesse de la plante, la période végétative, puis on observe sa régression à partir de la floraison durant la période générative.



Camomille, processus de développement. Extrait de «Ein Leitfaden zur Heilplanzenerkenntnis» Jochen Bockemühl, p. 172-173.

Ceci confirme l'importance des transferts de substances issues de la photosynthèse vers le pôle racinaire après la germination, dès l'émission des premières racines, et durant toute la période végétative. Dès le basculement dans le cycle génératif, c'est-à-dire dès le début de la floraison, la plante remobilise des substances accumulées dans son système racinaire et dans l'environnement racinaire pour former les fruits et les graines. C'est la raison pour laquelle il est important de stopper les engrais verts par broyage ou roulage dès le stade début floraison. À ce stade, ils ont fait le maximum de travail pour développer le système racinaire et enrichir le sol en substances carbonées. Une autre culture peut prendre la place et profiter de cet acquis.

Un document du chercheur américain Albrecht publié dans la revue Acres rapporte des éléments de travail sur l'importance de ces migrations vers le système racinaire des plantes. Les chiffres qu'il fournit sont comparables à ceux fournis par P. Hinsinger (INRA) pour qui la part de carbone alloué par la plante au compartiment souterrain est de l'ordre de 40 à 50 %. Un quart étant directement alloué au compartiment des racines fines.

On trouve dans « Le sol vivant » de Gobat et all, 2010, des chiffres encore plus importants.

Chapitre 4 « La vie en action » 4.1.5 les productions de la racine dans le sol, page 93 :

« Les rhizodépôts représentent une part importante de la matière photosynthétisée totale, en général entre 20 et 50 %, avec des maximums à 80 %. Ils dépassent, en

carbone produit annuellement, celui qui est contenu dans les tissus racinaires (Davet 1996). [...] La racine engendre ainsi dans la rhizosphère un flux considérable de carbone et d'énergie, au bénéfice des organismes hétérotrophes capables d'assimiler cette production.

[...]

Les rhizodépôts comprennent

1) Les cellules détachées, essentiellement de la coiffe. La production de la coiffe est importante. [...]

2) Les lysats résultant de l'autolyse des tissus rhizodermiques et corticaux dont profitent des bactéries saprophytes.

3) Les mucilages sécrétés par plusieurs zones de la racine, en particulier par la coiffe. Ils subsistent en arrière de l'apex, au fur et à mesure de la croissance ; ils sont importants pour l'agrégation des microorganismes et des particules du sol. La zone des poils absorbants forme également un mucilage de nature pectique (acide polygalacturonique). [...] L'environnement racinaire est ainsi structuré sous la forme d'un mucigel d'origine mixte, végétale et microbienne.

4) Les exsudats (Bertin et al., 2003) forment la part dominante des rhizodépôts, celle aussi qui est le plus rapidement métabolisée par les microorganismes. Ils comprennent des sucres, des acides aminés, des acides organiques, des facteurs de croissance et des hormones. Une partie de ces composants induit une réponse spécifique de certains microorganismes présents dans l'environnement rhizosphérique, en prélude parfois à une interaction plus intime. C'est le cas de composés volatils envoyés par les plantes supérieures à leurs champignons symbiotiques, qui les induisent à se développer en direction de la plante hôte. Par exemple, *Slerotium cepivorum* est sensible à ces signaux jusqu'à plus d'un centimètre de la plante (Davet, 1996). C'est le cas aussi des flavonoïdes émis par les racines de légumineuses en prélude à la nodulation. D'autres exsudats repoussent les nématodes, comme chez les plantes du genre *Tagetes* (Larcher, 2003), ou diminuent la toxicité de l'aluminium en le chélatant (Delhaize et al., 2007)".

Les racines peuvent beaucoup... et très peu

Si les racines développent de prodigieuses stratégies pour extraire des éléments minéraux des particules du sol et des roches, encore faut-il leur donner une chance d'y accéder.

C'est un problème majeur de l'agriculture intensifiée : la structure du sol est dégradée, en conséquence les échanges d'eau et de gaz sont limités, et le sol n'est alors plus un bon habitat.

Les racines n'y échappent pas. Dans un horizon compacté suivi d'une semelle de labour, seule une fraction des 30 premiers cm de sol sera prospectée par les racines. A contrario, un sol bien structuré et sans discontinuité peut offrir un volume considérable. Dans le contexte de raréfaction des ressources minérales, des recherches se focalisent sur cet aspect, par ailleurs bien illustré par certaines réussites en non-labour. Les racines peuvent descendre dans la roche mère en cours d'altération, à plus de deux mètres parfois pour une grande culture. Dans ce cas le volume prospecté est considérable (plusieurs m³ par m²), les stratégies racinaires d'extraction des minéraux s'expriment, et ce stock est en grande partie restitué à la couche supérieure par la litière souterraine.

Selon les pratiques de l'agriculteur et le soin qu'il apporte à son sol, le stock de minéraux disponibles pour la plante peut donc beaucoup varier pour un même sol (Pascal Boivin).

Le problème des plantes très productives importées d'Australie ou du continent américain.⁸

Quelle est la performance que peuvent réaliser des systèmes racinaires de plantes pour sécréter des nutriments carbonés dans le sol, susceptibles de nourrir les microorganismes se transformant ensuite, eux-mêmes, à leur mort en humus microbien ? Pour les plantes productives introduites, quel est le rapport entre le prélèvement en minéraux et en eau dont elles sont capables pour former les très grandes quantités de substance qui les constituent, par rapport à la flore autochtone ou aux cultures originelles ?

Quelle est l'agressivité des plantes introduites ? Permet-elle le maintien ou la formation d'une flore accompagnatrice suffisamment complexe qui facilite la présence de mycorhizes ?

La fertilité minérale

Dans la plupart des sols argileux et sur substrat granitique, le problème du potassium ne se pose pas, la roche mère en contient pour des millénaires.

L'azote est gratuit, à la condition d'une bonne qualité de sol, d'une bonne science de la rotation et de cultures dérobées incluant les légumineuses pour pourvoir abondamment les réserves.

Le calcium comme ressource minérale est disponible en abondance presque partout dans le monde à l'exclusion de certaines régions tropicales, ce qui n'est pas sans poser de graves problèmes pour des sols très acides de certaines régions. Les apports homéopathiques selon Kolisko⁹ et Steiner y seraient peut-être une voie intéressante à explorer.

Il en est de même du soufre. La demande est faible et les apports atmosphériques dus au volcanisme et à la pollution industrielle sont importants.

Pour les oligo-éléments, Steiner affirme que le ciel y pourvoit de lui-même pourvu que l'on sensibilise le sol.

Si on tient compte de ces précisions, les substances qu'il est directement nécessaire d'apporter pour obtenir une production modérée dans la plupart des sols agricoles ou forestiers et compenser ainsi les prélèvements sur la roche mère, sont quantitativement très faibles. Pour des productions de matière verte de l'ordre de 20 tonnes par hectare, les chiffres de 10 à 50 kilos de substance fertilisante sont peut-être suffisants.

Au vu de la faiblesse fréquente des réserves, le problème du phosphore et éventuellement du magnésium reste posé.

Existe-t-il un état d'équilibre où les exportations de minéraux (P, K, Mg, S) par les plantes, que ce soit des arbres ou des végétaux à destination alimentaire, correspondent à la libération progressive des minéraux par pédogenèse ?

⁸ Lire à ce sujet le texte de l'auteur :

<http://www.soin-de-la-terre.org/wp-content/uploads/Plantes-entre-les-continentes.pdf>

⁹ Kolisko préconise des pulvérisations homéopathiques de calcaire dilué jusqu'à la 9e ou 10e décimale hahnemannienne, ou encore l'ajout de très petites quantités de chaux dans le compost, ou encore l'emploi de la préparation biodynamique à base d'écorce de chêne.

Jusqu'où est-il nécessaire d'accroître la productivité en fonction des évolutions démographiques par exemple ?

Peut-on renforcer la prospection racinaire et la capacité des plantes à altérer en profondeur les minéraux ? Pourrait-on chiffrer l'impact des pratiques biodynamiques et évaluer leur rôle sur cette capacité des plantes à prospecter et altérer la roche mère ?

1) Celles liées à l'établissement d'un véritable « organisme agricole » associant élevage¹⁰ et cultures, aménagement du paysage avec zones humides, haies, présence d'arbres isolés ou en bosquets, juste rapport entre forêt et cultures, recherche d'une flore complexe (cultures associées, rotations longues, engrais verts multi-espèces), choix de variétés anciennes qui n'aient pas été sélectionnées sur la gourmandise en éléments minéraux¹¹.

2) Celles liées à l'emploi des préparations biodynamiques. On peut observer les évolutions spectaculaires du fonctionnement des sols, en particulier avec l'emploi de la 500P (porosité, humification, amélioration de la structure, meilleure gestion de l'eau dans le profil, développement du chevelu racinaire latéralement (racines fines) et vers la profondeur). Pourrait-on faire une étude de la rapidité de mise à disposition des éléments minéraux à partir de la roche mère dans de telles conditions d'activation de la vie biologique du sol ? Que signifie le stockage dans la fraction humique du sol de ces éléments minéraux par rapport à une simple libération dans la solution du sol, par rapport au lessivage (phosphates, nitrates, potassium) ou à la gazéification (N₂, CO₂, CH₄, N₂O, NH₃, SO_x) ?

3) Celles liées aux apports de fumier composté avec les préparations biodynamiques.

Observation de l'effet des pratiques biodynamiques.

On trouvera dans John P. Reganold 1994 « Qualité du sol et rentabilité des systèmes agricoles biodynamique et conventionnel » un bilan de différentes observations dans différents essais. <http://www.soin-de-la-terre.org/wp-content/uploads/Qualité-du-sol-et-rentabilité-Reganold-trad.-C.-Briard-P.M-.pdf>

Nos observations de terrain montrent que l'effet des préparations destinées au sol (500P et préparations du compost) est plutôt régulateur. On note presque toujours un changement du comportement du sol qui est facilement observable par le brunissement, l'humification, l'accroissement de la matière organique, l'amélioration de la structure et de la porosité, une meilleure gestion de l'eau, et une facilitation du travail du sol. Nous disposons de témoignages qui montrent des économies en carburant qui vont de 10 à 50 % pour le travail de labour ou de binage après le passage en biodynamie. Les rendements, que ce soit en maraîchage ou en vigne, ne sont cependant pas accrus mais plus réguliers au fil des années. On constate une moindre sensibilité aux aléas climatiques et à la pourriture.

10 Comment arriver à une science qui puisse préciser de quelles espèces animales et en quel nombre on a besoin dans un domaine donné comme le recommande Steiner à la fin de la 2e conférence ?

11 D'après Philippe Hinsinger INRA écologie du sol Montpellier : « Les espèces qui prospèrent le mieux avec le minimum de phosphates sont des variétés anciennes aujourd'hui abandonnées. »



Évolution de sol en une année avec l'emploi de la 500P sur sol de vigne à droite, témoin bio à gauche.



Évolution de sol en 8 mois de biodynamie en vigne à gauche, témoin bio à droite.



Évolution de sol sur céréales 2 mois après le premier passage de 500P, biodynamie à gauche, témoin bio à droite.

Ceci ne nous renseigne pas sur la durabilité et sur le potentiel de mobilisation des éléments minéraux dans le sol pour les mettre à la disposition des plantes, ni sur les possibilités de libération d'éléments à partir de la roche mère.

Mais cela nous permet de penser que dans un sol structuré et bien développé par l'emploi des préparations biodynamiques, on a un gain de fertilité durable sans apport de biomasse extérieure. Il serait utile de faire quelques bilans de fertilité sur le long terme. Quel est le potentiel de mobilisation des éléments minéraux dans le sol pour les mettre à la disposition des plantes et les possibilités de libération d'éléments à partir de la roche mère sont-elles accrues sur le court terme ?

On trouvera dans le compte rendu des journées agricoles biodynamiques du Goetheanum 2017 quelques témoignages intéressants sur l'évolution et le maintien de la fertilité à long terme dans des fermes pionnières allemandes en biodynamie¹².

Quelques questions

Comment connaître la capacité de prospection des plantes et la vitesse d'altération de la roche mère en fonction des pratiques culturales (conventionnel, biologique, biodynamique, apport de BRF, mulching avec de la paille, engrais verts intensifs, etc.) ? On peut constater qu'avec certaines pratiques comme le BRF par exemple, dans certains cas, des sols se bloquent totalement malgré une grande richesse en matière organique.

Comment se répartissent les ressources minérales dans les sols ? Existe-t-il une liste des roches mères avec leurs richesses plus ou moins grandes en K_2O , P_2O_5 , MgO , etc. selon les origines géologiques : différents granits, basaltes et roches magmatiques ou roches sédimentaires des différentes époques, surtout pour le mézoïque (anciennement ère secondaire) ? Sait-on si certaines strates sont très bien pourvues en éléments ou au contraire totalement carencées ?

¹² Section d'agriculture (Éditeur) (2017) : « Fertilité du sol – du fondement de la nature à la tâche de culture » – Documentation du congrès international d'agriculture au Goetheanum à Dornach (CH), 1^{er} au 4 février 2017. Marienhöhe : Édification de la fertilité du sol depuis trois générations Fridtjof Albert.

Comment migrent les éléments minéraux depuis la roche mère quand ils sont dissouts pour se répartir dans la solution du sol et dans le complexe organo-minéral (argilo-humique) par l'intermédiaire de la vie du sol et des mycorhizes en particulier ?

Voir à ce propos le témoignage de Hervé Coves, agronome à la chambre d'Agriculture de la Corrèze, sur le phosphore¹³. Il décrit la répartition du phosphore contenu dans les os d'un animal mort sur l'ensemble d'une parcelle grâce aux mycorhizes. Sur 1000 mètres carrés en 10 jours, il y aurait répartition du phosphore provenant des os d'une dépouille de souris.

Il faudrait s'intéresser aux échanges entre la plante et la matrice du sol. Pour un élément peu mobile comme le phosphore, dans l'essai DOK, il a été montré que les échanges étaient plus actifs dans la modalité biodynamique que dans les autres¹⁴. Qu'est-ce qui permet cette meilleure mobilité ? Du point de vue de la Science de l'esprit, c'est probablement un effet de la préparation valériane (507). Elle est censée, d'après Steiner, agir sur les processus du phosphore : "... on pourra, si on ajoute à l'engrais ce jus dilué de la fleur de valériane d'une manière très délicate, faire naître tout particulièrement en lui ce qui l'incitera à se comporter de la bonne manière à l'égard de ce qu'on appelle la substance phosphorée." *Cours aux agriculteurs, GA 327 5^e conférence.*

Quelques constats à propos de l'autonomie prétendue dans différents systèmes de production dit "écologiques"

Dans les pratiques considérées comme les plus écologiques actuellement, on a rarement réalisé des bilans import-export des éléments minéraux ni même chiffré les apports de matières organiques.

Quelle est la durabilité de telles méthodes au vu des intrants en matière organique comme les fumiers, pailles, algues, déchets forestiers utilisés dans les méthodes Jean Pain, Louis Savier, Danielle Laberge au Québec, BRF, permaculture, maraîchage bio-intensif de Jean Martin Fortier, maraîchage sur sol vivant, etc. ?

1) Le premier exemple d'apports organiques très importants qui m'a surpris est le compost de broussailles de Jean Pain. Le besoin d'entretenir les allées coupe-feu en forêt méditerranéenne lui procurait d'immenses quantités de broyat de bois. Il employait jusqu'à 400 tonnes de déchets forestiers compostés ou non par hectare et par an.

Si on considère une production de biomasse forestière de 5 à 10 tonnes de matière sèche(MS)/ha/an, soit 40 à 50 tonnes de broyat frais par hectare, ceci représente un apport de matières qui sont prélevées en dehors de la zone cultivée sur **8 à 10 hectares**.

2) La deuxième interrogation est née au Québec dans les jardins de plantes aromatiques et médicinales de Danielle Laberge. Le mulching pour couvrir – protéger et fertiliser un hectare de cultures de plantes médicinales durant la période hivernale, représentait un

13 <https://www.youtube.com/watch?v=0zO2uEpmtkc>

14 Extrait de : « Soil phosphorus dynamics in cropping systems managed according to conventional and biological agricultural methods. » A. Oberson, J. C. Fardeau, J. M. Besson, H. Sticher :

« The kinetic parameters describing the ability of P ions to leave the soil solid phase, deduced from isotopic exchange, were significantly higher for the biodynamic treatment than for all other treatments. This result, showing a modification of chemical bonds between P ions and the soil matrix, was explained by the higher Ca and organic matter contents in this system. »

transfert **venant de 8 hectares** (foin et pailles) récoltés sur des parcelles extérieures au jardin de médicinales proprement dit.

3) Les pratiques de la permaculture à la ferme du Bec Hellouin.

À la ferme du Bec Hellouin, on peut constater l'emploi de fumures à base de fumier de cheval en quantités importantes venant d'un centre équestre voisin. Jusqu'à une époque récente elles n'étaient pas comptabilisées dans les intrants. On peut estimer que les couches chaudes qui sont montées chaque année sur une hauteur de 75 cm sur 5 mètres de large et 30 mètres de longueur par tunnel, et sur la surface d'un quart des tunnels chaque année, représentent un apport d'environ 110 m³ soit 80 à 90 tonnes de fumier qui seront répartis ensuite sur les 1000 mètres carrés du jardin. Soit des quantités de compost d'environ 450 tonnes par hectare. Cela représente des apports de biomasse fraîche de l'ordre de 900 tonnes, soit la production de **18 hectares** venant de parcelles où ne se fera aucune restitution, ce qui amène nécessairement une diminution de la fertilité initiale. Il s'agit d'une situation particulière dans laquelle on dispose d'une ressource gratuite et abondante de matières organiques. Ceci n'est donc pas reproductible ailleurs.

4) On trouve aussi chez Jean Martin Fortier¹⁵ des fumures très importantes (80 tonnes de compost et environ 2 tonnes de fumier de volaille déshydraté par hectare et par an).

Ces apports mobilisent les ressources issues d'autres zones en prairie ou en céréales. Les surfaces externes qui produisent ces ressources ne reçoivent ni les résidus de culture (pailles) ni le fumier ou le compost qui devraient être restitués pour assurer la fertilité à long terme.

Pour tenter d'estimer ces apports, on doit tenir compte des chiffres suivants : une vache laitière en stabulation entravée bien paillée sur toute l'année peut produire 20 tonnes de fumier soit 10 tonnes de compost. Pour obtenir les 80 tonnes de compost par hectare de Jean Martin Fortier, il faut prélever ailleurs l'équivalent de la production de 8 vaches laitières et les pailles de céréales qui permettent de faire la litière soit **près de 10 hectares de terres de fertilité moyenne**. On est loin d'une production autonome.

5) Dans une vidéo Youtube avec comme thème « le maraîchage sur sol vivant » François Mulet décrit ses pratiques et si on fait le bilan sur 5 ans, il apporte 500 m³ de BRF au départ, il cultive durant 1,5 année de l'engrais vert. Il apporte ensuite 25 tonnes de paille en mulch chaque année. Ceci représente un apport annuel très important de matériaux organiques en provenance de l'extérieur. **On peut évaluer que le prélèvement se fait sur 9 à 12 hectares pour une année de culture**. Nous sommes encore une fois dans un système déséquilibré.

6) Autre exemple : Dans un document de la chambre d'agriculture du Gard, on trouve les chiffres suivants : les rémanents d'une parcelle en agroforesterie de 1 hectare permettent de satisfaire 4 400 m² de maraîchage sur la base de 250m³ /ha. **Soit 2,5 hectares pour un hectare de maraîchage**. Il faut noter que ces chiffres sont fournis bruts sans explication et qu'ils semblent bien fragiles au regard des données fournies par François Mulet.

15 Jean Martin Fortier, auteur du livre « Le jardinier-maraîcher – manuel d'agriculture biologique sur petite surface » a été particulièrement inspiré par le courant de la permaculture, depuis les idées de Bill Mollison et David Holgreen jusqu'aux principes du maraîchage intensif à la française préconisés par le biodynamiste Allan Chadwick, repris ensuite par John Jeavons et Eliot Coleman. Ce dernier a été particulièrement inspiré par le maraîcher français Louis Savier qui travaillait en biodynamie certifiée Demeter.

7) Autres témoignages sur les intrants en maraîchage bio pour assurer la fertilité.

Reportage trouvé sur le site de tech&bio 2017.

Mathieu Gauthier exploite son 'biau jardin de Grannod' à Sornay en Saône-et-Loire, commune à vocation maraîchère.

Mathieu a repris l'exploitation familiale en 2016. Ses parents s'étaient déjà installés en 1979 en maraîchage bio. Il le revendique, sa ferme est 100 % bio !

Il exploite 14 hectares dont 7 de foin qu'il échange contre du fumier pour alimenter ses 4,5 hectares de rotation de légumes. L'engrais "vert" lui permet de faire reposer sa terre et favorise la biodiversité.

2 hectares de légumes et 2,5 hectares pour les engrais verts.

On a donc ici l'apport de $7 + 2,5 = 9,5$ ha (on peut supposer que les 2,5 ha qui manquent sont de la forêt ou des surfaces en broussailles, bords de rivière, etc.).

Soit 4,75 à 5 hectares pour fertiliser un hectare de maraîchage assez intensif.

Bilan des 7 exemples cités :

On peut constater au travers des chiffres cités plus haut que dans les systèmes dit "autonomes", les apports de matières organiques au détriment de surfaces extérieures varient entre 5 et 18 hectares pour un hectare productif. Nous sommes dans une culture pillage, car il n'y a pas de restitution de fertilité pour les surfaces où l'on prélève pailles et bois.

Voici quelques exemples de pratiques biodynamiques qui permettent de penser qu'une autre approche de la fertilité durable est envisageable.

1) On peut se référer au reportage concernant la ferme de Maria Bienert à Taucha en Allemagne (voir le site de l'association Soins de la Terre :

<http://www.soin-de-la-terre.org/voyages-detudes/voyages-etudes/>).

Les fumures apportées de l'extérieur sont inférieures à 2 tonnes de compost par hectare pour une production très intensive. Ces 2 tonnes de compost proviennent de 4 tonnes de fumier de bovins soit moins d'une tonne de MS importée de l'extérieur qui peut être produite sur environ 10 ares, soit 1/10e d'hectare¹⁶. Maria Bienert estime qu'elle pourrait se passer de cet apport extérieur sans nuire à la productivité ni à la fertilité.

La fertilité est maintenue par la culture intensive d'engrais verts et de cultures dérobées semi-enfouies sur place. Les légumineuses (haricots, trèfle, luzerne) occupent une place très importante (3/5 des surfaces). Les rotations sont longues avec un emploi professionnel des préparations biodynamiques (500P). Sur une période de 15 ans, il y a eu un seul apport de 3 à 5 tonnes par hectare de calcaire (80 % de CaCO_3) sur certaines parcelles à pH trop bas.

Les bilans sur 15 ans montrent que le niveau de potasse est stable. À l'analyse, seul le phosphore décline très légèrement (pourtant les rendements des cultures augmentent).

¹⁶ La production en agroforesterie est estimée entre 5 et 10 tonnes de MS / ha / an. Pour le triticale entre 6 et 15 tonnes de MS / ha selon la fertilité initiale et la ressource en eau. Pour le miscanthus ou le panic érigé on trouve des chiffres impressionnants de l'ordre de 10 à 25 tonnes de MS/ha avec des cultures qui peuvent rester en place 20 ans sans faiblesse apparente. Voir : https://www.biomasse-territoire.info/wp-content/uploads/2008/12/kit_peda_biomasse_complet_avec_commentaires.pdf

On sait que le phosphore mesuré dans ces analyses est loin de représenter la totalité du phosphore présent dans le sol. Encore une fois la question est de savoir comment vivifier la terre pour le rendre disponible.

2) Dans notre jardin familial de 500 mètres carrés, le compostage soigné des déchets de cuisine, des fanes de légumes, des adventices et des tontes de gazon permet une relative auto-fertilité depuis plus de 20 ans. Il faut noter que dans ce jardin sont plantés quelques arbres fruitiers (pêchers, cognassiers, kiwis, et de la vigne de raisins de table).

Il y a quelques apports extérieurs :

Le grain acheté à l'extérieur pour 7 poules, soit 300 kg/an de déchets issus du triage de blé bio permet la production d'œufs et le fumier de la litière est apporté au jardin. Cela représente environ 60 kg de paille de blé par an (3 à 4 bottes).

Il y a transferts au tas de compost des tontes d'herbe venant des surfaces en pelouse et des chemins d'accès. Cela représente une surface d'environ 150 mètres carrés.

Quelques brouettes (environ 5 par an) soit 200 kg de crottin de cheval ramassé dans nos propres prairies voisines sont ajoutées au compost.

Un apport de poudre de basalte de l'ordre de 200 kg/ha/an. Le basalte est employé pour assainir la litière des poules et finit son cycle dans le compost destiné au jardin.

Au total, c'est comme si on avait besoin d'un apport venant de l'extérieur de 100 m² pour 500 m² de jardin, soit un prélèvement de 20 ares de surfaces extérieures pour assurer la fertilité d'un hectare de culture assez intensive.

Rapport de 1 à 1,2.

3) Au domaine Guillemot-Michel, un vignoble de Bourgogne du sud dans le Mâconnais (Mâcon-Clessé), sur sols de limons décalcifiés sur roche mère calcaire, en biodynamie depuis 1991 avec des rendements d'environ 50 hl/ha :

On a une évolution positive des taux de MO de 1 % en moyenne dans la zone superficielle du sol. Cela varie de 0,1 point en zone hydromorphe à 1,8 points dans les sols de coteaux. Tous les niveaux de matière organique à un mètre de profondeur sont proches de 2 %. Ceci a été réalisé sur la base d'un enherbement naturel travaillé, un emploi soigné des préparations biodynamiques, en particulier des pulvérisations de 500P. Après de très légers apports de compost biodynamique entre 1993 et 1996, il n'y a eu aucun apport de fumure durant 20 ans. La volonté d'accroître un peu les rendements et le changement du mode de taille ont conduit à faire des apports de 1 à 2 tonnes de fumier déshydraté par hectare en 2016. Ceci montre bien que l'on peut arriver à un équilibre quasiment sans apport de fumure pour un rendement honorable et des produits très qualitatifs.

La fumure dans l'agriculture biodynamique

Il y a difficulté en ce qui concerne la fumure. On a au départ l'idée fondatrice de l'organisme agricole le plus clos possible (2e conférence) et ensuite Steiner aborde régulièrement la question de la fumure. Il ne précise pas d'où elle doit venir. Est-ce de l'extérieur ? Comment est géré le problème des exportations de produits agricoles ? Steiner refuse par ailleurs l'emploi de l'engrais humain même sur les surfaces fourragères (comment recycler ces substances ?).

Dans l'introduction au « Cours aux agriculteurs » :

« Songez donc, mes chers amis, simplement à ceci : de nos jours personne ne comprend exactement en quoi consiste la fumure. Sans doute procède-t-on encore instinctivement à partir d'une tradition héritée de l'ancien temps. Mais comprendre la nature de la fumure, personne n'en est plus capable. En réalité personne – à l'exception de ceux qui peuvent le savoir à partir de connaissances spirituelles – ne sait ce que signifie à proprement parler la fumure pour le champ, pourquoi dans certaines contrées elle est indispensable et nécessaire ni comment elle doit être pratiquée. Par exemple, personne ne sait aujourd'hui que tous les engrais chimiques sont précisément le genre de fumure qui contribue pour l'essentiel à cette dégénérescence dont j'ai parlé, à cette baisse de qualité des produits agricoles. C'est qu'aujourd'hui chacun pense tout simplement, eh bien oui, la croissance des plantes demande une certaine quantité d'azote, et les gens trouvent tout à fait indifférentes la manière dont cet azote est préparé et son origine. Or, cette origine n'est pas indifférente, au contraire ; ce qui importe, c'est qu'il y a azote et azote, et qu'entre l'azote qui dans l'air est mélangé à l'oxygène, entre cet azote mort et l'autre, il y a une grande différence. Vous ne nierez pas, mes chers amis, qu'il y a une différence entre un homme vivant, qui va et qui vient, et un cadavre, le cadavre d'un être humain. L'un est mort, l'autre est vivant et il a une âme. »

Dans la quatrième conférence :

« Il faut savoir – c'est dur à entendre – établir une sorte de relation personnelle avec l'agriculture et tout ce qui la regarde, en premier lieu une relation personnelle avec la fumure et notamment avec le travail de la fumure. »

Pour Steiner, la fumure consiste à vitaliser l'élément terre :

« Maintenant il s'agira pour nous de comprendre justement que la fumure et toutes les opérations analogues consistent nécessairement à conférer au sol un certain degré de vitalité ; mais il y a plus : il faut aussi mettre le sol en mesure de laisser s'opérer en lui, comme je l'ai indiqué particulièrement hier, une propagation de l'azote telle qu'avec l'aide de ce dernier précisément la vie puisse être véhiculée suivant certaines lignes de force, ainsi que je vous l'ai montré hier. Il faut donc, lorsque nous fumons, que l'addition d'azote dans le sol suffise à apporter le vivant jusqu'aux structures qui ne peuvent se passer de lui dans le sol destiné à la végétation, sous la plante. Telle est la tâche. Mais c'est une tâche qu'il faut accomplir rigoureusement en conformité avec la réalité des faits.

Maintenant, vous trouverez déjà une indication solide dans le fait que si vous utilisez comme engrais une matière minérale, purement minérale, jamais en réalité vous n'agirez sur l'élément terre, mais seulement, à l'extrême rigueur, sur l'élément aqueux contenu dans la terre. Avec des engrais chimiques, vous pouvez produire un effet sur l'élément aqueux de la terre, mais vous n'irez pas plus loin, vous ne parviendrez pas à vitaliser l'élément terre lui-même. C'est pourquoi vous observerez chez des plantes sous l'influence d'un engrais chimique quel qu'il soit, une croissance que ne soutient pas une terre vitalisée mais simplement une eau stimulée. »

Réponses aux questions après la 4e conférence :

R. – Ne vous y trompez pas, cette fumure à la bouse de corne ne remplace pas complètement la fumure en général ; il faut naturellement aller plus loin. Il s'agira seulement de considérer cette nouvelle fumure comme une sorte de fumure additionnelle qui accroît substantiellement l'action des procédés utilisés jusqu'ici en matière de fumure. L'autre type de fumure doit être maintenu.

La 5e conférence porte comme titre :

« Comment équilibrer la composition de la fumure. »

« Pour avoir dans la terre les quantités correctes d'acide phosphorique, de potasse et de calcaire, il faut travailler la terre, il faut fumer correctement. Cela, le ciel ne le donne pas de son plein gré. Cependant il est vrai qu'une exploitation continue de la terre peut l'appauvrir. Et c'est ce qui ne cesse de se passer. Voilà pourquoi il faut fumer. Et il est possible que petit à petit, comme c'est le cas dans de nombreuses exploitations, la compensation apportée par le fumier soit trop faible. Alors c'est à un pillage de la terre qu'on se livre, on laisse la terre s'appauvrir en permanence. Il faut veiller à ce que le processus naturel proprement dit puisse s'accomplir correctement de bout en bout.

Pierre Masson
À Château, le 21 juin 2018

Ressources et bibliographie :

Feller Christian et coll, 2016. Le sol une merveille sous nos pieds, Éditions Belin Pour la science.

Gobat, Aragno, Matthey, 2010. Le sol vivant – bases de pédologie – biologie des sols, Presses polytechniques et universitaires Romandes.

Podolinsky A. 2015. Conférences d'introduction à l'agriculture biodynamique tome 1, Éditions Biodynamie Services.

Pousset J. 2002. Engrais verts et fertilité des sols, Édition la France agricole.

Steiner R. 1924. Agriculture, Fondements spirituels de la méthode biodynamique, Éditions Anthroposophiques Romandes.

Steiner R. 1924. Cours aux agriculteurs, Éditions Novalis 2013.

Scheller Edwin 1988. Aktiv Nährstoffmobilisierung durch die Pflanzen, Selbstverlag Zeitlofs-Eckarts.

Scheller Edwin 2013. Principes d'une nutrition des plantes en agriculture écologique – Un fragment, Éditions Biodynamie Services 2018.

Site internet de l'association Soins de la Terre : www.soin-de-la-terre.org

Droits :

Pierre Masson - Biodynamie Services SARL. Ce texte est mis à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution – Pas d'Utilisation Commerciale – Pas de Modification 4.0 International. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Ce texte est destiné à être diffusé largement.