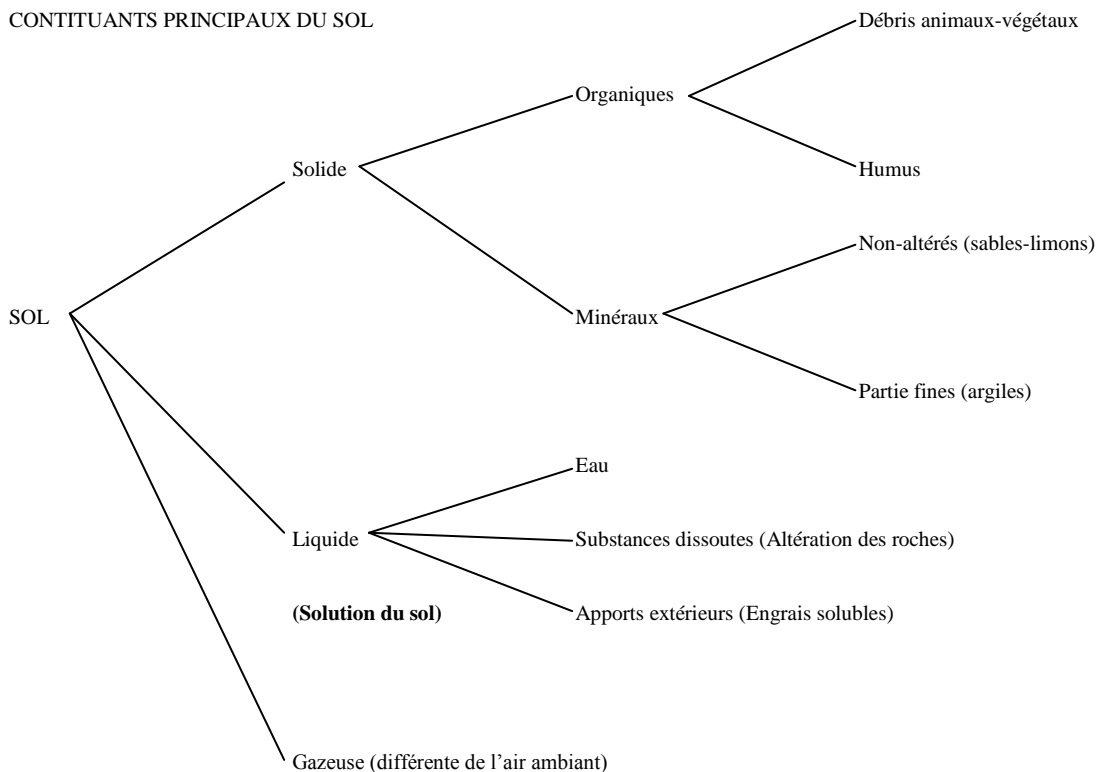


Rien ne se perd, rien ne se crée tout se transforme

SOL

Tout d'abord il faut considérer le sol comme un milieu vivant dont des milliers de microorganismes et de processus chimiques interagissent entre eux pour ainsi façonner leur propre environnement. Ce milieu origine de la roche mère (la base) est bombardé d'intrant de toute part, il se transforme et évolue dans le temps. Je considère le sol comme la **solution du sol**. (Compare à une ville)

CONTITUANTS PRINCIPAUX DU SOL



TEXTURE : (Grosueur des particules)

Sableuse : sol bien aéré, facile à travailler, pauvre en réserves d'eau, pauvre en éléments nutritifs, faible **capacité d'échange cationique** et anionique. **Grosueur >50 microns**

Limoneuse : Une structure massive, accompagnée de mauvaises propriétés physiques. Se corrige par une teneur suffisante en **humus** et en **calcium**. Les particules comprises entre 2 et 50 microns, n'ont pas les propriétés "collantes" de la fraction fine, mais sont toutefois assez fines pour colmater les pores grossiers. D'où manque d'aération et de perméabilité.

Grosueur entre 2 et 50 microns

Argileuse : sol chimiquement riche mais à mauvaises propriétés physiques ; milieu imperméable et mal aéré; travail du sol difficile en raison de la forte plasticité (état humide) ou de la compacité (état sec). Une bonne structure favorisée par **l'humification** corrige en grande partie ces propriétés défavorables. **Grosueur < 2 microns**

NOUS VERRONS PLUS LOIN QUE LES TEXTURES DÉFAVORABLES PEUVENT ÊTRE CORRIGÉES PAR L'ÉTABLISSEMENT D'UNE STRUCTURE FAVORABLE

Tests pour déterminer la texture d'un sol :

Test tactile (méthode approximative)

Texture du sol	Sol sec	Sol humide
Sols sableux	<ul style="list-style-type: none"> • Les grains de sables sont visibles à l'œil nu. • Le sol coule entre les doigts comme du sucre. • Le sol est très granuleux et abrasif. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le sol se modèle très difficilement, il se brise au toucher. • Le sol ne colle pas entre les doigts; il est rude et abrasif au toucher.
Sols limoneux	<ul style="list-style-type: none"> • Le sol a une apparence poudreuse ou farineuse. • Le sol est doux au toucher. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le sol est très doux et glissant comme du savon. • Il est possible de former un ruban avec la terre en le roulant entre les mains; le ruban se casse si on essaie de le plier. • Le sol est peu collant.
Sols argileux	<ul style="list-style-type: none"> • Le sol est formé de mottes très dures, difficiles à briser. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le sol est très collant; il est lisse et brillant. • Le sol se modèle très facilement; il est possible de former de longs rubans flexibles en roulant la terre entre les mains.
Sols loameux	<ul style="list-style-type: none"> • Le sol est un peu granuleux. • Le sol peut être manipulé avec précaution, sans en briser les mottes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le sol colle un peu et il est un peu granuleux. • Si on roule la terre entre les mains, on peut former un ruban; ce dernier se fendille un peu.

Test du bocal d'eau (méthode approximative)

Il s'agit de placer une ou deux tasses de sol sec dans un bocal en verre transparent d'environ 1 litre et d'ajouter de l'eau jusqu'à ce qu'il soit presque plein. On agite ensuite vigoureusement le mélange pendant quelques minutes, puis on laisse reposer pendant au moins 24 heures, l'argile prend plusieurs jours à se déposer (l'ajout de 2 c. à thé de sel de table aide l'argile à se déposer plus rapidement).

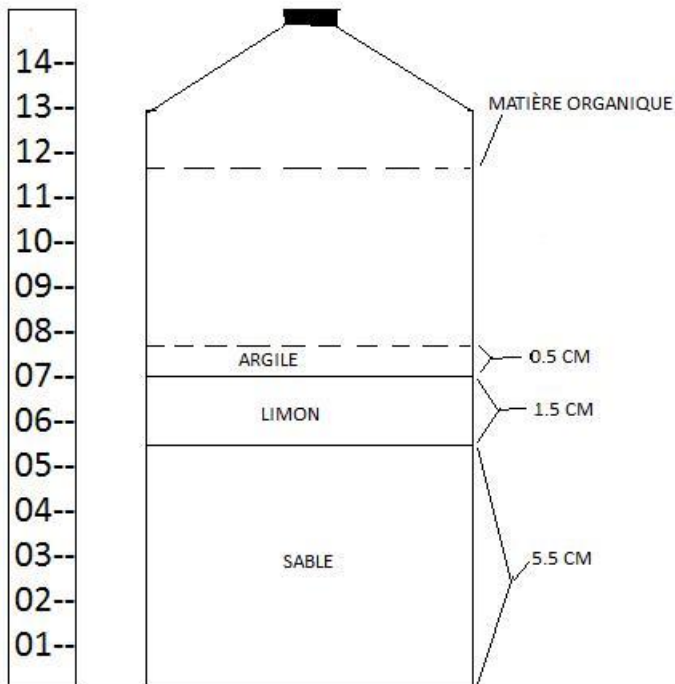
Peu à peu, le mélange se stratifie en couches successives: le sable se dépose au fond du bocal, le limon forme la couche intermédiaire et l'argile se dépose sur le dessus. La matière organique flotte à la surface de l'eau.

Selon l'épaisseur des couches, il est possible de calculer le pourcentage de chaque élément.

% de sable : $(\text{épaisseur de la couche de sable} \times 100) \div \text{épaisseur totale du sol dans le bocal}$

% de limon : $(\text{épaisseur de la couche de limon} \times 100) \div \text{épaisseur totale du sol dans le bocal}$

% d'argile : $(\text{épaisseur de la couche d'argile} \times 100) \div \text{épaisseur totale du sol dans le bocal}$



Exemple :

Le bocal suivant contient environ 73% de sable, 20% de limon et 7 % d'argile. Le sol est de **texture sableuse**.

$$\% \text{ sable} = (5,5 \text{ cm} \times 100) \div 7,5 \text{ cm} = 73 \%$$

$$\% \text{ limon} = (1,5 \text{ cm} \times 100) \div 7,5 \text{ cm} = 20 \%$$

$$\% \text{ argile} = (0,5 \text{ cm} \times 100) \div 7,5 \text{ cm} = 7 \%$$

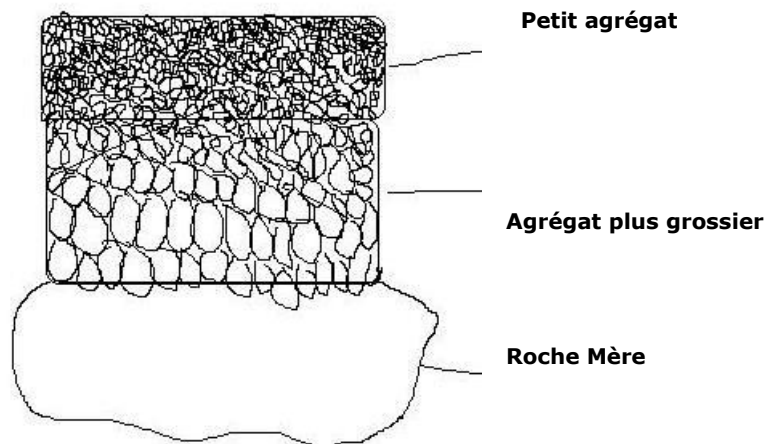
On détermine ensuite à quel groupe appartient le sol en se référant au tableau suivant :

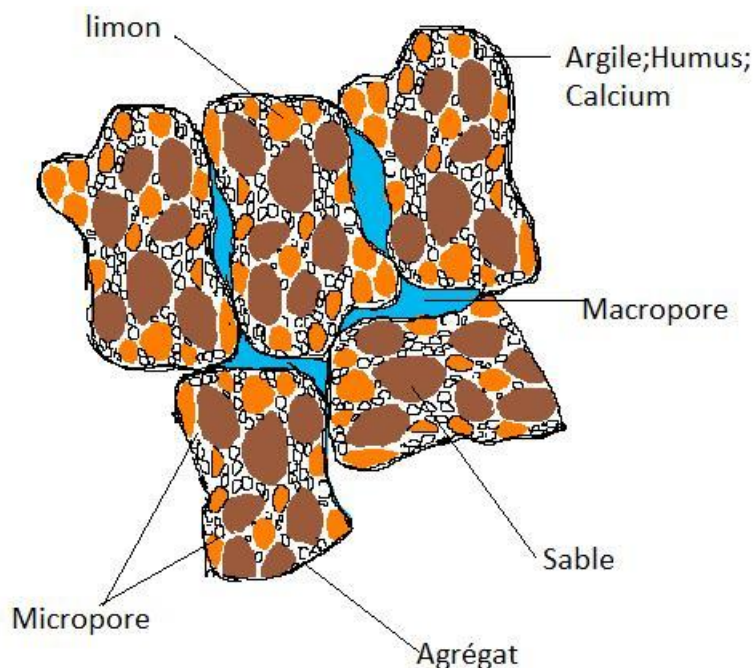
Texture du sol	% de sable	% de limon	% d'argile
Sols sableux	70 et plus	0 à 30	0 à 15
Sols limoneux	0 à 20	80 et plus	0 à 15
Sols argileux	0 à 45	0 à 40	25 et plus
Sols loameux	40 à 60	30 à 50	15 à 25

Structure : C'est le mode d'assemblage des constituants du sol à un moment donné.
Elle influence la fertilité du sol.

La destruction de la roche mère constitue la source principale des matériaux du sol. Les actions mécaniques des agents d'érosion produisent des fragments identiques à la roche d'origine. Les phénomènes chimiques donnent des solutions qui fournissent les éléments pour former de nouveaux minéraux dans le sol. **La contribution des organismes, sous forme d'humus, permet la formation d'un sol.**

Tranche de sol :





La structure grumeleuse comporte de nombreux avantages :

- Une bonne rétention de l'eau et des éléments nutritifs,
- Un bon drainage,
- Une bonne aération,
- Un bon développement du système racinaire des végétaux,
- Un travail facile du sol,
- Un réchauffement rapide du sol au printemps,
- Une bonne activité biologique du sol,
- Une bonne résistance à l'érosion et à la compaction.

Dans un sol bien structuré, les particules de sable et de limon sont liées en agrégats (petites mottes) par l'argile, l'**humus** et le calcium. Les grands espaces vides entre les agrégats (macropores) permettent à l'eau et à l'air de circuler et aux racines de s'enfoncer dans le sol. Les petits espaces vides (micropores) retiennent l'eau dont les plantes ont besoin. Cette structure « idéale » est appelée **structure grumeleuse**.

Les sols argileux, sableux et limoneux présentent rarement une structure idéale. On peut toutefois les améliorer en incorporant des **amendements**.

Sols sableux : On améliore la structure des sols sableux en les amendant régulièrement avec de la matière organique sous forme de **compost** ou de **fumier composté**. Il est préférable d'incorporer ces amendements au début du printemps, car le travail des sols

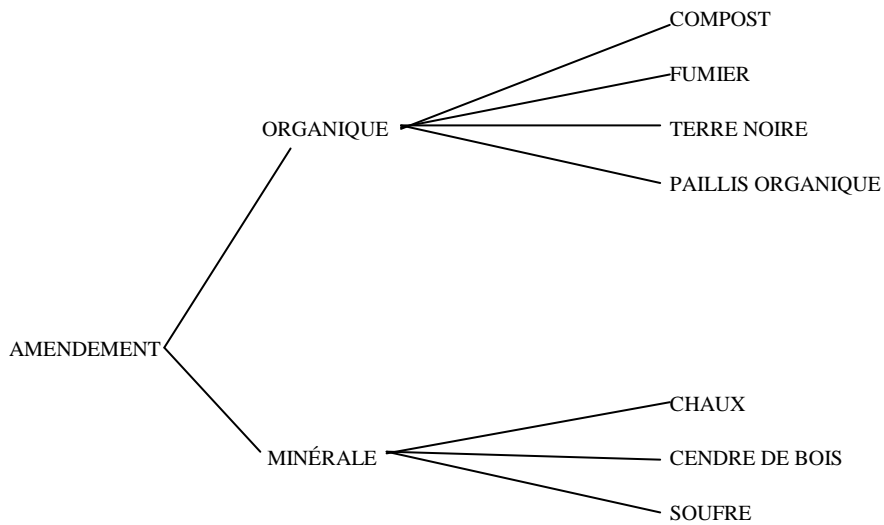
sableux à l'automne favorise leur érosion. Également, dans ces sols, l'ajout de **basalte** est un élément qui contribue à améliorer la rétention d'eau et de minéraux.

Sols argileux : On améliore la structure des sols argileux par des apports en matières organiques sous forme de compost ou de fumier composté; préférablement à l'automne. Les sols argileux mal drainés peuvent aussi être amendés avec une terre sableuse. L'alternance du gel et du dégel aura pour effet de fissurer les mottes de terre. Au printemps, ces dernières pourront être réduites en petits agrégats, ce qui favorisera l'obtention d'une structure grumeleuse. Les sols argileux bien structurés doivent être peu travaillés. **Certains sols argileux sont très riches en sodium**, ce qui nuit à l'agrégation des particules minérales. Il est possible d'améliorer la structure de ces argiles riches en sodium en y incorporant du gypse (si leur pH est neutre ou alcalin) ou de la chaux (si leur pH est acide).

Sols limoneux : On améliore le drainage et l'aération des sols limoneux par des apports importants de matières organiques, sous forme de compost ou de fumier composté. Il est préférable d'incorporer ces amendements à la fin de l'automne.

Les principaux amendements

Les amendements sont des substances que l'on incorpore au sol afin d'en **améliorer les propriétés physiques, chimiques et biologiques**. On peut les regrouper en deux catégories : les **amendements organiques** et les **amendements minéraux**.



Les amendements organiques

Compost

Le compost est le résultat de la fermentation et de l'humification de fumiers d'animaux, de feuilles mortes, de rognures de gazon, de déchets de cuisine (végétaux et coquilles d'œuf), de résidus de culture, etc. Le compost est à la fois l'amendement et le fertilisant par excellence au jardin : **ilensemence le sol en micro-organismes, il sert d'abri et de nourriture à ces derniers, il améliore la structure du sol, il équilibre le pH et il fournit les éléments nutritifs essentiels aux végétaux. Comme ces éléments sont libérés de façon graduelle, les plantes bénéficient d'une source de nourriture en continue.**

****Il faut éviter d'appliquer le compost pendant les périodes de canicule et pendant la période d'aoûtement.**

Fumier

Le fumier est composé de déjections animales. Le fumier frais ne doit pas être utilisé car il peut brûler les végétaux avec lesquels il entre en contact. Il est préférable de le composter ou de le laisser décomposer (2 ans) avant de l'utiliser.

Le fumier composté constitue un amendement et un fertilisant tout usage pour le jardin. On l'applique au printemps dans les sols sableux (diminue les pertes d'éléments par lessivage) ou à la fin de l'automne dans les autres types de sol. Il faut éviter de l'appliquer pendant les périodes de canicule et pendant la période d'aoûtement.

Il est recommandé de mélanger le fumier composté au sol quelques semaines avant le semis.

Engrais	N (azote)	P (phosphore)	K (potassium)	COMMENTAIRE
Fumier de vache	4	1	4	
Fumier de cheval	6	1	5	
Fumier de porc	4	1	5	
Fumier de poule	24	10	17	
Fumier de mouton	8	1	7	
Fumier de lapin	24	5	0.5	
Cendre de bois	0	1	10	
OS MOULU	2	22	0	Contient du calcium- semis-repiquage-plantation
Farine de poisson	9	12	4	
Urée	46	0	0	
Farine de sang	12	0	0	Action rapide et persistante- Incorpore au compost
FARINE DE PLUME	13	0	0	Complément au compost – libère en 140 jours
FARINE D'ALGUE	3	0	0	Plusieurs oligo-éléments – résistance aux maladies
ALGUE LIQUIDE	2	1	0	Croissance et stress (vent-froid-sècheresse-transplant)
ÉMULSION DE POISSON	5	1	1	Reprise au printemps- carence en saison

***Les pourcentages d'azote, de phosphore et de potassium sont approximatifs

Terre noire

Il s'agit en fait de tourbe de sphaigne à un niveau de décomposition très avancé (tourbe noire). **Elle est acide et pauvre en éléments nutritifs et elle contient de nombreuses graines de plantes indésirables.**

Paillis organiques

Les paillis végétaux agissent aussi comme des amendements. **Avec le temps**, ils se décomposent, s'incorporent au sol et lui apportent de la matière organique.

Les paillis à décomposition rapide (feuilles mortes déchiquetées, écales de sarrasin ou de cacao, etc.) peuvent aussi servir de fertilisants.

Les bois raméaux fragmentés (BRF)

Les BRF sont des rameaux ou des branches d'arbres (feuillus ou conifères) de moins de 7 cm de diamètre, qui ont été déchiquetés.

Les bois raméaux fragmentés améliorent sensiblement **la structure de tous les types de sol** et fournissent une quantité appréciable d'éléments nutritifs en se décomposant.

Conseils d'utilisation

- Idéalement, les copeaux de bois devraient mesurer entre 2 et 4 cm.
- Le paillis de BRF doit être appliqué à l'automne. Si on l'applique au printemps, il y aura une pénurie d'azote dans le sol pendant environ 2 mois, ce qui sera néfaste pour les végétaux.
- Il est recommandé d'appliquer une couche de paillis de BRF de 5 à 10 cm d'épaisseur dans les aires de plantation.

Les amendements minéraux

Chaux

La chaux réduit l'acidité du sol en fonction de la quantité qui y est appliquée. Comme cet amendement fournit du calcium, il favorise la formation d'agrégats dans les sols compacts, ce qui les allège. Pour les sols manquant de magnésium, on utilise la chaux dolomitique (Ca + Mg).

La chaux se dégrade lentement et son effet peut durer de 3 à 4 ans selon la quantité qui a été appliquée et le type de sol.

La chaux peut être appliquée à peu près à n'importe quel moment de l'année, mais la période la plus propice est d'août à octobre. Il est à noter qu'il faut attendre au moins un mois avant d'épandre des **engrais** sur un sol qui a été chaulé.

Cendres de bois

Les meilleures cendres de bois pour amender le sol proviennent de la combustion du bois franc. Ces cendres sont les plus riches en **minéraux**. Elles apportent une quantité appréciable de **calcium**, de **potassium**, de **phosphore** et plusieurs **oligo-éléments**. Les cendres de bois ont un grand pouvoir **alcalinisant dû à leur contenu élevé en calcium**. Elles agissent **rapidement** sur le sol, mais leur effet est de courte durée.

Les cendres de bois doivent être incorporées au sol ou au compost au printemps. Les cendres de bois sont très solubles et **salines**. Une quantité excessive de sels dans le sol empêche la croissance des végétaux et cause souvent **la mort des microorganismes**. L'application répétée de grandes quantités de cendres peut également entraîner une **accumulation d'éléments toxiques** (plomb, cadmium) dans le sol et nuire à l'assimilation des minéraux par les plantes. Il est donc recommandé d'utiliser cet amendement avec modération. Les cendres issues des feux de brousse ne produisent que des sels minéraux **sans l'humus**.

Soufre

On l'utilise pour acidifier le sol. Le soufre agit à moyen et long terme sur le sol. Le soufre peut être appliqué au printemps ou à l'automne.

Amendements	Fertilisants de source organique
Compost (matière organique décomposée : feuilles mortes, déchets végétaux de table, gazon coupé)	Farine de sang, plume, poisson, crevettes, crabe
Mousse de tourbe (sphaigne)	Émulsion d'algues et de poisson
Chaux : aide au complexe argilo-humique	Gluten de maïs
Engrais vert	Poudre d'os (bon pour le système racinaire)
Fumier	Rognures de gazon (Azote)
Argile	Farine de luzerne
Sable Vermiculite (mica)	Fertilisants de source minérale
	Sul-po-mag
	Calcium
	Basalte
	Phosphate de roche
	Chaux dolomitique ou calcique
	Autres
	<u>Mycorhize</u> : activateur de croissance

Les principaux fertilisants (engrais)

Pour croître et demeurer en santé, les végétaux ont besoin de nombreux **éléments nutritifs**. Certains de ces éléments proviennent de l'eau et de l'air, mais la majorité sont extraits du sol, via le travail des micro-organismes. **La tâche du jardinier consiste donc à nourrir la terre et ses organismes vivants, qui à leur tour nourriront les plantes.**

La meilleure façon de nourrir le sol est d'y incorporer régulièrement du **compost** ou du **fumier composté**. En utilisant différents types de composts et de fumiers au fil des ans, on s'assure que les plantes auront accès à une **gamme complète d'éléments nutritifs**.

Les engrais servent de **compléments** au compost ou au fumier composté. Ils sont principalement utilisés dans les situations suivantes :

- les résultats de l'analyse de sol indiquent une carence minérale,
- on doit remettre sur pied une plante qui a subi un grand stress (maladie, ravageurs, sécheresse, taille excessive, transplantation, etc.),
- on désire augmenter le rendement et la vigueur des végétaux,
- les plantes cultivées sont très exigeantes en fertilisants,
- **les plantes sont cultivées en pots ou en contenants.**

Engrais organiques

Les engrais organiques sont généralement d'origine **animale ou végétale**. Ils proviennent des déchets industriels, tels que des déchets d'abattoirs: **sang desséché, corne torréfiée, déchets de poissons, boues d'épuration des eaux**. Ils sont intéressants pour leur apport en **azote à décomposition relativement lente**, et pour leur action favorisant la **multiplication rapide de la microflore du sol**, mais **n'enrichissent guère le sol en humus** stable.

Engrais minéraux (synthétiques)

Les engrais minéraux sont des substances d'origine minérale, produites par l'industrie chimique, ou par l'exploitation de gisements naturels de **phosphate** et de **potasse**.

L'appellation des engrais minéraux est normalisée, par la référence à leurs trois composants principaux: **NPK**. Les engrais chimiques produits industriellement contiennent une quantité minimale garantie d'éléments nutritifs, et elle est indiquée sur le sac.

Les engrais synthétiques sont issus de substances transformées chimiquement. Les éléments nutritifs qu'ils libèrent sont immédiatement assimilables par les plantes, sans l'intervention de la vie biologique du sol. Ainsi, **ils nourrissent la plante, mais ils n'améliorent pas la fertilité du sol à plus long terme**.

Signification des trois chiffres d'un engrais

Les trois chiffres indiqués sur les sacs d'engrais représentent, dans l'ordre, les pourcentages d'azote (N), de phosphore (P) et de potassium (K) contenus dans l'engrais.

Exemple : L'engrais 15-15-30 contient 15% d'azote, 15% de phosphore et 30% de potassium.

Azote	15% de 30 kg	= 4,5 kg
Phosphore	15% de 30 kg	= 4,5 kg
Potassium	30% de 30 kg	= 9 kg
Total	60% de 30 kg	= 18 kg

Le reste du sac (12 kg ou 40%) peut contenir des éléments secondaires, des oligo-éléments, des impuretés ou des matériaux de remplissage.

- L'azote (N) est apporté sous forme de **nitrate NO₃**, d'**ammoniaque NH₄** ou d'urée. Les contraintes d'entreposage de la forme nitrate incitent les distributeurs d'engrais à

se tourner vers des formes ammoniacales uréiques.

- Le phosphore est exprimé sous la forme P_2O_5 , mais est apporté sous forme de phosphates de calcium ou d'ammonium.
- Le potassium est exprimé sous la forme K_2O , mais est apporté par du chlorure de nitrate et du sulfate de potassium.

Les engrais doivent être utilisés avec précaution. Il est généralement suggéré

- d'éviter les excès, car au-delà de certains seuils les apports supplémentaires, risquent d'être toxiques pour les plantes, particulièrement en oligo-éléments, et de nuire à l'environnement;
- de maîtriser leurs effets sur l'acidité du sol; (Source d'engrais acidifiant ou basifiant)
- de tenir compte des interactions possibles entre les éléments chimiques
- de tenir compte des besoins nécessaires à la production.

Les doses recommandées varient en fonction de la **culture**, de la **variété utilisée**, du **type de sol**, du **climat**, etc.

Le risque environnemental le plus cité est celui de la pollution de l'eau potable (eutrophisation) ; lorsque les engrais organiques ou minéraux répandus en trop grande quantité par rapport aux besoins des plantes et à la capacité de rétention des sols, sont entraînés vers la nappe phréatique par infiltration, ou vers les cours d'eau par ruissellement.

Plus généralement, les conséquences de l'utilisation des engrais, qui peuvent comporter des risques sont les suivantes :

- effets sur la fertilité des sols, leurs structures, l'humus et **l'activité biologique**
- effets sur l'érosion
- effets liés au cycle de l'azote et à la toxicité des nitrates dans l'eau potable
- effets liés à la dégradation des engrais inutilisés, qui émettent des **gaz à effet de serre**, oxydes d'azote (N_2O et N_2O_4), dans l'atmosphère
- effets liés au cycle du phosphore ;
- effets liés aux autres éléments nutritifs : potassium, soufre, magnésium, calcium, oligo-éléments
- effets liés à la présence de **métaux lourds : cadmium, arsenic, fluor**, ou d'éléments radioactifs, plus présents dans les phosphates, et dans les lisiers de porc par les métaux lourds ;
- effets sur les **parasites** des cultures
- eutrophisation des eaux douces et marines
- effets sur la qualité des produits (goût)
- pollution émise par l'industrie de production des engrais
- utilisation d'énergie non renouvelable
- épuisement des ressources minérales

Engrais naturels minérales

Basalte (Bio-Roche) –roche volcanique- (0-0-4)

En plus de fournir du magnésium, du calcium, du potassium et des oligo-éléments, le basalte est riche en silice, un minérale qui améliore la résistance des plantes aux insectes, aux maladies fongiques et à la sécheresse. Le basalte neutralise également les pH trop acides ou trop alcalins et favorise la rétention d'eau et d'éléments nutritifs dans les sols sableux.

Mica –retrouve, roche sédimentaire-éruptive-métamorphique (0-0-10)

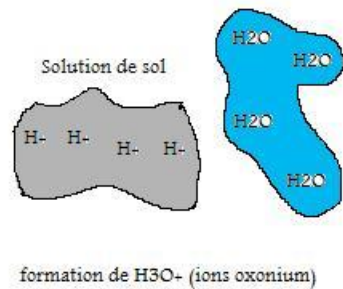
Le mica est riche en potassium et en magnésium. On l'utilise en mélange avec le compost ou on l'incorpore au sol.

PH:

Le **potentiel hydrogène (pH)** mesure l'**activité chimique** des **ions hydrogènes** (H^+) en solution ; il mesure donc sont acidité ou sa basicité. Le **pH**, c'est le paramètre servant à définir si un milieu est **acide** ou **basique**. Il est la mesure du nombre d'ions d'hydrogène (H^+) présents dans le sol. Le pH est mesuré sur une échelle logarithmique de 0 à 14. Plus le chiffre est élevé, moins le sol est acide ou plus il est alcalin; plus le chiffre est bas, plus le sol est acide. Selon l'échelle **logarithmique**, un pH de 6,0 est dix fois plus acide qu'un pH de 7,0. **Le pH du sol représente le degré d'acidité d'un sol.**

Dans un milieu aqueux à 25 °C, une solution avec un pH :

- pH < 7 (acide)
- pH > à 7 (basique)
- pH = 7 (neutre)

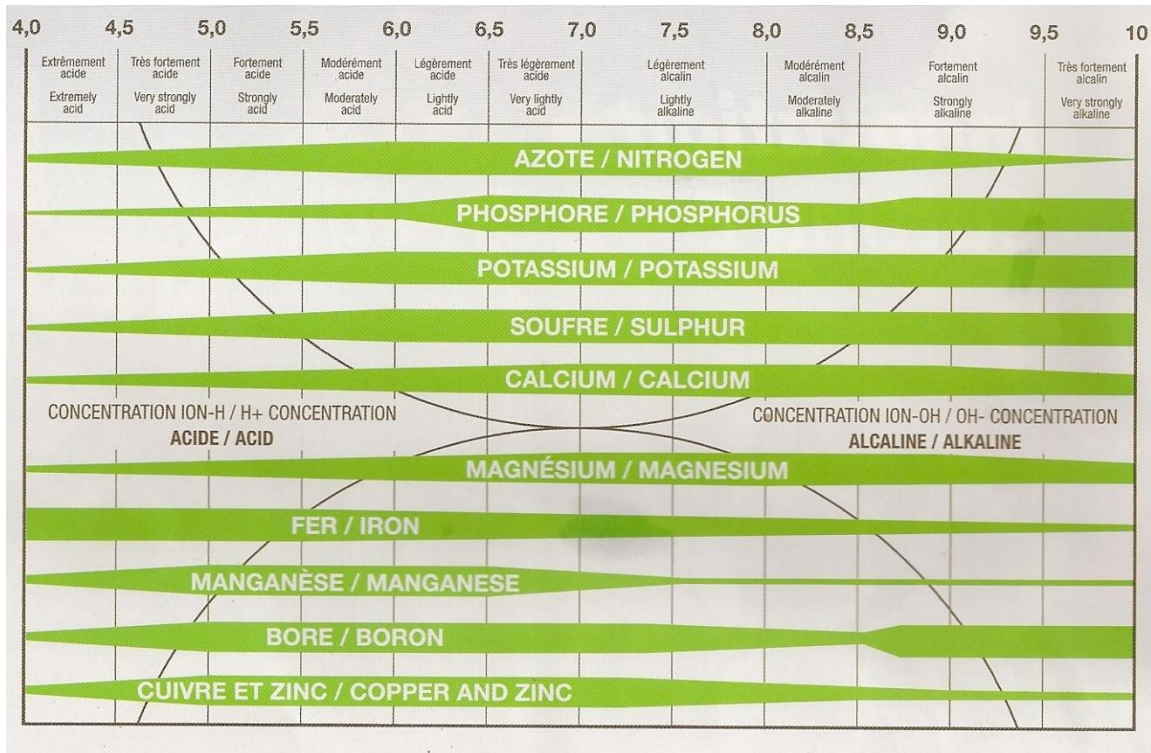


La valeur du pH d'une solution est directement liée à sa concentration en ions oxonium H_3O^+ qui proviennent de la fixation d'un proton H^+ sur une molécule d'eau. Un milieu acide (correspond à un pH faible) présente une forte concentration en ions oxonium. Une solution aqueuse est considérée acide quand elle contient plus d'ions H_3O^+ que l'eau pure.

En règle générale, l'ajout d'un acide diminue le pH d'une solution neutre ou basique; inversement, l'ajout d'une base augmente le pH d'une solution acide ou neutre. Le pH diminue d'une unité quand une solution devient dix fois plus acide, il diminue de deux unités quand elle devient 100 fois plus acide ...

ÉCHELLE DE Ph ET DE CROISSANCE DES PLANTES									
EXTRÊME	TRÈS ÉLEVÉ	ÉLEVÉ	MOYEN	LÉGER	NEUTRE	FAIBLE	MODÉRÉ	ÉLEVÉ	
3	4	5	6	7	8	9 pH			
Peu de croissance					Optimum de croissance				

Le **pH** d'un sol a une **influence directe** sur l'**assimilation** des **nutriments** et **oligo-éléments** par une **plante**.



Le pH du sol influence l'efficacité de la croissance d'une culture dans un sol, car il affecte :

- la **disponibilité** des éléments nutritifs (et leur toxicité possible)
- l'activité des **organismes pathogènes**
- l'activité des **micro-organismes**
- les dommages possibles aux cultures causés par certains **herbicides**.

Les éléments nutritifs ne peuvent être absorbés par les végétaux que si le pH se situe dans une certaine plage de valeurs. Le degré d'acidité ou d'alcalinité d'une solution joue un rôle important sur la solubilité des sels minéraux et sur leur absorption par la plante. L'écart idéal se situe **en général entre 5,5 et 6,5**.

En croissance pour une meilleure assimilation de l'Azote (N), il est préférable de maintenir le pH entre 5.6 et 5.8. En Floraison, pour une meilleure assimilation du Phosphore (P) et du Potassium (K), un pH de 6.0 à 6.2 est idéal.

Les pratiques horticoles ont tendance à faire baisser progressivement le niveau de **pH** des sols, les rendant plus acides. La baisse de **pH** est attribuable aux facteurs suivants :

- les méthodes de cultures (monocultures) et les plantes font disparaître les éléments nutritifs
- l'application d'engrais chimique, en particulier les engrais d'ammoniaque appliqués par bandes
- le lessivage ou le déplacement de l'eau dans le sol fait disparaître les éléments nutritifs
- la décomposition de la matière organique (rapide)
- les pluies acides.

Avec le temps, la baisse du pH deviendra assez importante pour affecter la croissance au jardin, il faudra donc faire **augmenter le pH** à l'aide de **chaux** agricole.

Certaines plantes comme **les bleuets** et **les châtaigniers** ont besoin d'un sol très acide pour leur croissance. Dans certains cas, il peut être nécessaire de diminuer le pH du sol. Par exemple, pour cultiver des bleuets de façon efficace, il faut un pH de 5,0 ou moins.

Les **nutriments**, ou éléments nutritifs, sont constitués par **l'ensemble des composés organiques et minéraux** nécessaires à l'organisme vivant pour assurer et entretenir la vie. Les **oligo-éléments** sont une classe de nutriments; **éléments minéraux purs** nécessaires à la vie d'un organisme, mais en quantités très faibles. On appelle oligo-éléments les éléments chimiques qui représentent une masse inférieure à 1 mg.

Acidification des sols

Nos activités (**pollution atmosphérique, engrais**), peuvent accélérer l'acidification du sol. En dessous d'un certain seuil (~6 sur l'échelle pH), le sol est trop acide : il limite l'activité biologique (fertilité) et sa **structure** même est dégradé. Concrètement l'acidité du sol influence l'assimilation des nutriments et oligo-éléments par une plante.

Les **résineux** provoquent une acidification importante du sol sous les arbres ce qui entraîne à la longue une stérilisation du sol. Seules les plantes acidophiles résistent ou s'installent (**lierre, prêle, champignons** ...). Le sous sol perd toute vie biologique (absence de micro-organismes, de vers de terre, de larves, ...). Il suffit d'observer le sol d'une forêt de résineux pour constater cela.

A la suite d'une **analyse de sol**, on peut redresser le pH avec une dose appropriée de **chaux**. Les indications nécessaires sont le pH du sol, sa **capacité d'échange cationique** (CEC) ainsi que l'état de saturation de la CEC par les ions autres qu'hydrogène (H^+). Il n'est pas conseillé d'augmenter le pH de plus **d'une unité** car **la vie des micro-organismes du sol en sera fortement affectée**. La vie du sol est en effet directement influencée par un excès d'acide comme par un excès de base. En sol acide, certains éléments posent des problèmes de toxicité car ils sont solubilisés grâce aux pH faibles. C'est le cas **de l'aluminium**, on parle alors de toxicité aluminique.

Le chaulage

Le chaulage est le nom que l'on donne à l'apport de chaux au jardin, aussi bien pour amender une terre que pour protéger les arbres fruitiers contre les attaques d'insectes et de champignons.

Le chaulage est un amendement pour les sols sableux, argileux et humifères, dont il neutralise l'excès d'acidité (pH trop bas), corrige les carences en calcium, et dont il améliore la structure. En décompactant les terres lourdes, il va aussi les rendre plus faciles à travailler, et améliorer leur perméabilité

Attention, trop de chaulages appauvrit le sol.

On chaille toujours après l'analyse du sol et de ses besoins, mais aussi en fonction du type de plante qui y sera cultivé. Sinon, la terre et les plantes seront déséquilibrées par un excès d'azote. La chaux doit être apportées en petites quantités, car les excédents d'azote, transformés en nitrates, sont entraînés par les eaux de ruissellement ou s'infiltrent vers les nappes souterraines, contribuant à la pollution des sols et des rivières. De plus, une réduction trop rapide de l'acidité par des chaulages inappropriés entraîne une décomposition trop rapide de la matière organique. Le sol, rendu très fertile pendant un temps, sera appauvri par les récoltes (et les générations) suivantes...

En cas de sol très acide, on devra **s'armer de patience** et faire des chaulages très progressifs, un par année, jusqu'à ce que le bon équilibre soit rétabli. On ne le fera jamais en même temps qu'un apport de fumier, ou de compost car la chaux annihile les effets de ces fumures organiques. On peut choisir aussi d'autres amendements calciques comme la dolomie (une roche contenant du calcium et du magnésium), La chaux s'avère aussi un traitement préventif très efficace contre les insectes et maladies cryptogamiques des arbres fruitiers.

La chaux élimine en effet les larves d'insectes qui s'abritent dans les replis de l'écorce des arbres, mais aussi les champignons qui attendent la fin de l'hiver pour sévir.

Le chaulage a pour effet :

- **d'améliorer la structure du sol** en limitant les risques de formation d'une croûte par l'amélioration de la stabilité structurale du sol et de ses propriétés physiques, notamment son « affinité pour l'eau ». Il ne faut toutefois pas chauler de manière excessive car on peut aller jusqu'à bloquer les minéraux et les autres oligo-éléments.
- de **compenser l'acidification produite par l'activité biologique** en augmentant un pH trop bas ; le fonctionnement microbien s'accompagne obligatoirement d'une production d'acides organiques qui va jusqu'à inhiber l'activité microbienne et réduire la **fertilité** du sol si les acides produits ne sont pas neutralisés. L'objectif du chaulage est de neutraliser ces acides pour permettre le maintien ou l'intensification de l'activité microbienne.
- de **favoriser l'assimilation des éléments nutritifs par les végétaux**, particulièrement les **oligo-éléments** en compensant la perte de **calcium** due au prélèvement par les récoltes, au lessivage par les eaux et à l'effet des engrais.
- Empêcher la repousse d'herbe indésirable qui adore un pH faible. En général on cherche à maintenir le pH un peu en dessous de la neutralité vers 6,5.

Quand chauler un sol ?

Les meilleures périodes pour chauler sont sous forme d'apport régulier de préférence au tout début du printemps avant la reprise de la végétation ou en automne après la récolte. (Potager)

3 indicateurs simples permettent de rendre compte du besoin de chaulage d'un sol.

- le pH du sol
- la **capacité d'échange cationique** (CEC) et le taux de saturation du sol (TS) par le calcium échangeable (rapport calcium échangeable / CEC) qui permettent de connaître l'état des réserves calciques du sol
- la teneur en carbonates ("calcaire total").

Le chaulage peut occasionner des effets secondaires. Il faut respecter les consignes suivantes :

- Chaulage déconseillé durant les 12 mois qui précèdent une culture de pommes de terre (risque de gale).
- Ne pas chauler sur du fumier ou du lisier; ne pas épandre des engrais de ferme sur de la chaux, car cela déclenche une réaction chimique qui volatilise l'azote ammoniacal des engrais de ferme.

Pour le jardinier, on utilise de la chaux magnésienne ou **dolomitique**, qui amende les sols acides en apportant du **magnésium**(Mg). Le chaulage permet également la destruction des micro-organismes pathogènes contenus par les effluents d'élevage qui sont acides par nature.

Élément chimique (éléments nutritifs, nutriments)

Seulement 17 éléments chimiques sont considérés essentiels en raison de leur importance pour la croissance et le développement des plantes. Ces éléments sont classés en trois catégories: les éléments essentiels majeurs (Azote, Phosphore et Potassium); les éléments secondaires (Calcium, Magnésium et Souffre); et les oligo-éléments (Fer, Zinc, Manganèse, Cuivre, Bore, Molybdène, Chlore et Nickel). Parmi ces 17 éléments chimiques essentiels, le carbone(C), l'hydrogène(H) et l'oxygène(O) sont prélevés à partir de l'air et de l'eau. Les **14 autres éléments sont normalement absorbés par les racines de la plante à partir du sol.**

Azote (N)	Constituant fondamental des protéines et de la chlorophylle (pigment donnant leur couleur verte aux plantes). Joue un rôle de premier plan dans la croissance des plantes. Sert aussi de nourriture aux micro-organismes du sol .
Phosphore (P)	Joue un rôle important dans la croissance des racines, l'implantation des jeunes plants, la floraison , la production et le mûrissement des fruits , la photosynthèse, la respiration et la croissance générale de la plante.
Potassium (K)	Circule partout dans la plante. Assure le transport des sucres, la turgescence et la rigidité des tiges. Augmente aussi la résistance générale de la plante (froid, maladies, insectes , etc.). Contribue également à l'initiation des boutons floraux, à l'aoûtement des plantes ligneuses et à la fructification .
<p>Éléments secondaires Ces éléments sont requis en moins grande quantité que les éléments primaires.</p>	
Calcium (Ca)	<p>Joue un rôle capital dans la structure des végétaux car il entre dans la composition des cellules et les soude entre elles. Participe au développement racinaire et à la maturation des fruits et des graines. Est présent dans les zones de croissance des plantes (apex et bourgeons).</p> <p>**Nécrose apicale de la tomate</p>
Magnésium (Mg)	<p>Élément central de la chlorophylle. Contribue à la maturation des fruits et à la germination des graines. Renforce les parois cellulaires et favorise l'absorption du phosphore, de l'azote et du soufre par la plante.</p> <p>Participe à la formation et à la mise en réserve des sucres, et vitamines...</p>

Soufre (S)	Entre dans la composition de plusieurs protéines, enzymes et vitamines. Intervient dans la formation de la chlorophylle . Favorise le transport du potassium , du calcium et du magnésium dans la plante. Essentiel pour la formation des nodules dans les racines de légumineuses . L'ail et l'oignon ont besoin de soufre car il entre dans la composition de leurs huiles et il est responsable de leur odeur caractéristique.
Éléments mineurs ou oligo-éléments Ces éléments, bien que requis en petite quantité, sont essentiels à la plante.	
Fer (Fe)	Élément indispensable à la formation de la chlorophylle . Participe aussi à la constitution de certaines enzymes et acides aminés. Comme plante sensible : haricot, la tomate et le chou-fleur.
Bore (B)	Élément nécessaire au bon fonctionnement de l'ensemble de la plante et à la croissance des tissus. Favorise la formation des fruits et participe à l'absorption de l'eau . Chez la betterave une carence cause la pourriture du cœur.
Manganèse (Mn)	Favorise la germination des semences et accélère la maturation des plants. Joue un rôle important dans la photosynthèse en participant à la formation de la chlorophylle . Est nécessaire au métabolisme de l'azote et à la formation des protéines. Il confère la résistance contre certaines maladies
Molybdène (Mo)	Élément indispensable à l'assimilation de l'azote par les plantes et les bactéries fixatrices d'azote . Donc est nécessaire à la production des protéines dont l'élément de base est l'azote.
Chlore (Cl)	Stimule la photosynthèse.
Cuivre (Cu)	Activateur de plusieurs enzymes. Joue aussi un rôle dans la formation de la chlorophylle . Sur pommier et poirier une carence débute par le brunissement des extrémités des jeunes pousses en croissance.

Zinc (Zn)	Joue un rôle important dans la synthèse des protéines , des enzymes et des hormones de croissance. Augmente la résistance des plantes aux maladies fongiques. Manque; provoque un calibre de fruit médiocre.
-----------	---

Capacité d'Échange cationique(CEC)

La capacité d'échange cationique est une mesure de la capacité du sol à retenir certains éléments nutritifs (adsorption).

À mesure que les minéraux du sol sont exposés aux intempéries, des cations sont émis dans l'eau et la solution du sol. Les cations sont des éléments à **charge positive**, tels que le **calcium**, le **magnésium**, l'**hydrogène** et le **potassium**. Ces cations sont attirés par les surfaces à charge négative de l'argile et d'autres particules de matière organique. Un échange constant de cations se produit entre ces surfaces et l'eau du sol: c'est ce qu'on appelle l'**échange cationique**. Les cations ne sont pas retenus fermement par ces surfaces. L'eau ne peut pas les absorber, mais ils peuvent être absorbés en prenant la place des cations dégagés par les racines des plantes. La C.E.C joue un rôle dans la fertilité du sol.

Les cations contenus dans la **matière organique** et la surface de l'argile constituent une **réserve d'éléments nutritifs** et renouvellent constamment les éléments nutritifs de la solution de l'eau dont les plantes ont besoin.

L'ampleur de la capacité d'échange cationique dépend du genre et du nombre de surfaces auxquelles les cations peuvent s'accrocher. **La matière organique comporte un nombre beaucoup plus élevé de lieux propices aux échanges de cations que les particules d'argile.**

Plus >CEC>niveaux d'argile et/ou de matière organique.....Plus grande fertilité du sol

Dans le cas des sols sableux et du loam, il n'est pas facile de changer la teneur en argile. On peut cependant maintenir et améliorer les niveaux de matière organique pour améliorer la capacité d'échange cationique.

La matière organique du sol constitue une réserve de nombreux éléments nutritifs pour les plantes, parce que :

- elle **fournit des lieux d'échange** pour les cations comme le **potassium(K)** et le **magnésium(Mg)**
- elle dégage de l'**azote(N)** en se décomposant (lentement)

- elle fournit presque tout le **manganèse**(Mn) et le bore(B) nécessaires aux cultures tout au long de la saison de croissance.

Les avantages de la matière organique pour la structure du sol, alliés à une plus grande production d'éléments nutritifs, expliquent la forte croissance des plantes donc des légumes et autres de bonnes qualités (goût) et en grande quantité.

Malheureusement, les travaux de labour (motoculteur) font également diminuer progressivement le taux de matière organique, à tel point qu'il devient difficile de maintenir une bonne structure du sol et qu'il faut ajouter de plus en plus d'engrais. Chaque élément nutritif travaille en **synergie** avec d'autres, soit dans le sol, soit dans la plante.

Analyse de sols complète :

pH, pH tampon, % **matière organique**, teneur en phosphore, potassium, magnésium, calcium, aluminium, soufre, cuivre, zinc, manganèse, bore, **C.E.C.**, % en saturation des bases, ratio P/Al

Pouvoir tampon du sol : le pouvoir tampon du sol représente sa capacité à résister aux variations de son pH. Il est ainsi plus difficile de corriger le pH d'un sol fortement tamponné (type argileux) par rapport à un sol peu tamponné (type sableux).

Les sels minéraux :

Les plantes prennent leurs nourritures dans le sol à l'aide de leurs systèmes racinaires. Cette nourriture appelée sels minéraux (éléments minéraux) se compose d'**azote**, de **phosphate**, de **potassium** et d'**oligo-élément**. La matière organique décomposée par les microorganismes du sol **génère** les **sels minéraux** (éléments minéraux) et l'**humus**. La plante fabrique de la sève avec l'eau et les sels minéraux.

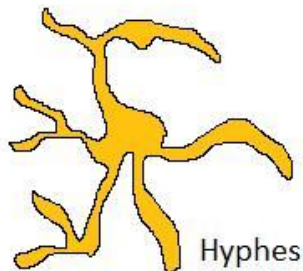
Le labour (enfouissement) causant une minéralisation trop rapide de la matière organique et les engrais chimiques sont les principales causes de **destruction de l'humus**. Sans protection végétale du **sol**, et sans apport de matière organique, l'érosion et l'appauvrissement du sol est alors inévitables.

La matière organique qui est à la base de la formation de l'humus est d'origine essentiellement végétale, puis microbienne et animale lors du processus de transformation, alors que les composants du sol profond sont en grande partie d'origine minérale. L'activité de la faune fouisseuse (vers de terre, fourmis...) contribue à une mise en contact rapide des composés humiques (humus) avec la matière minérale, empêchant ainsi leur lessivage et donc leur perte pour les écosystèmes.

Tous ces éléments sont sans cesse digérés, déplacés et mobilisés par une communauté d'organismes tels: **bactéries, champignons et invertébrés**.

L'humus constitue une réserve importante dans le sol. Il est utile, pour le jardinier de connaître la quantité totale d'humus et sa qualité. Un des indices de sa qualité est le **rapport C/N** du sol. Comme le carbone et l'azote ne se recyclent pas à la même vitesse, un rapport C/N bas (10 ou moins) indique une bonne **activité biologique du sol**, alors qu'un C/N élevé (20 ou plus) indique un ralentissement de cette activité. Les apports de **pesticides et d'engrais** peuvent dégrader ou tuer les humus.

La **matière organique (MO)** est la matière carbonée produite en général par **des êtres vivants, végétaux, animaux, ou micro-organismes**. Il s'agit par exemple des **glucides, protides et lipides**. À la différence de la matière minérale, la matière organique est souvent biodégradable. Outre le carbone et l'eau qui sont les composants essentiels, elle peut contenir aussi les éléments hydrogène (H), oxygène (O), azote (N), phosphore (P), soufre (S), fer (Fe)...



Les mycorhizes

Certains champignons présents dans le sol vivent en association avec les végétaux (symbiose). Les hyphes de ces champignons, soit de minces filaments, se fixent aux extrémités racinaires des plantes et s'étendent partout dans le sol. Cette association est bénéfique pour les deux organismes en cause : la plante assure la nutrition du champignon en lui fournissant une partie des sucres issus de la photosynthèse; en retour, le champignon permet à la plante d'absorber plus d'eau et de minéraux, il la protège contre les pathogènes des racines et améliore la **structure** du sol. La plante mycorhizée a ainsi une croissance plus rapide, une meilleure reprise, une plus grande résistance aux maladies et à la sécheresse et elle est plus productive. La qualité de l'humus en est améliorée, au bénéfice d'autres espèces et du maintien de la **structure** du sol.

Les mycorhizes au jardin

En milieu naturel, les champignons mycorhiziens abondent. Malheureusement, dans nos jardins, ils ont presque tous disparus et ceci causé par le **travail excessif du sol**, l'utilisation **abusive d'engrais** et l'application de **pesticides**.

Que faire pour corriger la situation ?

- Éviter de retourner le sol trop profondément. Favoriser les pratiques telles que le binage ou le bêchage léger.
- Utiliser moins d'engrais. Privilégier les formes organiques ou minérales, qui ne sont pas directement assimilables par les végétaux. (dégagement lent)
- Éviter l'emploi de **pesticides**.
- Augmenter la teneur en matière organique du sol par des apports de compost ou de fumier composté. Incorporer ces amendements superficiellement, car les mycorhizes résistent mal aux perturbations du sol.

- Maintenir le pH du sol voisin de la neutralité, par des apports **légers, réguliers** et **superficiels** d'amendements minéraux. (Chaux)
- Planter des champignons bénéfiques (inoculations).

Conseils d'utilisation des mycorhizes

- Certaines plantes ne vivent pas en symbiose avec les champignons
(ex. : chou, betterave)
- Pour pouvoir se développer, les champignons mycorhiziens doivent entrer en contact direct avec les racines des plantes. On les utilise au moment du semis, de la plantation ou de la transplantation.
- Les champignons mycorhiziens étant des organismes vivants, il ne faut pas les exposer au **gel** ou à de fortes **chaleurs**. Ils se développent au fur et à mesure que les racines des végétaux s'allongent. Il n'est donc pas nécessaire d'en appliquer plus d'une fois au cours de la vie de la plante.

Importance écologique de la mycorhization

Les mycorhizes sont à l'origine des écosystèmes les plus complexes, en particulier des forêts tropicales qui poussent souvent sur des sols pauvres. Leurs mycéliums forment des réseaux interconnectés qui influencent le fonctionnement des écosystèmes en permettant ou augmentant des flux importants de carbone organique et de minéraux (azote, phosphore, eau...) via le sol. Ils constituent un des éléments les plus dynamiques de la symbiose mycorhizienne. Ces transferts sont si efficaces, qu'ils permettent de se passer des fertilisants phosphatés. La croissance des racines est décuplée lorsque la teneur de la solution du sol en ions phosphates est minime. Les mycorhizes interagissent aussi avec les autres mycorhizes et les autres champignons et avec certains prédateurs et parasites aériens des plantes.

Tableau de compagnonnage sur écran

Ail (1):	Améliore la croissance et le goût de la betterave
Basilic (2):	Protège contre le mildiou associé au concombre et attire les insectes pollinisateurs.
Carotte (3):	L'oignon, le poireau, la coriandre, la sauge, le romarin repousse la mouche de la carotte.
Céleri (4):	Le chou améliore la qualité du céleri
Chou (5):	Le thym et la sauge repoussent la piéride du chou
Concombre et courge (6):	La marjolaine protège des insectes
Haricot (7):	Éloigne le doryphore de la pomme de terre
Maïs (8):	L'haricot et le pois stimulent la croissance et repoussent certains insectes.
Poireau (9):	L'aneth et le fenouil éloignent les pucerons, les araignées rouges et la carotte repousse les teignes du poireau .
Pomme de terre (10):	Le haricot stimule la croissance et repousse le doryphore
Radis (11):	Repousse la mineuse des vignes.
Tomate (12):	L'odeur des plants de tomate repousse la piéride du chou
Cerfeuil :	Repousse les limaces
Menthe :	Repousse les fourmis ainsi que les pucerons

L'ail, ciboulette, échalotte, oignon, poireau repoussent les insectes.

** La **ciboulette** éloigne les insectes nuisibles des arbres fruitiers, elle protège contre la tavelure, la gale et le chancre bactérien

Les racines de l'**absinthe** empêchent la croissance des plantes indésirables

Armoise argenté : Repousse les souris, rougeurs, escargots et limaces.

Les racines **d'œillet d'inde** éliminent les nématodes de la carotte.