

Lentement, l'humus va être minéralisé au long de chaînes alimentaires.

La première étape s'appelle **l'ammonification** :

Les bactéries *Azotobacter* et des champignons décomposent de matière organique du sol, ce qui libère de l'azote (N) sous forme d'ammoniac (NH_3) et du carbone (C) sous forme de gaz carbonique (CO_2).

Dans une seconde étape, **la nitrification**, l'ammoniac est oxydé :

Les bactéries *Nitrosomonas* oxydent l'ammoniac (NH_3) en nitrites (NO_2), puis les bactéries *Nitrobacter* oxydent les nitrites (NO_2) en nitrates (NO_3)

Les plantes vertes supérieures absorbent alors par leurs racines un maximum des ces nitrates, ce qui permet en définitive le fonctionnement cyclique de l'écosystème. La nutrition des végétaux chlorophylliens s'effectue à partir de matières minérales uniquement : eau, sels minéraux (nitrates (NO_3), phosphates...), gaz carbonique (CO_2).

On trouve les matières minérales à l'état naturel sur le globe terrestre, dans les roches, le sol, l'eau,.... Cette matière est composée de petites molécules comportant peu d'atomes ; ces atomes peuvent être très variés.

Les matières organiques sont fabriquées par les êtres vivants, animaux et végétaux ; ce sont aussi les matières qui composent les animaux et les végétaux dans leur presque totalité et qui leur servent de nourriture. Cette matière est composée de grosses molécules comportant beaucoup d'atomes ; ces atomes sont peu variés : carbone, hydrogène, oxygène et azote surtout. Elle comprend les glucides, les lipides, les protéines, etc.)

Les outils de travail du sol sont les premiers destructeurs du sol vivant. Il faut environ cinq ans pour restaurer la vie d'un sol mort. La première cause de la mort des sols est la compaction et le travail mécanique profond. Un sol compacté s'oppose à la pénétration des racines. Pour "ressusciter" les sols morts, une solution consiste à semer des engrais verts et à pratiquer le paillage de façon à laisser un maximum de résidus frais de plantes en surface.

La perméabilité de surface et la capacité de rétention en eau du sol favorisent l'infiltration et donc s'opposent au ruissellement. Le flux d'infiltration dépend de l'état de surface et du système de porosité, eux-même conditionnés par la compacité, la fissuration et l'activité biologique (macropores, galeries). Sous l'action des pluies, la surface du sol passe d'un état fragmentaire poreux et meuble à un état plus continu et compact. La couche superficielle forme une croûte de battance qui diminue la vitesse d'infiltration donc favorise le ruissellement. Les croûtes de battance se développent surtout sur les sols limoneux: la vitesse d'infiltration peut passer de plusieurs dizaines de mm par heure à moins de 1 mm par heure lorsque s'est formée la croûte de battance; l'eau ruisselle alors que le sol n'est pas saturé en eau en profondeur L'histoire hydrique du sol intervient également: un sol saturé par une précipitation ne pourra absorber la précipitation suivante. La profondeur du sol joue aussi un rôle: un sol peu épais sur une roche imperméable sera une zone de ruissellement favorisée une zone de ruissellement favorisée.

L'humus est la couche supérieure du sol créée et entretenue par la décomposition de matière organique. L'humus est une matière souple et aérée, qui absorbe et retient bien l'eau. Le PH peut être variable si la matière organique est liée ou non à des minéraux et varie selon qu'il s'agit d'un humus forestier, de prairie ou de sol cultivé. Il est le plus souvent présent en zone tempérée et il est absent dans les déserts et dans tout milieu dépourvu de végétation. L'humus qui possède une capacité d'échange naturel ainsi que sa décomposition qui offre aux racines des plantes de l'azote, du phosphore et tous les éléments nutritifs indispensables à la croissance des végétaux. Des micro-organismes et des invertébrés produisent ainsi de l'humus.

Il y a eu avant 1780, schématiquement, deux écoles :

1) celle qui mettait l'accent sur la préparation de la terre mise en culture, notamment grâce aux travaux aratoires, ceux-ci améliorant l'alimentation en favorisant l'aération de la terre cultivée, ainsi que les contacts entre le sol et la plante par l'intermédiaire des racines. C'est la théorie de l'anglais Jethro Tull (1733) reprise en France par Duhamel du Monceau (1750-1756) et dont la formule condensée est : « un bon labour vaut mieux qu'un apport de fumier » ;

2) la deuxième école insistait sur l'impérieuse nécessité de procéder à une restitution d'aliments au sol, notamment par un apport extérieur et en particulier du fumier de ferme dont les effets bénéfiques étaient connus depuis l'Antiquité, ce qui s'est traduit ultérieurement sous la forme lapidaire : « le fumier est le seul engrais valable ».

La nature de l'apport organique est un facteur fondamental à prendre en compte. Les seules matières organiques pouvant faire de l'humus stable sont la cellulose et la lignine et elles sont évidemment les plus difficiles à minéraliser. De manière plus générale, un apport organique ne peut pas à la fois minéraliser facilement et faire de l'humus stable. Les produits d'origine animale, les tourteaux et les plantes jeunes sont de type minéralisant et sont capables de stimuler l'activité microbienne mais ne constitueront jamais une source d'humus stable. Inversement, les produits pailleux ou ligneux sont de type stabilisant, c'est-à-dire qu'ils sont une source d'humus stable mais ne stimuleront jamais l'activité biologique intense. De ce point de vue, il faut rappeler que le compostage consiste en une stabilisation de la matière organique : plus il est poussé loin, moins l'activité microbienne du sol sera favorisée.

Dans les sols agricoles, c'est surtout la matière organique transformée (humus au sens strict) qui joue le rôle fondamental : d'abord elle assure la structure en agrégats, donc l'aération du sol, et favorise une économie favorable de l'eau et de l'air ; elle rend ainsi perméables les sols à granulométrie déséquilibrée (sols argileux ou limoneux, souvent tassés, dits battants) ; inversement, elle augmente la capacité de rétention de l'eau dans les sols qui sont au contraire trop perméables ou dépourvus d'éléments fins (sables).

Sur le plan chimique, grâce à la formation du complexe argilo-humique, l'humus constitue la partie essentielle du complexe absorbant et retient les engrais ou les amendements minéraux (par exemple à base de potassium, calcium, magnésium) incorporés au sol. Enfin, sur le plan physiologique, il stimule l'absorption, par les racines, du phosphore et de l'azote. Dans les sols agricoles, surtout ceux qui sont caractérisés par une granulométrie mal équilibrée, le maintien d'un taux humique constant, par l'usage des engrais verts et l'incorporation d'amendements organiques, est nécessaire au maintien de la fertilité.

La principale remise en cause a été celle du labour. Le labour profond inventé sous des climats tempérés, détruit l'humus, les complexes argilo-humique et favorise le lessivage des sols et peut rendre stériles des terrains entiers. Parfois on parle de « non labour » (ou « culture sans labour » pour désigner les techniques culturales simplifiées (TCS). On s'est rendu compte que le labour améliore au départ les rendements mais qu'au fur et à mesure son efficacité diminue, et il devient nécessaire de labourer de plus en plus profond. Le labour a pour conséquence d'augmenter l'érosion et de faire chuter les taux de matière organique du sol. Les TCS, comme les techniques utilisant le bois raméal fragmenté (BRF), proposent de sortir de ce cercle vicieux.

Les TCS préconisent de laisser dans les champs les débris végétaux, chaumes et pailles, pour limiter l'érosion des sols. Cela favorise le développement de la microfaune, et notamment les vers de terre, qui ameublissent la terre à la place de l'agriculteur. Un travail superficiel du sol avant le semis sera, selon les cas, plus ou moins nécessaire. Cela peut aller d'une préparation très sommaire juste sur la ligne de semis, le semis direct, jusqu'à un déchaumage complet sur l'intégralité de la surface. Ces techniques évitent d'exporter les éléments minéraux nutritifs contenus dans les pailles et contribuent à la durabilité du système.

Claude Bourguignon : Sur l'ensemble de l'Europe, environ 90% de l'activité biologique des sols cultivés a été détruite par l'agriculture intensive. Je dis bien : détruites. Les zones les plus ravagées sont l'arboriculture et la vigne. Or l'activité biologique des sols est indispensable pour l'écosystème. Le sol est une matière vivante : sur trente centimètres d'épaisseur, il concentre 80 % des êtres vivants de la planète. Les vers de terre, à eux seuls, pèsent plus lourd que tous les autres animaux du monde réunis. Mais les sols abritent aussi des bactéries, des champignons et une myriade d'organismes qui se nourrissent de la matière organique. Or en Europe, le taux de matière organique du sol est passé de 4 % à 1,4 % en cinquante ans. Comme toute la vie du sol en dépend, l'écosystème s'écroule : la flore et la faune. Le sol est un monde microbien que l'on a d'autant plus négligé qu'il ne coûte rien... Les microbes sont fondamentaux pour la vie. Sans ces intermédiaires, les plantes ne peuvent pas se nourrir. Les bactéries des sols fixent l'azote de l'air pour faire des nitrates. Gratuitement ! L'homme, lui, utilise 10 tonnes de pétrole pour fixer une tonne d'azote. Qu'il vend. Cher.

L'origine du carbone intervenant dans la nutrition carbonée a fait l'objet des plus grandes divergences. En bref, la question était la suivante : le carbone des plantes vient-il de l'air ou bien du sol par l'intermédiaire de l'humus issu de la décomposition des résidus végétaux ? Les travaux expérimentaux de Ingenhousz (1779), de Virey (1803), puis surtout de Senebier (1782) et de de Saussure (1804) font apparaître nettement que le carbone vient de l'air, et que cela résulte de la fixation du CO₂ en relation avec le processus de photosynthèse.

En revanche, pour Wallerius (1761), Hassenfratz (1792), puis Patrin (1803), la source du carbone des plantes se trouve avant tout dans l'humus, c'est-à-dire dans la fraction organique de la terre végétale. Cette vision s'insère dans ce qu'on a appelé « la théorie de l'humus » qui fait venir du sol (humus) l'alimentation carbonée des plantes ; c'est d'ailleurs la vision générale reprise et développée par le grand agronome allemand Thaer (1811-1816, édition en français) qui perdurera plus ou moins dans beaucoup d'esprits jusqu'en 1840. Le carbone proviendrait pour ces différents auteurs de la dissolution du charbon de la matière végétale du sol aboutissant à des solutions nutritives contenant du carbone soluble.

1. Pourquoi, autrefois, les paysans mettaient-ils du fumier dans les champs (représentations ; mise en place de la controverse))
2. Documents (par deux) ; vous devez extraire un argument et l'argumenter de la façon la plus solide possible (saisie d'information ; raisonnement argumenté)
3. Construction d'un protocole ; vous êtes des collaborateurs de l'INRA.

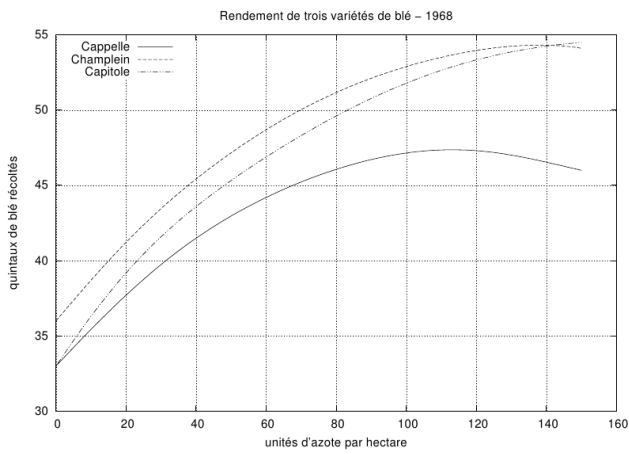


FIGURE 2: L'apport d'engrais azoté augmente le rendement

Les trois courbes correspondent à trois variétés de blé, cultivées dans les années 60 dans les plaines céréalières du Bassin parisien.

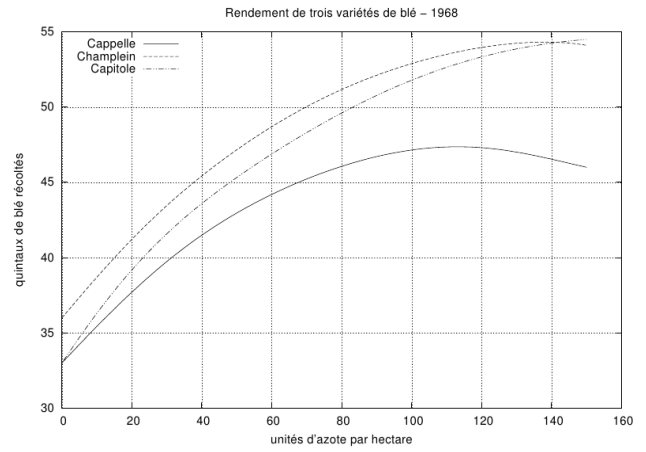


FIGURE 2: L'apport d'engrais azoté augmente le rendement

Les trois courbes correspondent à trois variétés de blé, cultivées dans les années 60 dans les plaines céréalières du Bassin parisien.

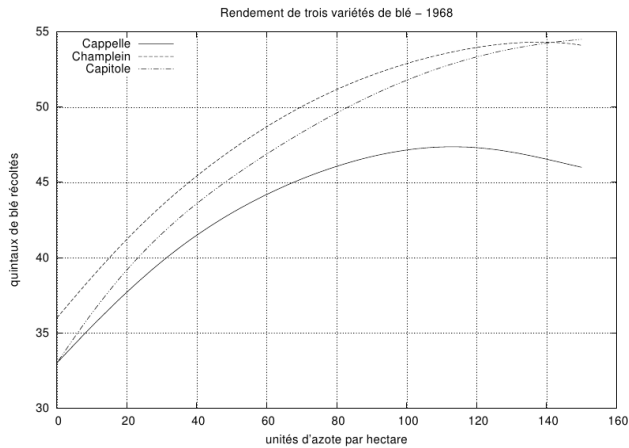


FIGURE 2: L'apport d'engrais azoté augmente le rendement

Les trois courbes correspondent à trois variétés de blé, cultivées dans les années 60 dans les plaines céréalières du Bassin parisien.

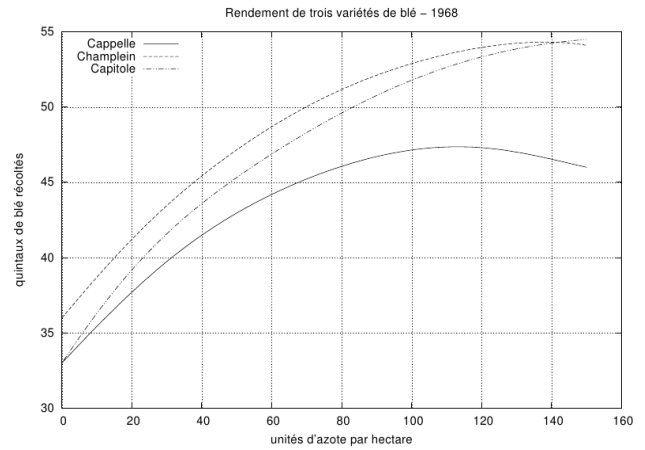


FIGURE 2: L'apport d'engrais azoté augmente le rendement

Les trois courbes correspondent à trois variétés de blé, cultivées dans les années 60 dans les plaines céréalières du Bassin parisien.