

Cours Ecopédologie

Les éléments constitutifs du sol

1-les constituants minéraux :

Les constituants minéraux du sol sont primaire hérité directement de la roche mère (par exemple l'épidote, la tourmaline) ou secondaire issu de la transformation chimique des précédents et réunis dans le complexe d'altération. Celui-ci comporte des sels (tel que carbonates de calcium ou de magnésium) ou des silicates (exemple les micas et les argiles).

1-1.Le calcaire :

Il se trouve dans le sol à une double origine, il provenir de la roche mère ou les eaux souterraines. Il joue deux rôles dans le sol :

- Un rôle physicochimique, il intervient comme un ciment dans le sol.
- Un rôle physiologique, il intervient dans la nutrition des plantes.

Mise en évidence du calcaire dans le sol : il se déterminé au niveau de sol par deux méthodes :

Sur terrain : en réagir un acide fort (HCl) avec un échantillon du sol, plus l'effervescence est fort plus le sol est riche en calcaire.

Au laboratoire : cette méthode nous a permet de mesurer la quantité de Co₂ dégagé suite à la réaction des carbonates avec un acide de Hcl de normalité 0.1 la réaction suivante :



Le taux de CO₂ est estimé par le calcimètre de Bernard plus le taux de CO₂ est élevé plus le sol est riche en calcaire.

Les formes du calcaire dans le sol : On distingue quatre formes du calcaire dans le sol

1. La forme diffusée : répartition hétérogène des particules au niveau d'un horizon ou dans tout le profil.
2. La forme pseudomycelium : c'est un dépôt et film des particules du calcaire au tour des agrégats ou de long de vide.

Cours Ecopédologie

3. La forme nodule : des pierres de calcaire peuvent atteindre un diamètre de vingt centimètres, il existe deux types de la forme nodule:

- Nodule cohérent (dure).
- Nodule friable c'est la forme qui peut se réduire facilement en poudre, c'est la forme la plus dangereuse pour la végétation car les particules du calcaire qui se trouvent dans le sol peuvent entraîner un phénomène de toxicité.

4. La forme crouté : c'est une dalle peut dépasser un mètre qui occupe un horizon ou tout le profil du sol.

Répartition du calcaire dans différentes régions :

Au niveau des zones méditerranéenne, aride et semi-aride l'accumulation du calcaire se fait généralement par la forme nodule et crouté car l'infiltration de l'humidité est faible et en plus le phénomène d'évaporation intervient la remonte et l'accumulation des particules du calcaire dans le profil du sol.

Les zones tempérées qui sont caractérisées par une forte pluviométrie, l'accumulation du calcaire se fait au-delà d'un mètre de profondeur sous la forme diffusée et pseudomycélium.

Selon la teneur en calcaire, il y a cinq (05) classes de sols calcaires:

- Sols très faiblement calcaires avec un taux de $\text{CaCO}_3 < 2\%$.
- Sols faiblement calcaires avec un taux de CaCO_3 de 2 à 10%.
- Sols moyennement calcaires avec un taux de CaCO_3 de 10 à 25%.
- Sols fortement calcaires avec un taux de CaCO_3 de 25 à 50%.
- Sols très fortement calcaires avec un taux de $\text{CaCO}_3 > 50\%$.

Le calcaire actif :

Il concerne les particules fines qui se trouvent dans la solution du sol, il peut être déterminé par la méthode de Drouineau.

Détermination du calcaire actif : faire réagir l'Oxalate d'ammonium $[(\text{NH}_4)_2 \text{C}_2 \text{O}_4]$ avec les particules calcaires pour obtenir l'Oxalate de calcaire ($\text{CaC}_2 \text{O}_3$).

L'échantillon du sol plus l'Oxalate d'ammonium (en grande quantité) après la réaction on observe qu'une quantité d'Oxalate d'ammonium réagit avec le calcaire et nous donne CaC_2O_3 et une partie ou quantité d'Oxalate d'ammonium reste ne réagit pas.

Cours Ecopédologie

Pour déterminer la quantité d'Oxalate d'ammonium qui n'a pas réagi avec les particules du calcaire on fait la neutralisation avec les permanganates de potassium (KMnO_4).

- X_1 quantité de KMnO_4 neutralise Y quantité de $[(\text{NH}_4)_2 \text{C}_2 \text{O}_4]$.
- X_2 quantité de KMnO_4 qui n'a pas réagi avec le calcaire.

Remarque : plus la quantité de permanganates de potassium KMnO_4 utilisé est importante, plus la quantité d'Oxalate d'ammonium $[(\text{NH}_4)_2 \text{C}_2 \text{O}_4]$ en excès est importante, c'est à dire que le sol est pauvre en calcaire.

1-2. les Sesquioxydes :

Ce sont des composées minérales de formule générale $\text{M}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ le M c'est un métal qui peut être soit le Fer (Fe) ou Aluminium (Al) ou soit le manganèse Mn.

1-2-1.les Sesquioxydes composés par le Fer :

Le Fer a un double rôle au niveau du sol, il intervienne dans la pédogénèse et dans la nutrition des plantes. Leur origine c'est la roche mère et particulièrement la roche Basique. Il se trouve dans le sol soit sous forme ionique ou sous forme d'oxyde (oxyde de fer(II) FeO également appelé oxyde ferreux ou oxyde de fer(III) Fe_2O_3 appelé oxyde ferrique).

En hiver le Fer se trouve sous forme réduite Fe^{+2} et donne au sol un couleur bleu par contre en été le Fer se trouve sous forme oxydé Fe^{+3} et donné au sol un couleur rouge. Parmi les composés de Fer qui ont peut observer dans le sol il y'a Himatite Fe_2O_3 et Magnétite Fe_3O_4 .

1-2-2.les Sesquioxydes composés par l'Aluminium :

On rencontre plus particulièrement dans les tropicales, leur origine est la roche mère. Il se trouve dans le sol soit sous forme ionique Al^{+3} ou sous forme oxyde d'aluminium Al_2O_3 ou hydroxyde d'aluminium $\text{Al}(\text{OH})_3$, généralement l'aluminium entre dans la composition des argiles et leur présence dans la solution du sol avec une grande quantité est nuisible pour la nutrition des végétaux car cette ions a une valence de trois, il bloque l'absorption.

1-3. le gypse :

C'est un sel soluble (Sulfate de calcium hydraté), il peut se déshydrater pour donner d'autres sels. Leur formule générale $\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ il est très fréquent dans les zones

Cours Ecopédologie

arides et semi-arides. Il est répandu dans les régions à régime hydrique xeric, ustic et aridic : Tunisie, Syrie, Irak, sud de l'URSS et de l'Espagne, Mexique, Algérie, etc

L'origine du gypse en qualité importante dans le sol est en relation avec la présence de roches sédimentaires gypseuses, la topographie et l'aridité du milieu. Dans le sol, le gypse peut se présenter sous différentes formes (les formes discontinues et continues) en fonction des conditions dans les quelles il précipite.

Selon le degré de précipitation du gypse au niveau du profil, on distingue :

- Des accumulations généralisées qui englobent les croûtes et les encroûtements.
- Des accumulations localisées qui regroupent les nodules, les amas friables, les racines gypsifères, les pseudomyceliums, et le gypse diffus.

D'une manière générale la présence de gypse en grande quantité, dans le sol affecte les qualités physico- chimiques de ce dernier, baisse la fertilité et par conséquence la biomasse et la production végétale.

1-4. les argiles :

Les argiles peuvent être définies de deux manières, toutes les particules ayant un diamètre moins de deux micromètre ou des phyllo silicates, ces composés se repartent sous forme des feuilles plus ou moins parallèles composer de Silice SiO_2 et d'Alumine Al_2O_3 et eau.

La formule générale de l'argile $n\text{SiO}_2 \text{ Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ il existe différentes types d'argile qui se différencie en fonction de nombre des couches de Silice et d'Alumine et aussi en fonction de l'espace existant entre les feuilles.

1-4-1.les méthodes d'étude des argiles : Il y'a deux méthodes

- a) La méthode chimique : elle basé sur détermination de capacité d'échange des cations CEC ou la capacité de fixation des cations. C'est l'une des méthodes utilisé pour l'identification des argiles.

La CEC est défini comme la quantité totale des cations qui peuvent se fixé dans l'espace interfeuille d'argile, il peut être défini également le nombre des sites négative existent dans l'espace interfeuille, elle exprimé par meq/100g d'argile et elle varie d'un type a l'autre par exemple :

- La Montmorillonite leur CEC = 150 meq/100g d'argile.
- La Kaolinite leur CEC = 5 meq/100g d'argile.

- b) La méthode physique : dans cette méthode on utilise le microscope électronique ou il utilise les rayons X pour déterminer les types d'argile.

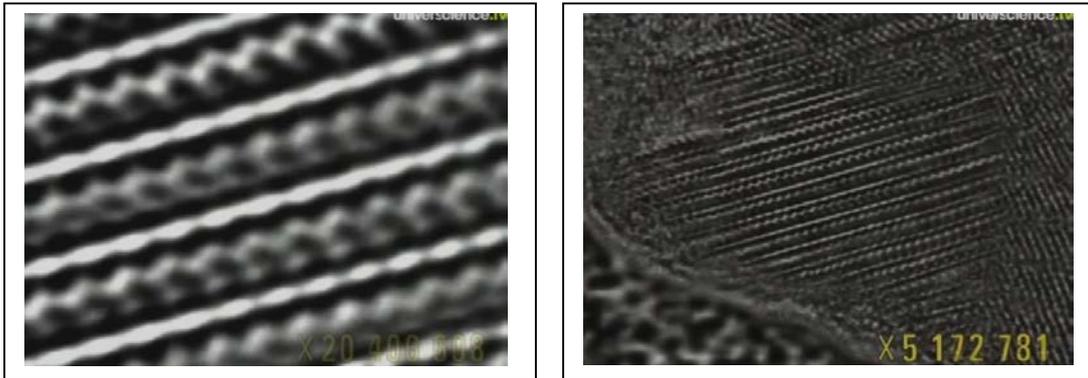


Figure 02: photos d'argile sous un microscope électronique

Sous le microscope électronique on observe l'argile sous forme des hexagones empilées, ce pendant La Montmorillonite possède des hexagones plus petites que la Kaolinite.

1-4-2.les éléments structuraux des argiles :

Les argiles sont des empilements des couches Tétra edrique de Silice et des couches Octa edrique d'alumine, il existe trois superposition possibles :

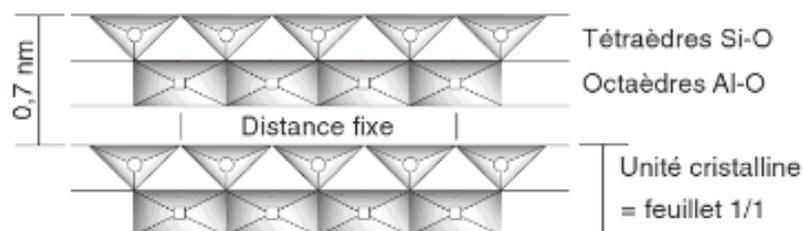
- a) Une couche Tétra + une couche Octa \longrightarrow argile de deux couches (1/1)
exemple : la Kaolinite
- b) Une couche Tétra +une couche Octa + une couche Tétra \longrightarrow Argile de trois couches (2/1) exemple : la Montmorillonite.
- c) Une couche Tétra +une couche Octa + une couche Tétra + une couche Tétra \longrightarrow On dit (2/1+1) parce que l'espace inter feuilles situe après la troisième couche.

1-4-3.caractéristiques des différents types d'argile :

a) La kaolinite :

C'est une argile de deux couches une couche Tétra edrique et une couche Octa edrique (1/1). Ce type d'argile est caractérisé par une épaisseur fixe de 0.7 nm (Fig.3)

Figure03 : structure des argiles (1/1) type kaolinite



Rare sont les éléments qui peuvent être fixes dans l'espace interfeuille, la CEC est faible de 3 à 15 meq/100g. Ce type d'argile se trouve surtout dans les sols tropicaux et il caractérise les sols moins fertiles.

b) Halloysite :

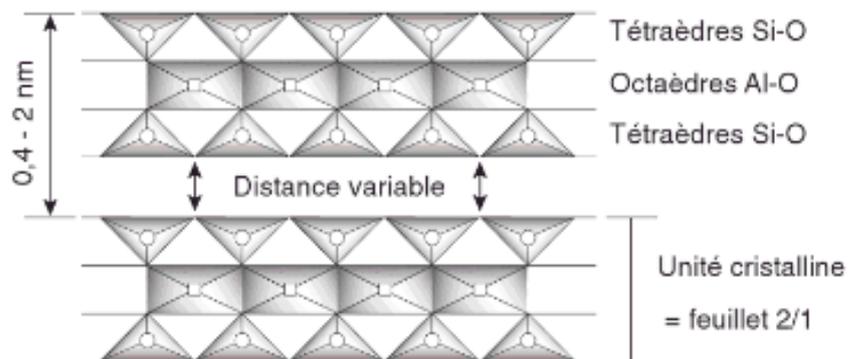
Elle présente la même formule (1/1) et possède un degré de hydratation élevée, leur CEC égale 30 meq/100g d'argile, elle caractérise les sols les plus fertiles et elle se trouve un peu partout dans les sols mélangés avec les autres argiles mais avec de petites quantités.

c) Montmorillonite :

C'est une argile de trois couches de type (2/1), deux couches Tétra et une couche Octa. Leur capacité de fixation est variée entre 80 et 150 meq/100g, elle est caractérisée par une épaisseur variable de 0,4 à 2 nm (Fig.04).

Elle se trouve dans les zones arides et semi arides

Figure 04 : structure des argiles 2/1, type montmorillonite



d) Vermiculite :

C'est une argile de trois couches de type (2/1) deux couches Tétra et une couche Octa, leur espace basale n'est pas stable et variable selon le degré d'hydratation de la molécule, elle est pauvre en potassium K^+ . La capacité de fixation des cations de ce type d'argile est variable entre 65 et 145 meq/100g.

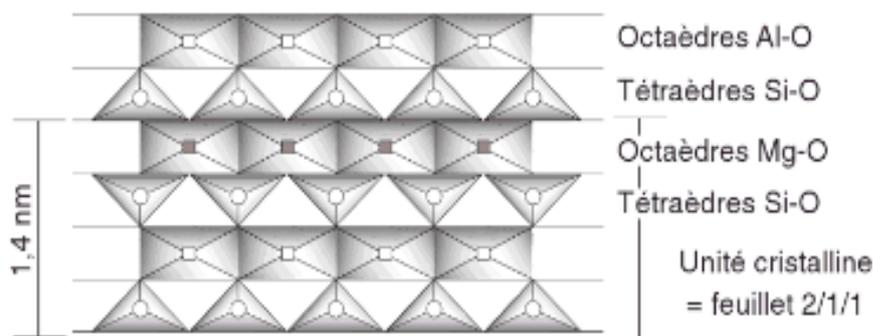
e) Illite :

C'est une argile de trois couche de type (2/1) dont l'espace basale est faible et stable, riche en potassium K^+ leur capacité de fixation des cations est environ 60 meq/100g. L'illite exige pour sa formation la présence de potassium et le PH neutre.

f) Chlorite :

C'est un argile de quatre couches de type 2/1+1 ou 2/1/1 présente un feuillet à trois couches complétées d'une supplémentaire Octaédrique à base de magnésium, ces argiles a faible capacité de fixation des cations varié entre 10 et 15 meq/100g. Les chlorites ne sont pas gonflantes, l'épaisseur des feuillets restant fixé, généralement elle caractérisée les sols les moins fertiles (Fig.5).

Figure 05 : structure des argiles 2/1/1 type chlorite



1-4-4.Répartition climatique et horizontale des différents types d'argile :

En climat chaud et humide on trouve surtout la Kaolinite et Halloysite, par contre dans les zones tempérées et inondées on trouve généralement la Montmorillonite. L'illite se trouve un peu partout mélangé avec d'autre argile mais en petite quantité. Pour la vermiculite leur présence est indépendante du climat.

1-4-5.Répartition verticale des argiles:

Cette répartition se fait en fonction des propriétés physique et chimiques des sols on peut trouver des argiles de différents types d'un horizon à l'autre par exemple la Kaolinite dans les zones tropicales la teneur des sols en Kaolinite diminue avec la profondeur ceci est due à l'enrichissement des horizons superficiels par les acides humiques ou la seule la Kaolinite qui peut résister.

2-Les constituants organiques :

De la litière à la matière organique humifiée, la mort des êtres vivants, leur déchets et sécrétions apportent au sol sa matière organique (matière organique fraîche). Cette matière organique va être semi a processus principaux qui assurant sa décomposition :

- La minéralisation : elle consiste a la libération des composées minéraux simples généralement solubles ou gazeuses (Cl^- , NH_3 , CO_2 , H_2NO^{-3} , PO_4^{-4} etc), cette processus est appelée minéralisation primaire.
- L'humification : elle consiste à la libération des composées plus au moins complexes pour former l'humus qui a son tour subit une minéralisation secondaire pour donner les minéraux simples.

2-1.Matière organique fraîche (la litière) :

La première catégorie de matière organique, la litière au sens large est composée de l'ensemble des matières organiques d'origine biologique a différents stade de décomposition, qui représente une source d'énergie potentielle pour les espèces qui les consomment. Elle comprend les organismes et les parties d'entre eux qui vivent de mourir et qui en sont déchets, qu'ils soient végétaux, animaux ou microbiens, aérien ou souterrains ainsi que les excréments des animaux et différents composés émis directement dans le milieu.

❖ Aspect quantitative : la quantité de la litière aérienne est variable selon les formations végétales elles-mêmes dépendantes du climat (Tab.1).

Tab.1 : Chute annuelle et masse totale de litière aérienne de quelques formations végétales.

Végétations	Chute annuelle de litière aérienne T/ha/an	Masse totale sur la planète 10^9T
Forets tempérée caducifoliée	11.0	14.0
Savane	9.5	3.0
Semi désert	0.6 - 1.1	0.4
Forêt tropicale et équatoriale	20.0 - 40.0	7.2
Prairie tempérée	7.5	3.6
Culture agrosystème	0.3 - 2.0	1.4
Zone marécageuse	5.0 – 35.0	5.0

Dans certain cas pourtant, la litière d'origine animale peut être importante comme le montrent les exemples suivants :

- 1- dans une chênaie les crottes des chenilles du *Bombyx disparate* atteignent de 400 à 1000 Kg /ha en cas de prolifération.
- 2- Une vache de 500 Kg dépose chaque jour sur le sol de son pâturage environ 25 à 30 Kg de bouse.
- 3- Les éléphants du parc national du Tsavo au Kenya déposaient quelque 550 Kg (Pois sec) d'excréments par hectare et par année.

D'autre part la litière souterraine représente un apport très important de matière organique pour le sol qui généralement oublie. Ce type de litière issue de la mort des racines, d'après les scientifiques la production des racines peut représenter 85% de la production primaire nette totale et la perte annuelle en racine fines 92% de leur biomasse.

❖ Aspect qualitatif : la litière végétale présente deux caractères opposés : Elle peut être *améliorante* c'est-à-dire riche en azote et cellulose mais relativement pauvre en lignine, elle active les processus bactériens dans le sol notamment la disponibilité de l'azote pour les plantes. Ce type de litière riche en énergie facilement accessible est fournie par des arbres feuillus tel que le Frêne, l'Erable, l'orme ainsi que la majorité des plantes herbacées.

Comme elle peut être *acidifiante* pauvre en azote mais riche en lignine, elle inhibe l'activité bactérienne du sol. Les responsables sont des tanins des phénols toxiques ou des acides organiques qui sont libérés directement par la litière comme l'acide Salicylique soit issu de la transformation de la lignine. La litière de ce type à niveau énergétique faible provenant *des épicéas, des pins, des bruyères*ect.

2-2.les propriétés générales d'humus:

2-2-1.Composition d'humus : il est constitué de deux parties

- Une partie constituée de la matière organique peu ou non évoluée elle représente 10 à 15% de la quantité totale d'humus dans le sol
- Une deuxième partie constituée de la matière organique évoluée à différentes stades qui représente 85 à 90% d'humus dans le sol.

Pour déterminer la quantité d'humus au niveau du sol il ya deux méthodes :

Cours Ecopédologie

- La première méthode pour la détermination de l'azote : c'est la méthode de Kjeldahl qui consiste à la transformation de l'azote organique N en azote ammoniacal NH_4^+ et par la distillation on détermine le azote ammoniacal.

Le taux de M O ??

$$\begin{array}{l} \text{Dans 100 g de matière organique} \longrightarrow 4.16\text{g de N} \\ \text{X g de matière organique} \longrightarrow 1\text{g de N} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{Dans 100 g de matière organique} \\ \text{X g de matière organique} \end{array}} \right\} X = 100 \times 1 / 4.16 = 24\text{g}$$

$$1\text{ g de N} \longrightarrow 24\text{ g de matière organique}$$

Le taux de matière organique M O dans le sol = taux d'azote N x 24

- La deuxième méthode est basée sur la détermination du taux de carbone C : c'est la méthode de Anne, elle consiste à l'oxydation de la matière organique (M O) par Bichromate de potassium $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_3$

Le taux de M O ??

$$\begin{array}{l} \text{Dans 100 g de matière organique} \longrightarrow 58\text{g de C} \\ \text{Y g de matière organique} \longrightarrow 1\text{g de C} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{Dans 100 g de matière organique} \\ \text{Y g de matière organique} \end{array}} \right\} Y = 100 \times 1 / 58 = 1.72\text{g}$$

$$1\text{ g de C} \longrightarrow 1.72\text{ g de matière organique}$$

Le taux de matière organique M O dans le sol = taux du carbone C x 1.72

2-2-2. les fractions d'humus :

a) ***Les acides fulviques*** : ils comportent des longues chaînes latérales attachées à un noyau aromatique de petite taille (Fig.6). Ils peuvent être extraits par des sels de sodium (pyrophosphate de sodium) et le NaOH, ce sont des acides peu polymérisés et constituent des polysaccharides et des acides aminés et de certains tanins, ils sont une origine double peuvent solubiliser par les eaux de pluie avant la décomposition de la matière organique comme ils peuvent provenir de l'activité des microorganismes sur la matière organique. Les acides fulviques existent en grande quantité dans les sols défavorables à l'agriculture (les sols caractérisés par une forte acidité).

b) ***Les acides humiques*** : ce sont des composés plus polymérisés que les acides fulviques, ils sont extractibles également par NaOH et par les sels de sodium. Les acides humiques sont des acides qui possèdent un noyau cyclique relativement dense et sur laquelle se greffent des chaînes latérales courtes des polysaccharides et des acides aminés (Fig.6). On distingue deux types d'acide humique

Les acides humines : ce sont des composés très complexes très polymérisés et contrairement aux deux premières fractions (acide fulvique et acide humique) les acides humines ne sont pas extractibles par les sels de sodium et ceci pour deux raisons : ils contiennent des noyaux très denses et une forte liaison avec les minéraux.

D'une manière générale ces constituants humiques se distinguent par leur degré de polymérisation c'est-à-dire la grosseur de leur molécule celle-ci augmente de puis les acides créniques vers les acides humines(Fig.08)

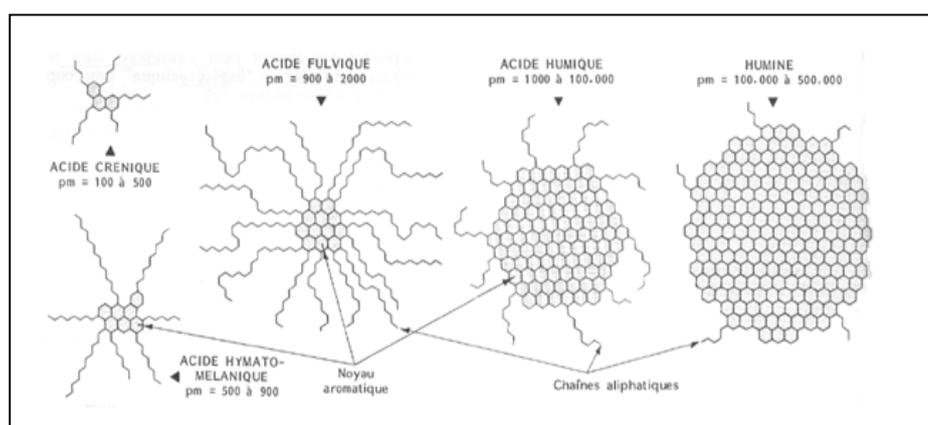


Figure 08 : Les composés humiques (tires de Soltner,1992).

2-2-3. les formes d'humus :

Il y a huit grandes catégories d'humus, pourtant assez ancienne la différenciation de huit formes d'humus réparties en deux groupes principales (trois aères et cinq hydro morphes) sa valeur explicative car elle reflète bien les effets inter dépendants de l'activité biologique générale et degré hydromorphie (Tab 2).

Le rapport C/N est un bon critère de caractérisation de trois formes d'humus aères, la valeur de ce rapport qui est de 8 à 15 dans *les mulls* et de 15 à 25 dans *les moder* et supérieur à 25 dans *les mors*. Ces valeurs sont indicatives et peuvent différencie au sein du même sol, entre deux horizons humifères.

Cours Ecopédologie

Tab.2 : principales catégories des formes d'humus des régions tempérées

Nomenclature			
Milieu aéré	Mull	Moder	Mor
Milieu humide, frange d'ascensions capillaire d'une nappe	Hydromull	Hydromoder	Hydromor
Milieu temporairement saturé d'eau	N'existe pas	Anmoor	Hydromor
Milieu saturé d'eau permanence	N'existe pas	N'existe pas	Histosol (Tourbe)
Principales caractéristiques			
Activités biologiques générale (efficacité de transformation)	Forte	Moyenne	Faible
Complexe argilo-humique	Développé et stable	Peu développé souvent instable	Très peu développé ou absent
Type d'horizon A (en milieu aéré)	A Biomarcostructuré ou l'insolubilisation grumeleux a micro-grumeleux	A de juxtapositions massif ou particulières	A de juxtapositions très peu épais ou absent
Rapport C/N	8 à 15	15 à 25	> 25

Notons que la classification allemande des sols (Mukenshan 1985) propose trois groupes de formes d'humus selon le degré d'hydromorphie, là où les classifications françaises n'en présentent que deux :

- Les formes terrestres : mull, moder et mor
- Les formes semi terrestres : les hydromull, hydromoder, hydromor, anomoor et tourbe des marais de transition et des hauts marais (histosols)
- Les formes subaquatiques : tourbes de bas marais *sapropèle* (couche humique noire des zones submergées réduites, pauvre en organisme pluricellulaires), *gyttja* (couche humique gris à noire des zones submergées oxygénées, riche en restes végétaux et en organismes) et *dy* (dépôts tourbeux bruns des eaux acides et pauvres en organismes)

2-3. les fonctions d'humus :

2-3-1. les rôles physique d'humus dans le sol :

-le pourcentage élevé d'humus se traduit par un changement de la couleur de sol cette variation intervient au niveau calorifique (énergie) du sol (capacité d'interception de la lumière).

Cours Ecopédologie

-l'humus jouer un rôle dans la structure du sol son pouvoir sur la cohésion des particules du sol et entre dans la formation du complexe argilo-humique, aussi on dit souvent que l'humus donne des corps au sol légère et léger les terre lourds.

-l'humus entraine une variation de la mouillabilité (capacité de rétention de l'eau) un sol riche en humus retient plus d'eau.

2-3-2.les rôles chimiques d'humus dans le sol : il influe sur les propriétés chimiques du sol

-les colloïdes organiques sont chargés négativement et ont la capacité d'augmentés la rétention du sol en particules cationiques (CEC). La CEC de la matière organique est très élevé par port les constituants minéraux du sol, elle varie entre 200 et 600 meq/100g.

- la matière organique est une source d'éléments nutritifs libérables à long terme.

-influence d'humus sur la propriété physiologique des végétaux :

- L'humus a une action stimulatrice sur la formation et la croissance des racines et forme pour les végétaux des substances de croissances.
- L'humus jeu un rôle dans les métabolismes des glucides, protéines et lipides chez les végétaux. Il entraine une accélération des processus respiratoire chez les plantes dans le sol.

3-Les complexes colloïdaux :

Les plantes absorbant les éléments minéraux sous forme d'ions a partir de la solution du sol qu'ils soient libre ou piégé dans des complexes organiques ou des colloïdes.

3-1.Définition :

« Les colloïdes vien de grec *Kolla* (colle) et *Oeid* (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 superficielle car localisée en surface des particules ».

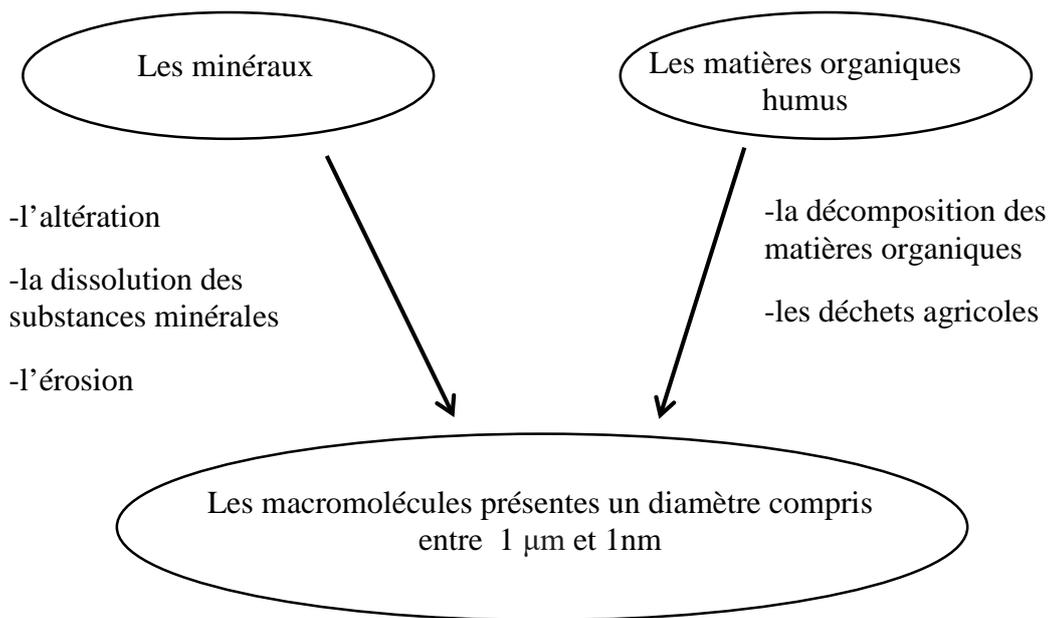
« Un colloïde est une entité qui a au moins dans une direction une dimension comprise entre 1 nm et 1 µm cette entité peut être un solide ou un liquide ou un gaz et elle dispersée dans un milieu liquide ou un gazeux et l'on parle de dispersion colloïdale ».

3-2.la formation des colloïdes :

Cours Ecopédologie

Les colloïdes sont des macromolécules organiques ou minérales qui placés dans l'eau ne forment pas une solution mais forment une suspension colloïdale.

La formation de cette pseudo solution est expliquée par le fait que la taille de ces macromolécules est plus grande que celles des vides offerts dans le maillage des molécules d'eau, vides qui accueillent les petites molécules dont on dit qu'elles sont dissoutes dès lors qu'elles sont cachées dans ce maillage. Comme nous montre le schéma suivant les colloïdes leur origine soit minérale ou organique



Dans la nature les colloïdes peuvent être soit électronégatifs (argiles, humus, complexe de fer-silice) soit électropositifs (oxydes de fer, oxydes d'alumine).

Théorie de Helmoz – anatomie de la micelle :

Pour comprendre le comportement d'un colloïde vis-à-vis des charges électriques, il est utile d'en comprendre la composition. Les particules colloïdales, considérées à l'état élémentaire portent le nom de micelle.

Les micelles sont un amas de plusieurs (grosses) molécules comprenant au centre un noyau compacté et vers l'extérieur deux couches de charges électriques. Le noyau conditionne les propriétés générales de la micelle : il est entouré par une première couche dense et rigide de charges électriques de même signe, les charges électriques de cette première couche sont entourées par un nuage de charge de signe contraire.

Lorsque le nuage de charges positives autour d'une micelle électronégative est très lâché, souvent parce que les charges positives sont en petite quantité, les micelles de

même si elles se repoussent mutuellement, ne peuvent se déposer et occupent tout le volume du liquide. On dit que les colloïdes sont dans l'état dispersé.

Si le nuage de charge positive est dense autour des colloïdes soit parce que la richesse en cations du sol permet cette densité du nuage dans la solution du sol, les micelles ne peuvent plus se repousser. La neutralisation des charges négatives par les charges positives permet de surcroît aux colloïdes de s'agglomérer et former l'état floculé (Fig 09).

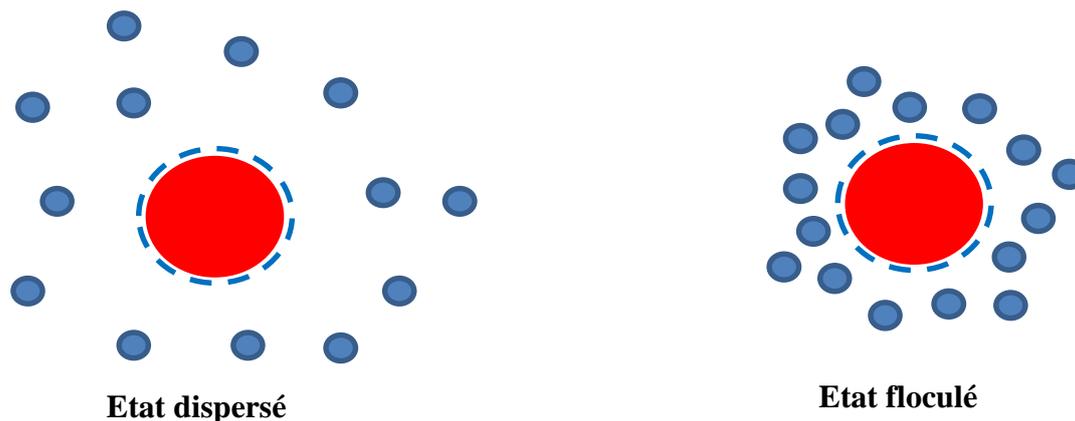


Figure 09 : l'état dispersé et l'état floculé des colloïdes

- Etat dispersé : le nuage de cation est lâché autour de micelle.
- Etat floculé : le nuage de cation est resserré autour de micelle.

Les micelles colloïdales et les cations métalliques n'ont pas tous la même capacité à flocculer. Un des facteurs importants à prendre en considération c'est le degré d'hydratation aussi bien des micelles que des cations.

Les argiles peu hydratées sont toujours plus faciles à flocculer que les humus très hydratés, de la même façon les cations Ca^{+2} ou Mg^{+2} faiblement hydratés ont un pouvoir de floculation plus important que les ions Na^+ ou K^+ d'avantage hydratés.

La charge et la taille des cations jouent un rôle fondamental, les cations les plus gros et les plus chargés (ex : Fe^{+3} ou Al^{+3}) flocculant mieux les colloïdes que les ions de petite taille et peu chargés ex : H^+ .

3-3. l'agrégation des colloïdes :

L'agrégation est le phénomène qui conduit à l'assemblage des particules colloïdales selon la terminologie utilisée par Stumm et Morgan 1981 on distingue :

- 1) l'agrégation due aux électrolytes appelée *coagulation*.

2) l'agrégation due aux polymères appelée *floculation*.

3-3-1.les forces inter particulières :

L'évolution des colloïdes vers un état dispersé ou au contraire vers un état floculé a une forte influence sur l'évolution, de la stabilité, de la structure et sur le transport particulaire de matière. Cette évolution est orientée par différentes forces qui agissent entre les particules.

- 1) La force due au champ de gravité qui provoque la sédimentation des particules.
- 2) Les forces inter particulière : les forces de Van der waals a l'origine d'une attraction et les forces électrostatiques responsables soit aussi d'une attraction soit d'une répulsion.

3-4.les types des colloïdes :

Il y a deux types des colloïdes

-Les colloïdes hydrophiles : ces colloïdes sont responsables de la coloration des eaux et sont en générale de nature organique présentant des groupes de type R-NH₂, R-OH entre autre ces groupement électronégatifs vont créer des liaisons hydrogène avec les molécules d'eau.

-les colloïdes hydrophobes : ils sont en générale de nature minérale, leurs surfaces sont constituées de charge qui engendre une répulsion mutuelle rendant impossible tout agglomération.

3-5.Les rôles des colloïdes dans le sol :

- 1) La structure du sol résisté aux effets dégradants de la pluie aux colloïdes argileux qui ne se mélangent pas avec l'eau.
- 2) Les éléments sableux sont en rôles d'une sorte de pate (colle) qui les réuni le sol est donc solide grâce aux colloïdes.
- 3) L'humus est un colloïde protecteur qui protège l'argile quand il y a trop humidité.
- 4) L'argile protège l'humus de sa destruction par les microorganismes à l'aide de la matière colloïdale.