

**Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique
Université Frères Mentouri Constantine1
Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie**

Cours de pédologie



Dr : BOUCHARÉB Radia

2^{ème} année Ecologie et Environnement

Année universitaire 2020/2021

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

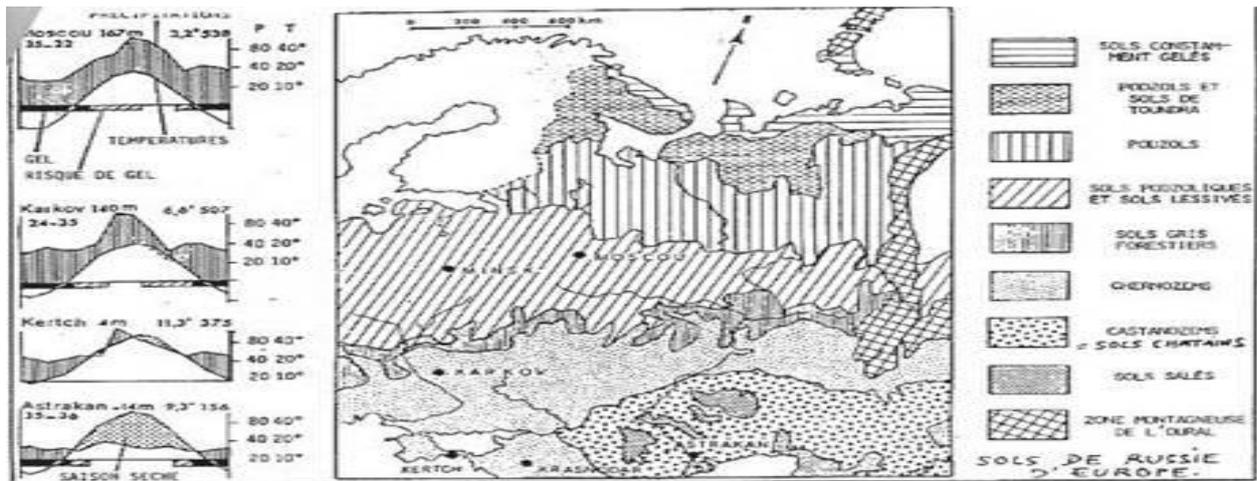
Il en découle le terme de pédologie (science des sols).

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 Dokoutchaiev 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).

Dokoutchaiev 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.

2-Introduction

Le sol est la partie la plus superficielle de l'écorce terrestre, à l'interface entre géosphère, biosphère et atmosphère, car en effet il possède des constituants minéraux, venant de l'altération de la roche-mère, des constituants organiques, venus de la décomposition d'êtres vivants, et des constituants gazeux circulant dans ses interstices. De plus, le rôle du sol est fondamental, puisqu'il fournit aux végétaux chlorophylliens les ions minéraux dont ils ont besoin. Ce n'est que vers le 19^e siècle et grâce aux progrès de la science que le sol a fait l'objet d'une science spéciale : **la pédologie**, discipline créée en 1877 en Ukraine sous la direction du géologue ukrainien **Dokoutchaïev**.

Comment se forme un sol ?

On peut distinguer globalement 3 étapes :

1Altération de la roche mère : elle est le résultat de processus physiques (gel, pénétration des racines...) qui fragmentent la roche, et de processus chimiques (action des eaux chargées d'acides) qui dissolvent calcaires et hydrolysent minéraux silicatés pour engendrer des complexes d'altération (argile, oxydes de fer, sels...) cimentant les grains résultant de la précédente fragmentation.

2-Incorporation de la matière organique par minéralisation de molécules organiques et humification : c'est à dire édification d'acides humiques à partir des molécules issues de cette minéralisation qui constituent son milieu.

3-Les horizons se différencient enfin sous l'action des eaux d'infiltration (lessivage) :

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 nue. 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 leur sécrétions et leur enracinement, 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.

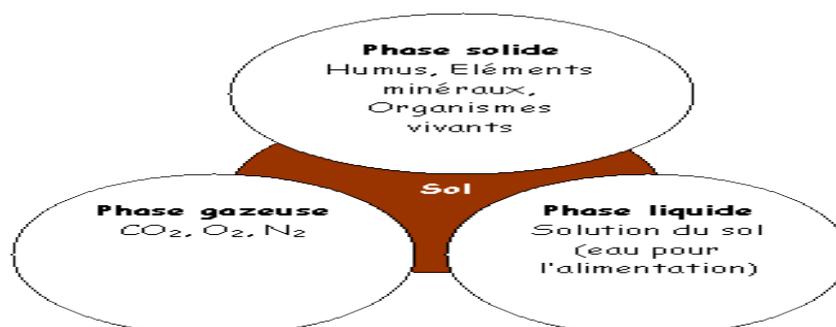
Si la pluie est suffisante, l'eau va emmener les éléments fins du haut vers le bas. Il y aura ainsi la formation d'un profil éluvial (sans éléments fins).

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.



Chapitre I : Eléments constitutifs du sol

I-Les constituants minéraux du sol

I-1 Composition élémentaire: Elle est donnée par la teneur en éléments chimiques. L'abondance des macroméléments décroît dans l'ordre:

$O \geq Si \geq Al \geq Fe \geq Ca \geq K \geq Na \geq Mg$.

Les microéléments (Cu, Co.....etc) sont présents à des teneurs plus petites

I-2 Composition minéralogique :

Elle est caractérisée par la teneur et la nature des minéraux dont les plus abondants sont les **minéraux argileux, les oxydes et hydroxydes métalliques et les carbonates**.

I-3 Composition Granulométrique

Est caractérisée par les proportions des particules, l'analyse granulométrique consiste à classer les éléments minéraux du sol d'après leur grosseur, et à déterminer le pourcentage de chaque fraction.

A la suite de la convention internationale, les particules sont classées de la façon suivante, en fonction de leur diamètre

Tableau 1 : Composition Granulométrique

Terre fine	ARGILE	Particule moins de 2µm
	LIMONS FIN	2 à 20 µm
	LIMONS GROSSIER	20 à 50 µm
	SABLE FIN	50 µm à 200 µm
	SABLE GROSSIER	200 µm à 2mm
Eléments grossiers	GRAVIERS	2 à 20mm
	CAILLOTS	20 à 7.5cm
	PIERRES	7.5cm à 20cm
	BLOCS	Sup 20cm

1. 3.1- La texture

Les particules donnent au sol des caractères qui dépendent en grande partie de leur taille. Les sables grossiers n'adhèrent pas les uns aux autres et, s'il y en a beaucoup, le sol est alors perméable. Quand les éléments très fins sont majoritaires ils constituent une masse continue, surtout à l'état humide et le sol est alors imperméable. La plasticité, la cohérence, la stabilité des agrégats et bien d'autres caractères, dépendent des proportions de différentes classes granulométriques du sol. C'est ce qui permet de définir la texture d'un sol.

1- Les Eléments Grossiers

1-1. Les éléments grossiers : Gravier, Caillots, Pierres, Blocs, fragments des squelettes du sol, quant il constitue la part essentielle dans la composition essentielle du sol, ils donnent ce L'on peut appeler des sols squelettiques (exemple sols des montagnes) leurs rôles peuvent être résumés de la façon suivantes:

- Ils constituent la réserve minérale du sol : leur altération chimique libère des éléments minéraux qui contribuent à l'alimentation des plantes.
- Ils augmentent la perméabilité du sol à l'eau et à l'air.
- Ils peuvent avoir une action sur la chaleur du sol, tant que réservoir (les sols calcaires).
- Ils peuvent participer à constituer une réserve d'eau: certaines roches poreuses peuvent retenir un peu d'eau.

2- Terre fine

2-1 Sable grossiers:

- Favorisent la pénétration de l'eau et de l'air : ils rendent le sol perméable.
- Ils retiennent peu de l'eau: le sol est filtrant
- Ils facilitent les échanges de la température: le sol se réchauffe vite au printemps
- Ils ne peuvent s'agglomérer en motte: facile à la pénétration des racines et sensible à l'érosion

2-2 les limons et sables fins

- Ils rendent le sol battant: le sol a la tendance à se tasser en surface sous l'effet des pluies et à former des croûtes
- Ils ont tendance à retenir l'eau en s'opposant à son infiltration en profondeur: le sol est imperméable en surface, asphyxiant pour les racines.

2-3 Les argiles

Les argiles sont des silicates d'alumine hydratés ($n\text{SiO}_2m\text{Al}_2\text{O}_3p\text{H}_2\text{O}$). 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 = 1Si + 1Al ou bien, selon le type d'argiles, 1Si + 1Al + 1Si. 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.

c)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.

II-la matière organique

1-Généralité:

Les matières organiques représentent en moyenne 1% à 10% de la masse des sols .

Elles participent à la dynamique des éléments chimiques et contribuent à la structure des sols.

Deux catégories de constituants organiques:

- **Organismes vivants du sol** : racines des végétaux, micro organismes (bactéries + champignons+Actinomycètes + algues), macrofaune (vers de terre, insectes) , méso faune (nématodes, acariens) et microfaune(protozoaires).
- **Matières organiques mortes** : fragments de tissus végétaux et animaux, molécules individualisées(acides organiques carboxyliques et aminés , protéines, lipides, macro biomolécules) et agrégats moléculaires(substances humiques).
 - Des produits évolués : ce sont les matières humiques(M.H). Elles constituent l'humus au sens strict du terme.
 - L'ensemble (M.O.F) et (M.H). Constitue l'humus au sens large(Mull,Moder,Mor).
 - L'humification et le terme servant a designer la transformation de la (M.O.F)en(M.H) dans des conditions écologiques(normale), c'est-à-dire d'aération et de richesse chimique suffisante et en conditions anaérobie, il ya putréfaction ou tourbification.
 - La minéralisation concerne l'ultime phase de transformation des substances organiques. Elle se traduit par la libération dans l'atmosphère et le sol de produits minéraux tels l'eau, le gaz carbonique, acide nitrique, amoniaque,sels minéraux soluble(k⁺,ca⁺.....).

2-les matières organiques génératrices d'humus

Les substances végétales interviennent la presque totalité (99%) dans l'élaboration de l'humus.

La matière organique fraîche se compose:

- De sucre, d'amidon et d'autre hydrate de carbone soluble dans l'eau.
- D'hémicellulose. cellulose, polysaccharide(provenant de la condensation de molécule de glucose). lignines (des produits de condensation de polyphénols), tanins ,graisse, de cire, d'huiles....., protéines et dérivés, constituants minéraux (cendres):P,S,K,Ca...

Pour fixer des idées sur l'importance des quantités organiques fraîche arrivant au sol en forêt , les deux tableaux ci-dessous livrent quelques chiffre intéressants:

- **Quantités de matières végétale retournés au sols (en tonnes/ha/an de matières sèches)**

Forêts Feuillues tempérée	3-9 t/ha/an
Forêts résineuses tempérée	3-6 t/ha/an
Forêt subtropical	20 t/ha/an
Forêt équatoriale	25 t/ha/an

La composition quantitative de matières organiques végétales oscille entre les limites

Suivantes:

Cellulose : 20-50%

Hémicelluloses : 10-28%

Tanins : 1-8%

Protéines:1-15%

Cendres :1-6%

Certaines matières organiques sont faciles a décomposer et servent surtout d'aliments énergétiques et plastiques aux micro organisme(bactérie..) et disparaîtront très vite se sont les Celluloses et Hémicelluloses, sucres, etc .D'autre seront attaquées et moins complètement, laissant d'important residus: lignine, la matière grasses, les résines, les tannins,etc.

4- Les agents de l'humification

La flore du sol (bactéries et champignons) et la pédofaune, fragmentent et transforment le résidu végétal et animal. Agents de l'humification, il intervient tour à tour dans un réseau trophique complexe peu connue jusqu'à nos jours.

Les organismes édaphiques selon leur nombre dans le sol sont:

Protozoaire, nématodes, acariens, lombricides,

Collembolles, arthropodes.

5- Les matières organiques humifiées

Les différentes molécules se classent selon leur densité:

acides créniques \geq Acides humatomecanique \geq Acides fulviques \geq Ac humiques \geq Humines (une condensation d'ac humiques et fulviques). C'est donc une association supra-moléculaire.

Ces molécules sont elles-mêmes liées à des molécules non humifiées par des cations multivalents. Les liaisons faibles complexifient leur étude

6- Les propriétés de la matière organique

- Alimentation minérale des végétaux en NO_3 , phosphates et en oligo-éléments lors de la minéralisation (rôle des crucifères).

- détoxification

- amélioration de la stabilité structurale (effet court terme lors de l'humification et effet long terme de l'humus mais plus atténué que pour la phase d'humification)

III- Les colloïdes (Les complexes colloïdes du sol)

1- Introduction :

Les plantes absorbent les éléments minéraux sous forme d'ion, à partir de la solution du sol, qu'ils soient libre ou piégés dans des complexes organiques ou des colloïdes du sol.

Que veut dire les colloïdes du sol?

2- Définition

Colloïde vient du grec: kolla (colle) et oïde (semi), c'est la suspension d'une ou plusieurs substances, peuvent être dispersés ou floculés. Et les colloïdes des sols possèdent des charges électriques dites superficielles car localisées en surface des particules.

3- Les Formations Des Colloïdes

Altération et la décomposition des matières organiques (humus), Les minéraux donnent des macromolécules (0,2 et 0,002 μm).

4- les types de colloïdes

- Colloïdes solide

- Colloïdes Gaz
- Colloïdes Liquide : L'argile et l'humus Dans le sol

5-Le rôle des colloïdes dans le sol

1. La structure du sol résiste aux effets dégradants de la pluie grâce aux colloïdes argileux qui se mélangent pas avec l'eau.
2. L'argile protège l'humus de sa destruction par les micro-organismes à l'aide de la matière colloïdale.
3. L'humus c'est un colloïde protecteur, qui protègent l'argile quand il y a trop d'humidité.
4. Les éléments sableux sont enrôlés d'une sorte de pâte (colle), qui les réunit, le sol est donc solide grâce aux colloïdes.

6-Conclusion

Les complexes colloïdes ce sont des suspensions qui jouent un rôle très important, dans la nutrition des végétaux par les ions de cette matière, et dans la protection des constituants du sol, aussi ils assurent sa stabilité structurelle.