

Les « Sols ».

Quelques citations.

- « Soils should be the best overall reflection of ecosystem process ».
- « Le rôle des sols dans la biosphère apparaît comme de plus en plus essentiel. »
- « La qualité des sols, comme celle de l'air et de l'eau, peut très bien faire la différence entre la survie et l'extinction de l'humanité. »

I\ Présentation et définitions des sols.

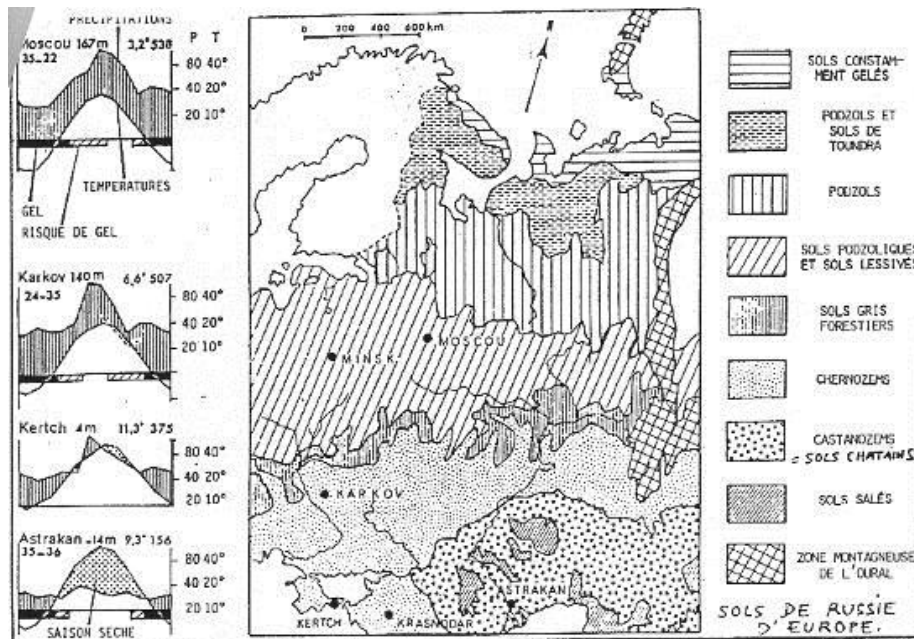
Pédon → pied → ce que l'on foule avec
Il en découle le terme de pédologie (science des sols).

Au 19^{ème} siècle, vers 1830, on donne la naissance de la pédologie avec, par le « traité de chimie organique et de physiologie » de Liebig.

On y parle de la différence de nature des sols, de la richesse en matière organique, en argiles... Seuls les sols cultivés y sont étudiés.

En 1890, Vassili Vissilievitch Dokoutchaïev est considéré comme le père de la pédologie. Il a étudié des sols spéciaux (les chernozems), des sols de steppes de la « Russie ». Les sols étaient des « corps naturels se formant sous l'effet d'un certain nombre de facteurs écologiques » (climat, végétation).

Dokoutchaïev a mis en place des règles de répartition des sols.



Sur cette carte de la « Russie », on note de très différents climats avec respectivement, des sols différents. Il y a une zonation des climats qui correspond à la zonation des sols.

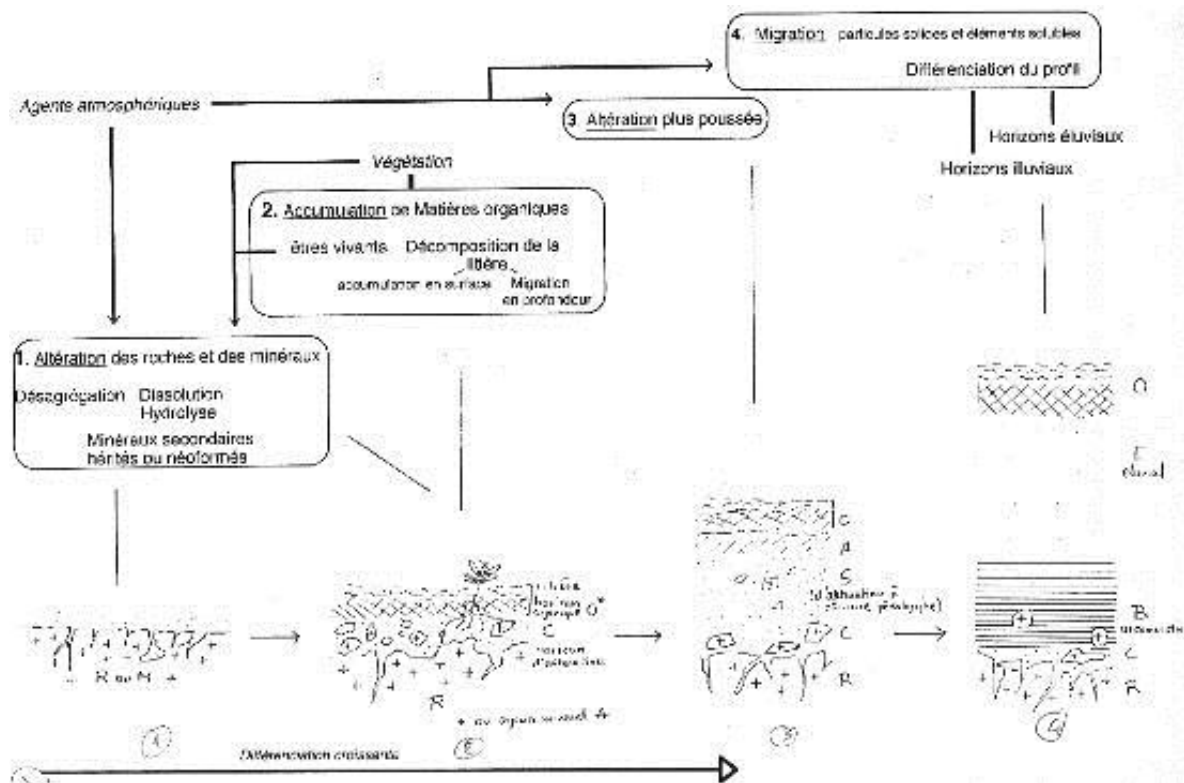
Pédogenèse : formation et évolution d'un sol.

Edaphologie : étude des rapports du sol et de la végétation. Adjectif : édaphique → facteur du sol jouant sur la végétation.

Sol : formation naturelle de surface à structure meuble et d'épaisseur variable résultant de la transformation de la roche-mère sous-jacente, sous l'influence de divers processus physique, chimique et biologique (Demolon).

Remarque : on parle de roche-mère ou de matériau parental.

Holistique (approche ~) : s'oppose à « réductionniste » ; semblable à systémique.



Sur le schéma, on peut observer tous les stades d'un sol. Toutefois, tous ces stades ne sont pas obligatoirement atteints dans la vie d'un sol. S'ils sont atteints, ils peuvent être atteints simultanément ou bien successivement. Les événements sont dépendants du climat.

On voit d'abord que la roche-mère est mise à nu. Il se déroule alors une première phase d'altération avec désagrégation. Il y a apparition de fissures et détachement de blocs de roche. Il peut ainsi se développer une première végétation (mousses, lichens).

Ainsi, le sol va recevoir de la matière organique. Il se développe donc une litière et une partie de la matière organique va se mélanger avec la matière minérale.

→ Il apparaît ainsi, entre la roche-mère et la matière organique, un horizon A, organo-minéral.

Les racines de végétaux, par leurs sécrétions et leur encrage, vont également altérer la roche.

Grâce à cette matière organique, le sol a tendance à devenir de plus en plus épais.

Le sol peut rester au stade 3, mais il peut également y avoir une « migration d'éléments », qui conduit à une différenciation encore plus poussée du profil.

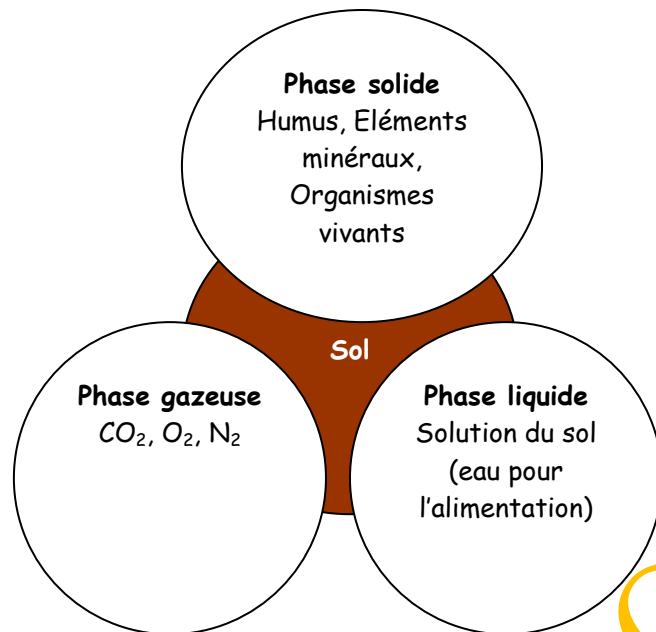
Si la pluie est suffisante, l'eau va emmener les éléments fins du haut vers le bas. Il y aura ainsi la formation d'un profil éluvial (sans éléments fins).

→ On peut réaliser un profil de sol grâce aux divers horizons.

Pour la mise en place de ce profil, il y a intervention :

- du matériau parental,
- de la végétation (pour la matière organique),
- du climat,
- de l'Homme (rôle destructeur).

Dans le sol, on trouvera des phases solides, liquides et gazeuses.



Ce sol est à l'écotone entre l'atmosphère et la lithosphère (à l'interface de ~).

II\ Altération et désagrégation.

Le sol est en permanence en mouvement : il y a un renouvellement par le bas et altération par le haut.

A\ Désagrégation physique des roches.

La désagrégation va être soit dynamique, soit statique.

1\ Désagrégation dynamique.

Si l'on a un torrent avec une pente de 2% et si l'on prend un bloc de gneiss de 20 centimètres, 6 kilomètres plus bas, on aura une multitude de blocs de 2 centimètres. 12km après, on retrouve des éléments de 2mm de diamètre.

Pour un granit, le parcours doit être double pour que l'on observe le même effet.

Pour le sable, on trouvera le transport éolien qui est abrasif.

2\ Désagrégation statique.

L'alternance des températures de jour avec celles de la nuit va provoquer la desquamation des roches. Cette desquamation est provoquée en réalité par les phases de gel et de dégel qui vont faire travailler les roches. On peut également avoir l'action des racines des plantes qui vont s'insérer dans les roches mais surtout produire des sécrétions acides.

Les éléments les plus gros que l'on observera sont des sables et des limons.

B\ Altération chimique et biologique.

Il faut faire une différence en fonction de la nature des roches mères. On trouvera soit des roches carbonatées soit des roches siliceuses.

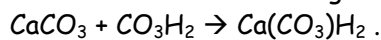
Pour les matériaux carbonatés, on va avoir la décarbonatation. Pour les roches siliceuses, on observera des hydrolyses.

Les éléments les plus fins pourront faire apparaître des argiles.

1\ La décarbonatation.

C'est la dissolution du carbonate du matériau originel. Cette action concerne le matériau ou le sol (horizon supérieur).

La décarbonatation a lieu grâce à des acides organiques (CO_2 dissout) :



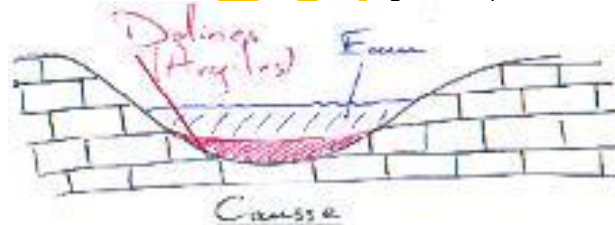
$\text{Ca}(\text{CO}_3)\text{H}_2$ est soluble, donc entraîné par les eaux, hors du profil de sol.

C'est principalement le calcaire actif (en fines particules de 50 à 100 μm de CaCO_3) qui est susceptible d'être facilement solubilisé.

Les blocs sont bien moins actifs.

L'azote nitrique peut aussi agir ; il vient de la minéralisation de composés organiques, mais aussi des acides organiques fournis par certaines litières.

Généralement ce qu'il reste sont des « argiles de décarbonatation ». Ces derniers ont tendance à rester sur place → on a donc une couche argileuse qui surmonte la couche calcaire.



Les dolines sont des dépressions où s'accumulent les argiles.

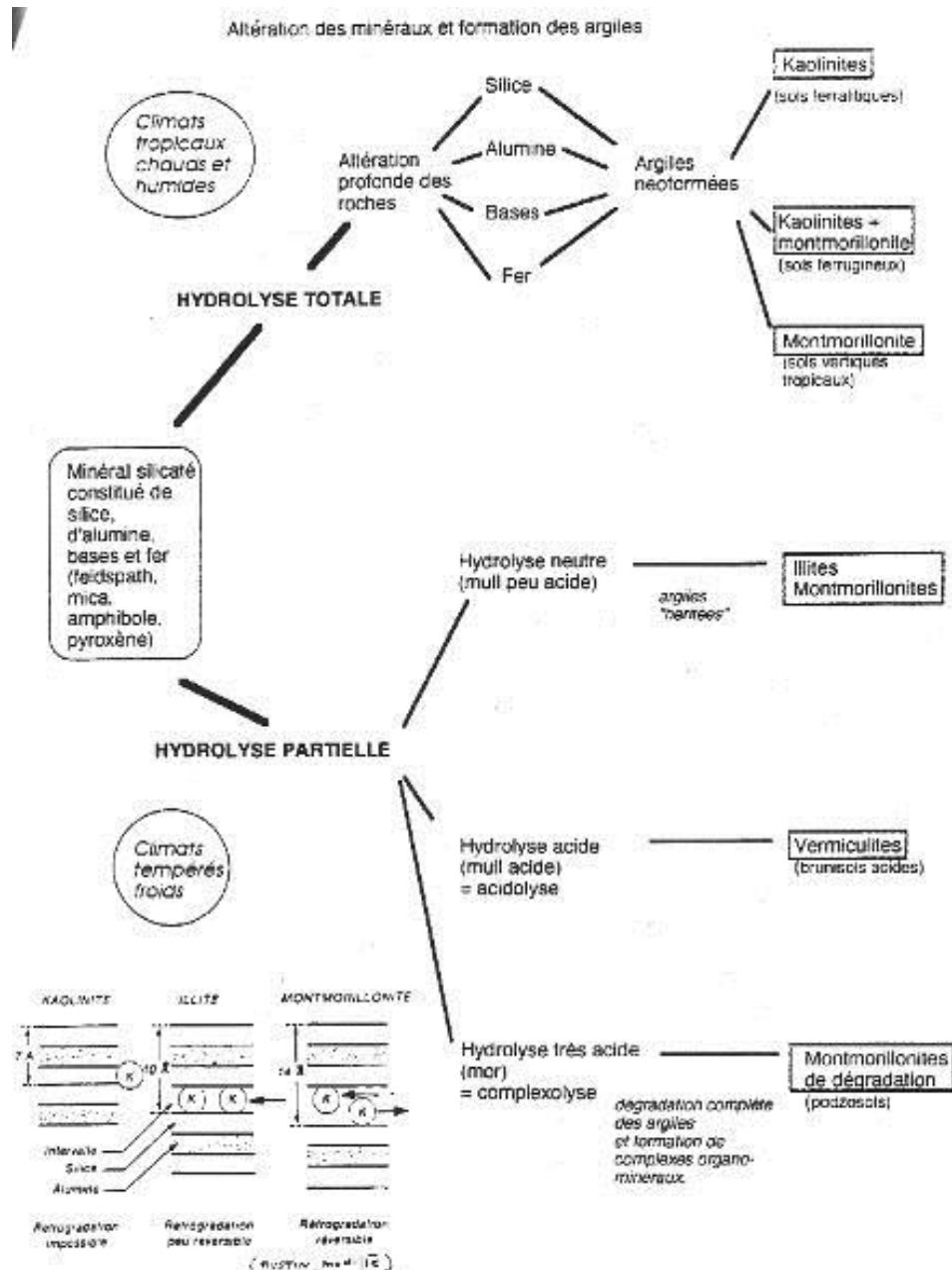
Dans les Pyrénées, la décarbonatation est souvent complète sur les matériaux les plus altérables ou sur les moins riches en carbonates. La décarbonatation est majoritaire sur les calcaires durs ou sur les dolomies : la roche mère est donc souvent décarbonatée.

Les Terra rossa :

Ce sont des espèces de terrains de couleur rouge, méditerranéens composés d'argiles de décarbonatation formées il y a environ 100.000 ans. On assiste également au phénomène de rubéfaction (« rouille » du fer).

2\ Les hydrolyses.

L'hydrolyse est un mode d'altération essentiel des roches cristallines qui conduit à la formation des argiles (silicates d'alumine hydratés).



On observe deux voies principales qui existent :

- Chaud et humide → Destruction totale → Apparition d'argiles néoformées
- Climats tempérés → Hydrolyse partielle → Réarrangement du réseau cristallin des silicates → Argiles héritées ou transformées.

3\ Les argiles.

Les argiles sont des silicates d'alumine hydratés ($n\text{SiO}_2 \cdot m\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot p\text{H}_2\text{O}$). Le silicium vient du quartz, l'aluminium des feldspaths ou des micas.

Sur le [schéma précédent](#), dans la partie du haut, « bases » et « fer » ne participent pas aux argiles, ils s'y fixent juste dessus.

Les argiles ont une organisation en feuillets. Ils forment comme une « pile d'assiettes » où une assiette représenterait un feuillet.

Un feuillet = $1\text{Si} + 1\text{Al}$ ou bien, selon le type d'argiles, $1\text{Si} + 1\text{Al} + 1\text{Si}$. Les argiles diffèrent en fonction du rapport entre silicium et aluminium et de la distance entre les feuillets. Cette

distance entre feuillets permet la circulation ou non de cations (par exemple, K ne peut pas circuler entre les feuillets de kaolinite).

La structure des feuillets permet de mettre en évidence une importante surface spécifique (surface de contact présentée). On peut avoir jusqu'à une centaine de mètres carrés présentés par gramme d'argile. → Cette surface permet ainsi la fixation des éléments nutritifs importants pour les plantes.

Remarque : les micas ont déjà une structure en feuillets et n'ont pas besoin de beaucoup d'hydrolyse pour devenir des argiles.

Les feuillets d'argile sont chargés négativement : leur valence est non satisfaite à la périphérie des feuillets. On trouve donc souvent des substitutions où Si^{4+} est remplacé par Al^{3+} et Al^{3+} pourra être remplacé par Mg^{2+} .

a\ Capacité de fixation des bases (Ca, Mg, K, Na).

La fixation des atomes se fait grâce aux charges négatives. Toutefois, on remarque que la capacité de fixation est différente en fonction du type d'argile observé.

- La kaolinite va réaliser une fixation en bordures mais les cations ne peuvent pas passer entre les feuillets (la fixation est faible, de 10 à 20mg pour 100 grammes d'argile). Un équivalent = (Massa Atomique)/(Valence) → Pour le Ca : $40/2 = 20\text{mg}$.
- Pour la Montmorillonite, on trouve 100 à 130meq (micro équivalent) pour 100 grammes.
- Les argiles retiennent les bases « pour les plantes ».

b\ Propriétés colloïdales.

- Hydrophilie.

Les argiles ont la capacité à fixer l'eau. Cette eau pénètre entre les feuillets et provoque leur écartement par gonflement. La rétention d'eau sert à l'alimentation des plantes mais il y a compétition entre la retenue de l'eau et l'absorption racinaire.

- Floculation et dispersion.

Les rivières de milieu calcaire sont plus limpides car il y a eu floculation des argiles (floculation par le CaCl). Dans le sol, il vaut mieux que les argiles soient floculées et non dispersées. Le Ca est floculant car il crée des liaisons entre les charges négatives des « micelles » d'argiles.

C\ Granulométrie du sol.

La granulométrie est la détermination de la texture du sol. On va pour ceci déterminer le pourcentage d'argiles, de limons et de sables. Le tri est fait en fonction de la taille.

Insérer document page 4, en haut.

On a sur ce schéma l'échelle la plus couramment utilisée.

On commence par faire un séchage du sol, puis, on tamise à 2mm pour avoir le refus (parties plus grosses que 2mm) et la terre fine (inférieure à 2mm) qui servira aux analyses.

Il faut toutefois penser à bien tenir compte du refus.

Entre $50\mu\text{m}$ et $2000\mu\text{m}$ on a les sables (sable fins de 50 à 200 et sables grossiers de 200 à 2000) ; les limons de $2\mu\text{m}$ à $50\mu\text{m}$ (limons fins de 2 à 20 puis grossiers de 20 à 50) ; les argiles qui sont de taille inférieure à $2\mu\text{m}$. Ici, on parle d'argiles au sens de la taille, pas au niveau minéralogique.

La loi de Stock :

Vitesse de sédimentation = kx^2 .

Plus le diamètre est gros, plus le minéral sédimente vite.

On donnera des noms aux textures grâce aux diagrammes de textures.

Insérer les schémas des textures, les deux triangles.

La nature du sol permet, par sa texture, de comprendre la répartition des végétaux.

Par exemple, pour la forêt de Grésigne, on trouve trois roches mères qui donnent trois types de sols (même végétation et même climat). Dans les trois stations étudiées, on aura trois types de plantes avec des développements différents en fonction du type de sol.

L'hydromorphie est l'accumulation d'eau dans les sols donnant des conditions asphyxiantes.

III\Enrichissement progressif en matière organique, formation d'humus.

La matière organique est composée de matière morte mais aussi de matière vivante comme les bactéries, les champignons et toute la pédofaune.

→ Le sol est vivant.

→ On a dans les sols une biodiversité énorme, mal connue qui disparaît avec la disparition des sols.

→ Rôle de la biodiversité.

Insérer document page 5, en haut.

On trouve une grande quantité d'arthropodes. Les acariens se retrouvent de 100 à 500.000/m³, ce qui représente environ 600kg/ha.

Les collembolles, avec leur furca pour le saut, vont réaliser une fragmentation de la litière. On trouve des vers comme les Nématodes, les Enchytréides et les Lombrics.

Les vers anéciques sont des vers sans niche écologique : ils prennent leur nourriture à la surface et descendent la matière organique en profondeur. En remontant, ces vers forment des turricules à la surface (minéraux + minéraux). → Ils permettent ainsi un important brassage du sol. Ils ont un rôle dans les humus doux type « Mull ».

Insérer document page 5 en bas.

A côté de la matière vivante, on trouve de la matière organique fraîche qui se transforme progressivement en humus.

Insérer document page 6.

A\ L'humification.

La matière organique retrouvée dans les sols provient des végétaux, de la matière synthétisée par photosynthèse (la synthèse primaire) et forme de la matière fraîche.

Une grande partie de cette matière arrive au sol et se décompose puis se minéralise.

Pour la minéralisation, il va y avoir intervention de mycètes, de bactéries. La décomposition se fait par destruction de la paroi et des éléments associés. Tout ce travail est facilité par la fragmentation.

La partie non minéralisée subira l'humification : formation de l'humus par processus physico-chimiques.

L'humus stable est non labile, ne bougeant pas facilement. Il est constitué de très grosses molécules venant d'une polymérisation des déchets de la décomposition de la cellulose, de la lignine...

L'humification est accompagnée de la fixation d'azote (+ oxydation de la lignine).

Les polymérisations sont faites aléatoirement. On obtient alors des macromolécules différentes. L'humus peut aussi se former à partir de CO_2 et de NH_3 produits par minéralisation dans les sols.

L'humus est formé d'acides humiques, d'acides fulviques et d'humine.

Les acides humiques sont des acides polymérisés, à noyau aromatique. On en trouve de deux grands types : les acides humiques gris qui sont d'énormes molécules facilement floculées par le calcium. Les acides humiques bruns qui sont un peu plus petits et trouvés dans les sols plus acides.

Les acides fulviques sont plus petits que les acides humiques. Ils restent de couleur jaune. Ils sont mal floculés et migrent en profondeur.

Une partie de l'humus se minéralise (2 à 3%) : c'est le turn-over.

On a des différences de composition entre la matière organique fraîche et l'humus. L'humus correspond à la fraction de la matière organique du sol transformée par voie biologique et chimique.

B\ Propriétés de l'humus.

L'argile et l'humus ont des propriétés relativement semblables.

- L'humus est hydrophile (contient jusqu'à 15 fois son propre poids).
- L'humus est un colloïde électronégatif. $\text{COOH} \rightarrow \text{COO}^- + \text{H}^+$.
- L'humus a la capacité de fixer des bases.

→ Ces deux ensembles se retrouvent ensemble dans le complexe argilo-humique. Ils sont fixés ensemble par le calcium : formation d'un pont calcique.

Quand on a peu de calcium dans le sol, le pont peut se faire par l'intermédiaire de $\text{Fe}(\text{OH})_3$: c'est ainsi un pont ferrique.

Dans certains sols, on considère les deux ensembles.

Il y a toujours un équilibre dans la solution du sol en cations et par ceux fixés par le complexe argilo-humique. En général, on a 1000 fois plus de cations fixés que dans la solution du sol.

Ce complexe argilo-humique sert de garde manger au niveau du sol. Si la plante absorbe un cation, un cation du complexe argilo-humique est libéré vers la solution d'équilibre. → Il y a mise en réserve en libération.

Insérer schéma à faire à la main.

Valeurs caractéristiques du complexe absorbant :

- Capacité d'Echange Cationique (CEC).

La CEC est la quantité maximale de cations de toutes sortes qu'un poids déterminé de sol est capable de retenir (exprimé en micro équivalent par 100g).

Cette CEC est quelque chose de relativement stable dans le sol.

Les éléments perturbateurs sont H^+ et Al^{3+} .

Insérer les schémas à faire à la main.

- Taux de saturation.

$V = (S/T) \times 100 = \text{taux de saturation}$.

Il faut s'intéresser et à CEC et à V.

Pour les cultures ou exploitation de bois, il y a diminution des cations par manque de retour de la matière organique.

L'humification varie en fonction des débris végétaux et du climat.

C\ Les grands types d'humus.

(Classification morphologique).

WWW.BIODEUG.COM