

Amélioration de la fertilité du sol en maraîchage

Retour du cycle de formations organisé durant l'hiver 2016 (suite de l'itinéraires BIO 28)

Laurent Jamar, CRA-W et Prisca Sallets, Biowallonie



FERTILITÉ BIOLOGIQUE ET PHYSIQUE DU SOL EN MARAÎCHAGE BIOLOGIQUE (FORMATION DU 16 MARS AU CTH, CENTRE TECHNIQUE HORTICOLE).

La fertilité biologique

Bernard Godden¹ (CRA-W) nous a présenté, en première partie de matinée, l'importance du rôle des microorganismes dans la fertilité des sols. Il a commencé son allocution par ce constat : « La vie du sol, beaucoup en parlent, certains la voient, mais très peu la mesurent... ».

Dans les sols, on peut trouver jusqu'à 1 T/ha de vers de terre et jusqu'à 3 à 9 T/ha de microorganismes ayant des rôles multiples. Parmi ces rôles, on peut citer :

Au sein de la **rhizosphère** (la microflore qui entoure les racines), ils auront un impact sur la nutrition et la protection des racines. De nombreuses plantes doivent certaines de leurs résistances aux maladies à l'activité des microorganismes situés dans leur rhizosphère. Grâce à l'espace qu'elles occupent et à la production de molécules de type antibiotiques, les bactéries qui s'y développent constituent une barrière protectrice contre les pathogènes (champignons, bactéries,...). Les bactéries se maintiennent dans la rhizosphère, nourries par les exsudats racinaires des plantes.

Les **mycorhizes**, associations de champignons et de racines, permettent à ces dernières d'explorer un plus grand volume de sols et d'y puiser ainsi les nutriments. Ces champignons mycorhiziens possèdent, comme certaines bactéries de la rhizosphère, des mécanismes de mobilisation du phosphore. Les champignons mycorhiziens sont peu diversifiés en sol cultivé, mais la plupart des mycorhizes peuvent avoir plusieurs hôtes en même temps.

La **fixation** de l'azote est également un processus qui nécessite l'intervention de microor-

ganismes. Les rhizobiums, associés aux légumineuses, et les azotobacters fixent l'azote atmosphérique. C'est l'une des clés de la fertilité des sols en AB.

Ensuite, d'autres bactéries nitrifiantes seront responsables de la **minéralisation** de l'azote en transformant l'ammonium en nitrites puis en nitrates, formes assimilables par les plantes.²

Les microorganismes du sol dégradent également les résidus de cultures, ce qui permet un recyclage des éléments fertilisants. Ils fabriquent l'humus et produisent des polysaccharides (glomulines), **colles organiques** jouant un rôle important dans la structure du sol. Ces processus sont bien illustrés par Yves Herody.

Des **composés organiques** qui interviennent dans l'inhibition de certains phytopathogènes (effet suppresseur) sont également produits par cette vie du sol. Enfin, certains microorganismes sont également capables d'attaquer des pathogènes (ex. champignons nématophages).

Après cet exposé sur les différents effets bénéfiques des microorganismes, Bernard Godden a présenté les méthodes favorisant cette vie du sol.

La première règle à suivre est d'alimenter les macro et microfaunes du sol en incorporant des résidus végétaux, des engrais de ferme, des intercultures, etc. Il faut tout de même veiller à ce que ces matières contiennent du carbone facilement dégradable pour que le produit nourrisse la vie du sol (attention au compost trop décomposé). Les digestats de biométhanisation, même s'ils apportent des nutriments avec une proportion d'azote ammoniacal un peu plus élevée, ont perdu une part significative du carbone facilement dégradable qui a été transformé en méthane, et est donc perdu pour la microflore du sol. Pour ces raisons, il préconise, pour avoir tous les bénéfices du compostage, des composts jeunes, de quelques semaines : assainissement, transformations aérobiques

avec homogénéisation, réduction de l'azote ammoniacal volatil, réduction des volumes à épandre, etc. (voir le Livret de l'agriculture n°20)³. Etant donné les difficultés de composter les petits volumes rencontrés en maraîchage, on peut s'orienter vers une composteuse de type suisse Gujer, ce modèle étant plus petit que les retourneurs d'andains agricoles de type Ménart.

La deuxième règle consiste à répartir au maximum les MO apportées, afin que cela ne forme pas de paquets propices à la fermentation anaérobie, néfaste pour la plante. Le même processus a lieu au sein d'un tas de gazon : cela commence par se décomposer, puis cela chauffe et enfin cela devient mou ; les fermentations sont entamées et cela sent mauvais. Il est donc important d'éviter les accumulations de résidus de végétaux en paquets, que ce soit en surface ou par un labour direct de masses (non incorporées progressivement).

La troisième règle est qu'il est plus intéressant d'apporter modérément et régulièrement de la matière organique (MO). Tous les essais menés en Wallonie montrent que ces apports modérés et réguliers ont plus d'effets sur la fourniture d'éléments fertilisants, sur l'activité biologique et sur la structure du sol.

Pour conclure, on peut citer les résultats de l'essai MO longue durée du CRA-W (un des rares essais, par ailleurs très long, puisque mis en place en 1959) où le taux initial de carbone des sols de 1% n'a évolué (en 57 ans) que de 0,2 % - en positif lorsque l'on pratiquait des apports maximaux et en négatif lorsque le tout était exporté. Cela remet en doute les possibilités d'augmentation importante du carbone dans nos sols limoneux sur des temps courts. Le carbone est essentiel au sol pour en assurer l'activité biologique, la structure, la fertilité, etc. Toutefois, les sols où le carbone s'accumule le plus sont les tourbières, les sols forestiers très acides et les terres non fertiles. Vouloir accu-



Figure 2 : Analyse du profil de sol par Christian Roisin



Figure 3 : Profil de sol dans une terre suite à un passage avec la charrue



Figure 4 : Profil de sol. à gauche : témoin (sans travail de sol) à droite (passage à la machine à bêcher).

muler du carbone n'est donc pas un but en soi, le carbone utile à la fertilité des sols étant celui qui tourne.

La fertilité physique

Pour appréhender la fertilité physique des sols, Christian Roisin (CRA-W) a poursuivi la matinée, en définissant tout d'abord la notion d'« état structural » d'un sol, qui est une notion plus complète que la structure d'un sol : « L'état structural étudie la complexité de l'organisation spatiale des constituants du sol, la fréquence et la position dans le profil de ces unités structurales, ainsi que la stratification du profil et l'aspect des zones d'interface (porosité, continuité) ». Un problème d'état structural sera par exemple la présence d'une semelle de labour qui bloque le développement des racines. La métaphore utilisée par Christian Roisin parlant de cette semelle de labour est celle d'une poutre en bois : si l'on arrête d'entretenir cette poutre, au fil des années, elle va petit à petit disparaître. Une autre notion également étudiée est « la stabilité structurale » qui est la capacité d'un sol à résister à l'action de dégradation par la pluie, le tassement et le travail du sol. Il n'est pas évident d'accroître la stabilité structurale d'un sol. Cette amélioration peut se faire grâce (i) à la teneur en argile et en MO pour former le complexe argilo-humique, (ii) au pH, et (iii) à l'intensité de l'activité des microorganismes via les colles organiques. Par contre, la dégradation apparaît très facilement en cas de mauvaise gestion du sol (compaction, travail du sol inadéquat) !

L'état structural aura un impact sur le développement des cultures, sur l'infiltration de l'eau, sur la rétention d'eau dans le profil, ainsi que sur la fourniture d'eau par capillarité ascendante. Un travail réalisé à la charrue donnera plutôt une structure de type « éponge » avec une macroporosité importante qui aura tendance à assécher rapidement le lit de semences (faible rétention par le sol et faible capillarité). Par contre, une réduction du travail du sol avec l'utilisation principalement d'outils à dents, type déchaumeurs, donnera une structure plus de type « buvard », qui permettra une plus forte capillarité et fournira donc l'eau au lit de germination.

On comprend donc bien l'importance de l'état structural du sol mais comment le diagnostiquer ? Le profil cultural est une solution très intéressante pour détecter les problèmes. Il va nous permettre de repérer les différentes couches de sol et le fond des travaux successifs réalisés. Les différents horizons seront ensuite

caractérisés visuellement et tactilement à l'aide d'un couteau (horizon homogène, présence de mottes compactes, horizon compacté). Les interfaces entre ces différents horizons seront également analysées à l'aide d'un couteau pour détecter des zones de lissage éventuelles qui rendent celles-ci imperméables à l'eau et aux racines. La présence de galeries de vers anécyriques, venant perforer ces zones compactes, a un effet drainant important, mais ne constitue pas une solution pour les racines. Ce profil permettra également de relever les défauts de structure cachés (bloc dur lié à une ancienne compaction), de zones anoxiques⁴ que l'on détecte grâce aux taches de gley. Ces taches apparaissent en cas d'anaérobiose, le fer va être réduit et va donc passer de la forme Fe^{3+} à Fe^{2+} . Ce phénomène découle souvent d'un mauvais mélange des matières organiques, associé à un drainage déficient lié à une compaction. D'autres défauts peuvent encore être mis en évidence, comme la présence de structure en feuillets avec une porosité orientée horizontalement qui est une conséquence courante d'un travail du sol superficiel systématique, courant en Technique Culturelle Simplifiée (TCS), on la nomme généralement la semelle de non-labour.

Le test de la bêche est une autre méthode. On observera comment les mottes retombent au sol : structure grumeleuse ou structure massive et polyédrique. On prêtera également attention à la porosité visible aux faces de ruptures, en brisant les mottes.

Il est important de savoir que lorsqu'on travaille un sol compacté on aura tendance à lis-

ser. Comment faire pour ne pas compacter son sol ? Éviter d'utiliser des engins agricoles lourds, de travailler en conditions humides et de trop affiner son sol car, plus il est affiné, mieux il se compacte. Le type de sol est également un facteur qui peut favoriser la compaction. Les sols limoneux sont très fertiles mais sont sujets aux problèmes de compaction car ce sont des sols à mémoire !

Analyse de profil de sol par Christian Roisin

Plusieurs fosses ont été creusées pour analyser le profil, suite à des opérations culturales différentes. Lors de l'après-midi du 16 mars, les cas suivants ont été commentés :

Le travail de la charrue en plein champ :

Le profil de sol obtenu suite à un labour réalisé dans de bonnes conditions à l'automne fut assez interpellant. Contrairement aux parties situées plus en profondeur et en surface, la zone située au-dessus de la semelle de labour était très humide. L'eau s'était accumulée à cet endroit. Ceci est la conséquence d'un labour grossier laissant en fond de travail des creux dans lesquels l'eau peut circuler librement comme dans un drain si bien qu'on observe la formation de boue. Un labour de printemps n'aurait probablement pas provoqué ce problème, car l'eau ne se serait pas accumulée ainsi dans cette zone. Au 16 mars, cette terre n'était manifestement pas assez portante pour la réalisation d'un travail du sol et d'un semis, alors que la surface du sol, bien ressuyée, aurait pu laisser l'impression inverse. On remarque également clairement dans le profil les zones où s'est accumulé le fumier suite au labour. Ce fumier, enterré de manière compacte par paquets, va entraîner une fermentation et une mauvaise décomposition. Très clairement, il aurait fallu, à l'avance, mélanger légèrement le fumier dans la couche superficielle pour éviter ce problème.

Le travail de la machine à bêcher en plein champ :

La machine à bêcher a été passée à 30 cm de profondeur sur une ancienne aspergeraie détruite l'année dernière et après laquelle aucune culture n'a été implantée. Le passage à la machine à bêcher (à droite de l'image) a été réalisé fin février. La partie gauche du profil n'a pas été travaillée. La profondeur à laquelle on remarque un changement de structure est plus basse dans le cas de la machine à bêcher. On n'observe pratiquement aucune zone de lissage car l'impact de la bêche sur le sol crée plutôt une fissuration. Dans ce profil, le sol était plus ressuyé que dans le cas de l'itinéraire de culture

avec labour. Néanmoins, le sol était moins ressuyé là où la machine à bêcher était passée, par rapport à la partie témoin qui présentait par ailleurs un état structural poreux bien homogène avec une structure plutôt grumeleuse. Cette expérience nous montre que, dans ce cas-ci, le travail à la machine à bêcher était valable, sans être pour autant vraiment nécessaire. Toutefois, s'il est envisagé de travailler le sol avec un outil à dents rotatif en vue d'implanter une nouvelle culture, la machine à bêcher permet d'intervenir sur une structure plus aérée et de limiter les risques d'apparition de problèmes de lissage.

Sous-tunnel 3 passages différents :

Machine à bêcher -> Fraise

Le résultat de cet itinéraire n'a pas été très concluant car le travail à la fraise s'est avéré plus profond que celui réalisé par la machine à bêcher, hormis à quelques endroits. A l'endroit où la machine à bêcher était passée, nous avons pu voir les impacts très épars des bêches de l'outil. Ce premier passage à la bêche était censé montrer qu'après un travail en profondeur la fraise ne crée pas de zones de lissage.

Fraise seule

Dans ce profil, on voit très clairement les zones de lissage créées par les dents de la fraise. Ce travail du sol est donc à éviter car il laisse un fond de travail défavorable au développement de l'enracinement.

Machine à bêcher -> Herse rotative

Dans cette suite d'opérations, nous avons rencontré le même problème que dans la suite machine à bêcher — fraise : la machine à bêcher n'a pas creusé assez profondément. Lorsque la herse rotative a été plus profondément ou au même niveau que la machine à bêcher, on a pu observer des zones de lissage. Ces zones ne s'observent pas sur l'ensemble de la surface, comme dans le cas de la fraise, mais sont tout de même présentes. Cette surface dépend de la vitesse d'avancement de l'outil et de la vitesse de rotation de la herse rotative. Plus la vitesse de rotation est élevée et la vitesse d'avancement faible, plus les zones lissées sont nombreuses et plus les problèmes d'enracinement risquent d'être présents.

Figure 5 : Profil de sol suite au passage de la fraise



ÉVÈNEMENTS

COMMENT ADAPTER SON TRAVAIL DU SOL – ET DONC LE CHOIX DE SES OUTILS – EN FONCTION DES NOTIONS DE BASE VUES SUR LA FERTILITÉ DU SOL ET LES CONTRAINTES LIÉES AU MARAICHAGE ? (Formations des 16 et 19 mars 2016 au CTH à Gembloux et chez le maraîcher G. du Bus à Bossut-Gottechain)

L'intervention de Alain Delvigne, conseiller technique du CIM (centre interprofessionnel maraîcher), le mercredi 16 mars, et celle de Daniel Wauquier, le 19 mars, nous ont permis de faire le lien entre ces différentes notions de fertilité et le choix du matériel pour le travail du sol en production maraîchère.

La préparation d'une parcelle avant un semis ou une plantation va nécessiter une combinaison de plusieurs opérations culturales. Tout passage d'outil s'accompagne d'un risque de lissage du fond du profil de travail et de tassement sous les roues du tracteur. Pour cette raison, il faut varier les profondeurs de travail afin d'éviter d'engendrer des défauts successifs au même endroit. Comme cela a déjà été expliqué, le travail du sol dans une zone compactée entraîne plus de dégâts que dans un sol qui ne l'est pas. On essaiera de travailler le sol en un minimum de passages, en évitant les passages inutiles. Une des règles de base les plus importantes est également de travailler en condition de terrain ressuyé. Différents types de travail du sol ont été présentés et ensuite analysés par les orateurs.

Le labour

Le travail à la charrue est de plus en plus délaissé par les maraîchers. Toutefois, nous verrons qu'il peut être utile à certains moments. On évitera tout labour à une profondeur supérieure à 20 cm.

Les intérêts du labour sont : l'enfouissement des résidus de culture, l'amélioration de la structure du sol de la zone labourée, un réchauffement plus rapide, l'élimination de défauts (comme les ornières) et le contrôle des adventices et, partiellement, des maladies et ravageurs. Le labour permet d'effacer les différents problèmes en repartant sur une page blanche.

Toutefois, de nombreux inconvénients sont également évoqués, comme la perte de temps à la mise en place de la culture, la création de grosses mottes en conditions sèches, la dilution de la matière organique, une déshydratation plus importante et la perturbation de la vie du sol. De plus, en conditions humides, la charrue peut provoquer des lissages et des compactations, créant ainsi une semelle de labour. On veillera donc à ne sortir la charrue qu'en condition de sol ressuyé !

Le sous-solage et le décompactage

Ces outils servent à casser les semelles de labour – ou des zones compactes en profondeur – sans remonter les mauvaises terres, et à rendre de la perméabilité au sol (drainage). Ce travail est à réaliser seulement en sol sec en été et une fois tous les 4-5 ans. L'idéal est également qu'une culture y soit implantée pour éviter le lessivage des éléments fins. L'actisol est quant à lui un outil de fissuration. Si l'on souhaite décompacter avec celui-ci, il faut lui ajouter des ailettes.

Les pseudo-labours

Machine à bêcher (rotobêche)

Outil très bien adapté aux cultures maraîchères, car il fait un travail proche du labour, sans risque de lissage, tout en laissant une partie des résidus de culture en surface. Son seul inconvénient est sa vitesse d'avancement relativement lente et la mécanique de l'outil qui demande plus d'entretien. Cet outil devrait être plus souvent privilégié dans les fermes maraîchères.

Chisel, canadiens, cultivateur

En sol lourd, parfois un simple passage au cultivateur en hiver, lorsque le terrain se ressuie, accompagné d'un autre passage léger au printemps, suivi d'un passage de cultirateur, peuvent suffire si l'on intervient au bon moment et que la structure du sol de départ est en bon état.

Les travaux de reprise et les façons superficielles

Les travaux de reprise sont les travaux à mi-profondeur, destinés à homogénéiser le profil et à niveler le sol. Les façons superficielles sont destinées à préparer le lit de semences et les plantations. Les outils les plus couramment utilisés sont :

- La herse
- La herse rotative
- La fraise (rotovator)
- Le cultirateur

Les herses sont destinées à la préparation du lit de semences. Elles permettent de niveler le sol et de l'affiner, pour favoriser un bon contact entre la graine et la terre. Dans le cas de la herse rotative, la profondeur de travail sera réglée grâce au rouleau, et l'émiettement sera d'autant plus important que la vitesse des dents sera élevée.

La fraise a un travail d'émiettement très important. Les préparations trop fines favorisent la battance et détruisent la structure. Avec cet outil, le risque de lissage en condition humide et en sol compacté est très important, en raison de sa grande surface de contact avec le sol (voir figure 5).

Le cultirateur est un outil de préparation de sol. Il se compose de 2 rotors. Le premier ressemble à une fraise, avec des dents moins courbées et qui crée moins de lissage qu'une fraise classique. Le deuxième rotor éclate les mottes, nivèle et ratisse le sol en surface. Il tourne dans le sens inverse de la fraise. Suite au passage du cultirateur, l'état structural du sol sera intéres-



Figure 6 : Passage à la machine à bêcher lors de la formation sur « le travail du sol en maraichage » du 19 mars 2016

sant car il sera plus grossier dans le fond et plus affiné en surface.

Les itinéraires de travail du sol doivent également être adaptés aux cultures que l'on met en place. En règle générale, on effectue un travail profond pour les légumes racines. On affine ensuite la terre pour la production de pommes de terre ou bien on effectuera un léger travail de raffermissement en surface pour les betteraves, carottes, panais, etc. Ce raffermissement permettra un meilleur contact de la graine avec le sol et favorisera la pénétration du pivot dans le sol. Pour les légumes avec un développement racinaire fasciculé, un travail du sol entre 5 et 10 cm peut suffire. À nouveau, tout dépend de l'état structural de la parcelle ! Face à un ressuyage optimal et un bon état structural, on pourra facilement limiter les interventions mécaniques à cette profondeur.

CONCLUSION

Au fond, pourquoi travaille-t-on les sols ? Un sol maraicher qui ne serait jamais compacté, qui n'aurait pas d'adventices indésirables, qui ne serait pas tassé par la machine et le pied de l'homme, ne devrait en fait plus jamais être travaillé ! Utopie nous diriez-vous !

En matière de gestion du sol, on a pu voir qu'une grande diversité d'approches existent à ce jour et que beaucoup de questions persistent. Des points de vue parfois assez contrastés ont été manifestés au cours des différentes interventions. Y aurait-il autant de façons de faire que d'individus et de types de sol ?

Ce qui est frappant, c'est de voir à quel point le sol enregistre et garde en mémoire les actions qu'il subit. Retenons aussi qu'une même action, selon qu'elle est réalisée à un moment opportun ou non, peut fournir des résultats opposés : pouvant conduire tantôt à des résultats bénéfiques, tantôt à des résultats dommageables pour le sol.

Quelle que soit la méthode adoptée par le producteur, le maintien d'une structure du sol en agrégats grumeleux non compactés, sans signe d'asphyxie ni zone de lissage, reste l'enjeu majeur pour garantir une vie active et une bonne fertilité.

Il existe plusieurs leviers pour atteindre cela en maraichage : (i) l'entretien d'un profil de sol régulier et aéré par un travail du sol adéquat au bon stade de ressuyage avec les bons outils et (ii) l'entretien d'une activité biologique intense par l'apport d'une nourriture adéquate au sol ; l'un et l'autre pouvant s'influencer mutuelle-

ment, l'un pouvant compenser en partie l'autre.

En maraichage, un souci majeur concerne le contrôle des adventices et cet aspect semble souvent gouverner les actions que l'on inflige au sol, parfois à son détriment.

L'acquisition d'une plus grande fertilité des sols et d'une plus grande autonomie des systèmes vis-à-vis des intrants exigerait la mise en place périodique d'intercultures « fertilisantes » assurant des apports de carbone et d'azote d'origine atmosphérique.

La réduction du travail du sol en maraichage biologique semble plus difficile à mettre en œuvre qu'en grande culture, étant donné la difficulté, dans un contexte de production intensive, d'interrompre la culture de légumes avec des cultures régénératrices et nettoyantes, la nécessité d'avoir des sols très meubles, et enfin la diversité des productions. Certains se lancent pourtant dans l'aventure.

Pour continuer d'investiguer dans ce domaine, nous vous proposons une visite supplémentaire du Jardin des Peltier, organisée par François et Daniel Mulet, en Normandie, le 11 juillet 2016. Cette ferme maraichère en AB développe différentes techniques de non travail du sol adaptées au maraichage dit « maraichage sur sol vivant ». Pour plus d'informations concernant cette visite et le transport organisé, prenez contact avec nous. N'hésitez pas non plus à nous contacter pour toute question supplémentaire suite à ces formations. Faites-nous également part de vos envies pour de futures formations. Laurent Jamar (l.jamar@cra.wallonie.be ou 0473/542 406) et Prisca Sallets (prisca.sallets@biowallonie.be ou 0472/506 210).

1. Présentation de Bernard Godden et Donatienne Arlotti (absente) de « L'Unité fertilité des sols et protections des eaux du CRA-W », au sein de laquelle ils pratiquent des mesures quotidiennes d'activités biologiques des sols en relation avec la fertilité.
2. Dans le cadre du programme de recherches transversal en AB du CRA-W, l'Unité fertilité des sols mesure la capacité du sol à transformer l'azote organique en azote minéral – la nitrification potentielle des sols (voir aussi Itinéraires BIO n° 25, pages 20–24). Grâce à une modélisation bioclimatique, les résultats sont actuellement traduits en termes de quantité et de chronologie (moment de fourniture en azote minéral au champ).
3. Le Compostage des fumiers, une technique de valorisation des matières organiques en agriculture. Les Livrets de l'agriculture n° 20 P. Luxen, B. Godden et F. Rabier.
4. Anoxique : état où l'on observe une diminution de l'oxygène dissous ou présent et biodisponible pour le milieu

**Malterie
du Château®**

**Les Malts Bio
Château Nature**

Les Houblons Bio

**Une décision
pour la Nature**

*Parfaits pour la bière bio !
Parfaits pour le pain bio !
Bon pour la Nature !*

www.malterieduchateau.com
+ 32 (0) 87 480 221