

## **Chapitre 2: Caractérisation des propriétés physico-chimiques d'un sol et sa classification**

### **2-1- Les propriétés physico-chimiques du sol**

#### **2-1-1- La texture du sol**

##### **2-1-1-1-Définitions**

La notion de texture appliquée à un matériau-sol correspond à l'ensemble de propriétés résultantes directement de la taille de ces constituants (**Argile inf à 2 $\mu$ m, Limon <sub>f</sub> de 2 à 20  $\mu$ m, Limon <sub>g</sub> de 20 à 50 $\mu$ m, Sable <sub>f</sub> de 50 à 200 $\mu$ m et Sable <sub>g</sub> de 200 à 2000 $\mu$ m**).

C'est l'une des caractéristiques (ou propriétés) physiques et pour certains chercheurs physico-chimiques fondamentales d'un sol.

La texture d'un sol est sa composition en éléments minéraux (classés selon l'échelle granulométrique, S, L et A), la proportion entre les différents éléments minéraux qui composent un sol permet d'en déduire et déterminer sa texture.

Il s'agit des proportions des particules minérales de différentes tailles qui composent le sol.

Les particules (minérales) d'un sol lui donnent des caractères qui dépendent en grande partie de leurs tailles.

**Donc on déduit que la texture reflète la part respective des constituants triés selon leurs tailles.**

C'est la détermination en pourcentages des constituants minéraux composants la terre fine.

##### **2-1-1-2-Méthodes de détermination de la texture du sol:**

La texture d'un sol s'apprécie sur terrain (approximativement par le test de toucher) et avec exactitude par des analyses de laboratoire.

###### **A) Test de toucher**

C'est l'évaluation de la tendance approximative de la texture.

Elle se base sur l'aspect visuel, et surtout le toucher permet de pouvoir évaluer les composants minéraux d'un sol (de la terre fine en particulier).

C'est une méthode de détermination approximative qu'on peut élaborer sur terrain.

Malgré que cette méthode ne soit pas précise, elle nous donne une idée générale sur le type de texture et les éventuelles propriétés (comportement) physico-chimiques du sol touché.

Une de ces méthodes est mentionnée au tableau suivant (Selon, **A Fleury et B Fournier**)

**Tableau 1: détermination de la texture d'un sol par le test de toucher**

Test	Résultat	Conséquence sur la texture
<b>Toucher de la terre sèche</b>	Soyeux ou talqueux	Abondance de limon fin
	Savonneux	Abondance de limon grossier
	Rugueux	Sable grossier
<b>Réalisation d'un boudin de terre humide</b>	Possible	$A > 10\%$
	Impossible	$A < 10\%$
<b>Réalisation d'un anneau avec le boudin de terre</b>	Fissuration avec une $\frac{1}{2}$ formation de l'anneau	$L > A$ $A < 30\%$
	Fissuration avec $\frac{3}{4}$ de formation	$L < A$ $A < 30\%$
	Anneau réalisable	$A > 30\%$

Cette méthode peut nous induire en erreur même si la même personne qui l'opère (la quantité de l'eau utilisée lors de l'émiettement de la terre fine que se soit pour la réalisation d'un boudin ou d'un anneau à partir de ce boudin peut fausser le résultat à trouver.....).

### **B) Mesure précise au laboratoire**

C'est une méthode qui donne des résultats chiffrés donc précis.

Il existe plusieurs méthodes de détermination de la texture d'un sol, en se référant à certaines méthodes (selon le matériel disponible ainsi que les produits et en particulier le type du sol en lui même) au laboratoire, dont on cite:

\***Par tamisage** (il est possible soit en mode sec soit en mode humide),

\***Par diffraction au laser**,

**\*Par décantation dans un fluide.**

La méthode la plus utilisée à travers le monde entier est celle internationale à la pipette de Robinson (dite aussi par décantation dans un fluide...). Passant par 3 étapes :

-Destruction des ciments (organiques et minéraux),

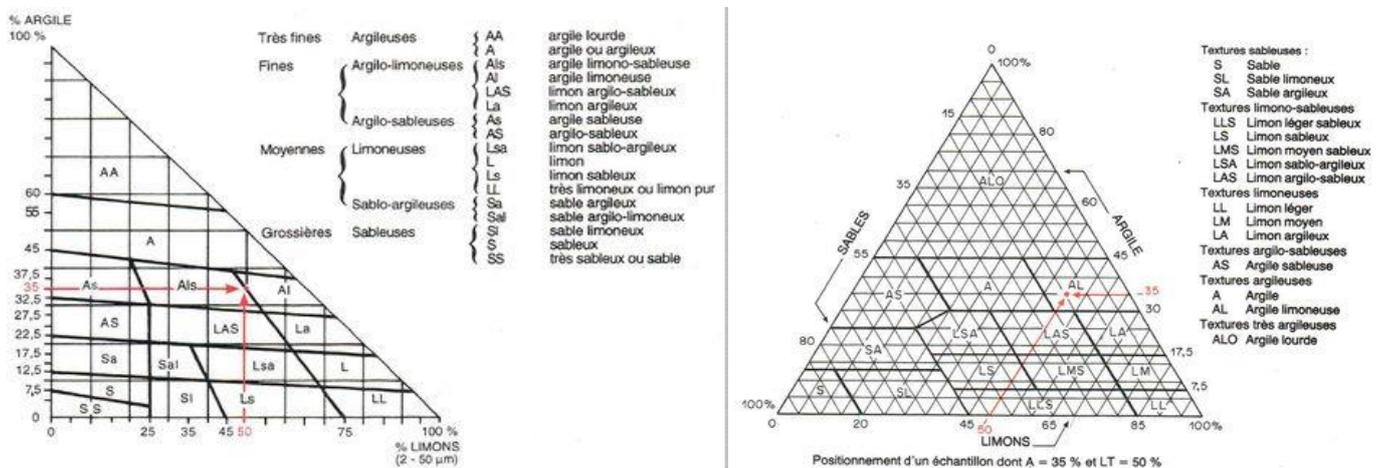
-Dispersion des colloïdes;

-Et enfin prélèvement des fractions limon fin et argiles par utilisation de pipette de Robinson puis des fractions sableuses par tamisage et généralement déduction du taux de limon grossier par différence entre la somme des fractions précitées par rapport à 100;



**Figure 1: Etape de destruction des ciments puis celle de prélèvement à la pipette de Robinson**

-Après détermination précise des pourcentages des constituants minéraux d'un sol (S, A, L) on doit utiliser l'un des triangles texturaux (en particulier celui de Jamagne mais on trouve aussi celui de GEPPA), on arrive à connaître la classe texturale de ce sol (expliqué en détails et avec des exemples aux cours de 2<sup>ème</sup> année; sol et eau).



**Figure 2: Exemples des triangles texturaux**

**-Classes texturales des sols et leurs principales propriétés :**

Chacune des classes texturales donne à ce sol des propriétés (comportement éventuel) de base. Dont on cite:

**Les sols à texture sableuse:**

Il s'agit d'un sol bien aéré, facile à travailler, perméable à l'eau et à l'air, se réchauffe et se refroidisse rapidement, pauvre en réserve en eau et en éléments nutritifs (qui ne peuvent pas être stockées régulièrement et migrent) donc on doit l'enrichir régulièrement, non structuré et présente des faibles capacités d'échanges anioniques et cationiques. Absence de cohésion et de plasticité. Convient particulièrement aux cultures pérennes et maraichères précoces.

**Les sols à texture limoneuse:**

Ce sont ceux dits battants, poudreux, fragiles et susceptibles aux effets des érosions (éoliennes et surtout hydriques (ils sont sujets à la battance ou on dit aussi croute de battance sous l'effet des précipitations et ont une tendance à se crevasser sous l'effet de la sécheresse), à tendance à avoir une structure massive (excès de limon et insuffisance d'argile) accompagnée de mauvaises propriétés physiques (perméabilité réduite).

**Cette tendance est corrigée par une teneur suffisante en humus et calcium. La végétation indicatrice de ces sols est le lierre;**

**Sol à texture argileuse:**

Ce sont les sols lourds, collants à l'état mouillés et durs à l'état sec, s'échauffent lentement et restent mouillés longtemps après une période pluvieuse, riches en éléments nutritifs, se laissent difficilement travailler tant qu'on période humide (plasticité) que sèche (compaction), souvent mal aéré ce qui nuit à la croissance normale des végétaux (asphyxiants pour les plantes).

**Une bonne structure favorisée par l'humification corrige en partie ces propriétés défavorables, avec apport de sable.**

**Par exemple; les légumes poussent dans un sol argileux à condition de le travailler et l'améliorer avec de l'humus et le bien travailler (il faut choisir les périodes de travail de ce sol). La végétation indicatrice de ces sols est le la pâquerette**

### Notion de la texture équilibrée:

Elle correspond à l'optimum (de point de vue texture et pourcentage de S, L et A), dans la mesure où elle présente **la plupart** (pas l'ensemble et la totalité) des qualités des trois types précédents, sans en avoir les défauts (on propose, S=50%, L=20%, A=30%, mais il y en a d'autres propositions.....).

**Donc on peut conclure que la texture d'un sol détermine sa productivité et a une influence certaine sur l'aptitude des sols à la culture; perméabilité, évaporation, respiration, réserves en éléments nutritifs.....**

### 2-1-2-La structure du sol

#### 2-1-2-1-Définitions

Les colloïdes (particules minérales et la MO) ne sont pas simplement mélangés dans le sol, elles sont organisées en agrégats qui donnent au sol sa structure.

Donc la structure d'un sol est le mode d'assemblage de ces constituants minéraux en trois dimensions, assurée par des liants ou ce qu'on appelle aussi ciments qui peuvent être minéraux ou organiques ou les deux à la fois.

Lorsqu'on parle de la structure, il faut déterminer l'échelle de son observation

Par définition; la structure d'un sol (au niveau d'un horizon de profil) **évoque l'arrangement spatial en trois dimensions des particules minérales de ce sol et leurs éventuelles liaisons en unité supérieures ou agrégat** (l'élément structure de base, défini par des formes géométriques plus ou moins régulières, il peut à la fois contenir tous les éléments de la terre fine et éventuellement du gravier voir même des cailloux, il se forme de façon naturelle et sous l'effet des pratiques culturales et même par piétinement) **par le biais des liants organiques ou minéraux.**

C'est une propriété (état) qui peut évoluer dans le temps, c'est ainsi qu'on peut dire que c'est une organisation des particules d'un sol **à un temps donné.**

C'est une caractéristique essentielle du sol qui exprime son mode de fonctionnement et qui détermine fortement **ses qualités agronomiques.**

Dans un sol, la majorité des activités (circulation de l'eau, de l'air, développement des racines, activité et multiplication des organismes vivants) se déroule dans les pores et entre les agrégats et pour certains entre eux à l'intérieur de l'agrégat lui même.

Un sol dépourvu de structure (présente une mauvaise structure ou une faible stabilité structurale) serait pratiquement impossible à cultiver (sauf si l'homme intervient et améliore ses qualités).

Un des objectifs de l'entretien du sol pour une productivité qualitative et quantitatifs et qui dure aussi, est d'y maintenir ou d'y reconstituer une bonne structure qui doit être stable aussi.

### 2-1-2-2-Types de structures des sols

Plusieurs recherches ont été effectuées concernant l'organisation des structures des sols en classes. Mais on distingue généralement selon la nomenclature française trois types de structures :

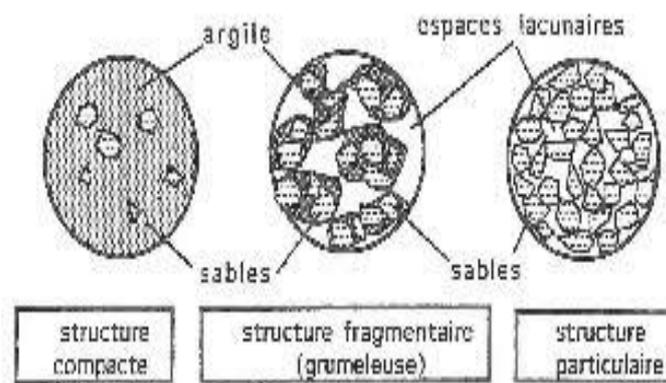


Figure 3: Les trois grands types de structure des sols (selon la nomenclature française).

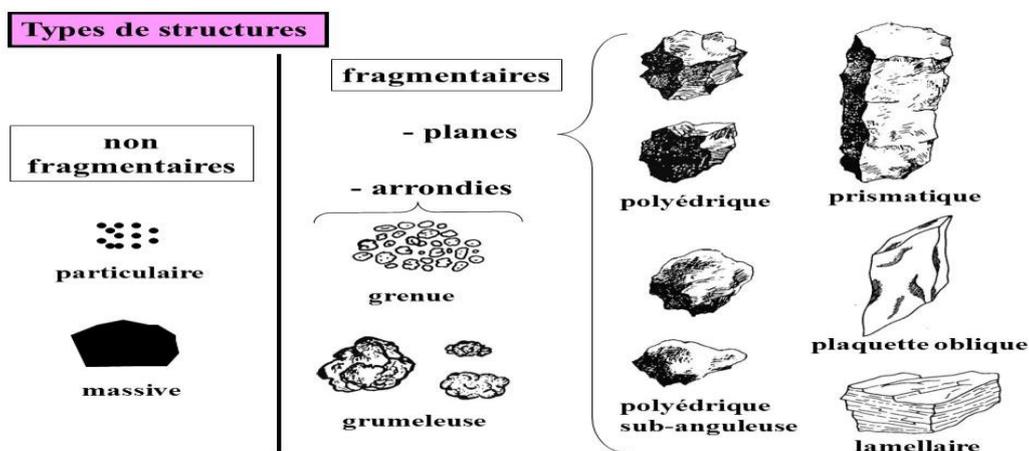


Figure 4 : Représentation détaillée des types de structure des sols.

**\*Structure particulière ou élémentaire :**

Dans lesquelles les constituants solides sont entassés sans aucune liaison (les particules sont libres, non reliées entre elles pas des colloïdes), c'est une structure meuble.

Celle dernière est défavorable (malgré qu'elle offre au sol de bonnes propriétés physiques car ces sols sont facile à travailler et sont probablement perméables, ils présentent **plus d'inconvénients que d'avantages** pour la raison que se sont des sols pauvres, sensibles au lessivage et qu'il faut enrichir régulièrement, ils se tassent et forment une croûte de battance (s'ils présentent un pourcentage élevé de limon).

**\*Structure massive, continue ou compacte :**

**Dans le sol qui présente cette structure**, toute sa couche ou la face d'un profil (ou d'un horizon) forme un bloc unique, elle forme une sorte d'assemblage collant mou si mouillé et craquelé dur si sec.

**Elle est nuisible** (car ce sol est compact et imperméable, difficile à travailler, présente beaucoup d'inconvénients pour les cultures, leurs installations ainsi que leur développement.

**\*Structure fragmentaire :**

Dans laquelle les constituants, assemblés en agrégats, sont groupés en éléments structuraux plus ou moins gros, l'aspect allongé, anguleux ou plus ou moins sphérique, offrant plus ou moins de facilité à la circulation de l'air et d l'eau. **C'est la plus recherchée des structures des sols agricoles.**

**Remarque:** il existe d'autres types de classification des structures des sols.

**\*\*\*Notion de stabilité structurale**

On parle toujours de la structure du sol, sa formation son type ainsi que celle la plus recherchée, mais la notion de base qui est beaucoup plus importante de point de vue agronomique est la stabilité structurale ; puisque c'est elle qui offre aux végétaux le milieu stable et favorable au bon développement qualitatif et quantitatif.

La stabilité structurale peut être naturelle comme elle peut être aussi améliorée par l'intervention de l'homme.

**2-1-3- La porosité et perméabilité d'un sol**

**2-1-3-1-La porosité du sol**

La porosité d'un sol est définit comme le pourcentage d'espaces vides par unité de volume de ce sol.

Cette porosité est en quelque sorte l'ensemble des vides qu'on trouve au niveau d'un horizon ou d'une surface bien déterminée d'un sol, ce vide est occupé par des fluides c'est à dire soit par l'eau (phase liquide: eau plus élément dissout) soit par l'air (phase gazeuse du sol) et même par la faune et flore de ce sol.

Par définition, la porosité totale ( $P_t$ ) d'un sol donné est égale au volume des vides (volume non occupé par les particules solides) rapporté au volume apparent ( $V_a$ ) d'un sol donné (déjà expliquée au premier chapitre)

$$P_t = (V_v / V_a) * 100$$

Elle est le plus souvent exprimée en %

C'est la résultante directe de la combinaison des deux dernières propriétés étudiées; la **texture et la structure** et aussi de **l'activité biologique**.

Selon son **origine**, on distingue: la **porosité texturale**, la **porosité structurale** et celle issue de **l'effet de l'activité biologique**, on peut même parler de la porosité induite par **l'intervention de l'homme**.

Selon sa **taille**, on distingue; la **macroporosité** (dépend surtout de la structure, constituée de macropores : fentes de retraits, galeries de vers de terres, chenaux racinaires...), dans laquelle circulent les fluides (remplie par l'eau de gravité rapidement drainée et souvent colonisée par les racines moyennes) et dont la taille des pores est supérieure à 50 $\mu$ m);

La **méso-porosité ou porosité capillaire** (elle dépend beaucoup de la texture et de la structure, constituée des vides de 0,2 à 50 $\mu$ m retenant l'eau utile aux plantes)

Et la **microporosité** (qui dépend seulement de la texture, constituée de micropores, dans laquelle est stockée l'eau inutilisable, la taille des micropores est généralement inférieure à 0,2 $\mu$ m).

Après calcul de la porosité totale on juge qu'un sol est non poreux avec un pourcentage de porosité totale inférieure à 2%, sol peu poreux entre 2 et 5%, sol moyennement poreux entre 5 et 15%, sol poreux entre 15 et 40% et un sol très poreux avec un pourcentage supérieur à 40%.

### 2-1-3-2-La perméabilité du sol

La **perméabilité du sol** est la propriété qu'a le sol de transmettre l'eau et l'air; c'est une des qualités les plus importantes à prendre en considération en agriculture.

Elle guide le comportement physique qui à son tours peut influencer le comportement chimique et biologique du sol. Ces derniers vont agir sur le développement des cultures et leurs rendement ; qualitativement et quantitativement.

La perméabilité est en relation étroite avec les propriétés physiques précitées.

#### **2-1-4- La réserve hydrique d'un sol (l'eau dans le sol ; vue dans le premier chapitre)**

#### **2-1-5-La capacité d'échange cationique et anionique d'un sol et les conséquences du phénomène d'échange**

L'adsorption est la rétention de substances sans combinaison à la surface des constituants solides. La désorption est le phénomène inverse.

L'adsorption des ions s'explique par l'existence de charges électriques contraires qui s'attirent.

Le CAH chargé négativement à sa surface, a la capacité de retenir (à sa surface) des cations provenant de la solution du sol; c'est le pouvoir adsorbant. Un équilibre s'établit entre les ions adsorbés et les ions libres dans la SS.

Ces cations sont momentanément fixés, ils peuvent être échangés par le phénomène de désorption.

A chaque instant, se dé-sorbent autant d'ions qu'ils ne s'en adsorbent.

La notion d'échange ionique dans le sol met en jeu: un échangeur qui est le complexe adsorbant et une solution saline qui est la solution du sol. Pour la capacité d'échange ionique (CEI) on distingue: la CEA et la CEC

#### **2-1-5-1-La capacité d'échange anionique**

Le sol n'est pas un échangeur exclusif des cations, on doit prendre en considération la présence des charges positives (sur les matières organiques et les charges de bordures sur les argiles), qui en présence d'une solution ne peut être équilibré que par l'adsorption d'anions

#### **2-1-5-2-La capacité d'échange cationique**

La capacité d'échange cationique (CEC) d'un sol est exprimée en meq/100g. C'est la quantité totale de cations (ions<sup>+</sup>) que le sol peut adsorber sur son complexe d'échange et s'échanger avec la solution environnante dans des conditions de pH bien définies.

Pour un sol, la capacité d'échange cationique est due aux substances colloïdales (au sens large du terme) portant des charges négatives tels que les minéraux argileux, la matière organique et le silice colloïdale.

### **2-1-5-3-Les origines de la CEC**

Les sources de charges responsables de la capacité d'échange d'un sol, peuvent être divisées principalement en deux catégories: inorganique (minérale) et organique

#### **A) Origine inorganique**

Il s'agit de celle issue des sables, limons et argiles

#### **-La capacité d'échange des fractions limoneuses et sableuses**

La CEC des sables est due aux faits que les cations sont retenus dans les crevasses de la surface des sables et par la couche d'eau (film d'eau) retenue à la surface des sables

La CEC des limons quant à elle, est plutôt due aux agrégats.

Ces agrégats sont de deux types: les vrais agrégats et les pseudo-agrégats

#### **-La capacité d'échange des argiles est due à :**

Les liaisons de bordures, les substitutions internes iso-morphiques, les liaisons de VANDERWAALS, dissociation des hydroxyles

#### **B) Origine organique**

La capacité d'échange cationique de la matière organique est due aux dissociations des groupes carboxyles et hydroxyles (COOH et OH)

### **2-1-5-4-Importance du phénomène d'échange**

Dans le sol, le complexe adsorbant joue le rôle essentiel qui consiste à stocker les cations indispensables à la nutrition végétale.

Si le sol ne possède pas cette capacité de stocker et d'échanger des cations, les pluies et les irrigations entraîneraient les minéraux vers les couches les plus profondes non explorables par les végétaux et approvisionneraient le sol totalement

### 2-1-6-Le pH du sol

Le pH est le logarithme négatif de la concentration d'ion  $H^+$  libre d'une solution, on l'exprime par la formule suivante:  $pH = -\log [H^+]$  à pH7 on a  $10^{-7}$  ions gramme de  $H^+$

On peut mesurer deux types d'acidité du sol: l'acidité actuelle, et l'acidité potentielle

#### L'acidité actuelle (pH eau) :

Est la quantité d'ions  $H^+$  libre d'une suspension sol/eau de 1/ 2.5 ou 1/ 5. Les ions  $H^+$  libre de la suspension sont en équilibre avec les ions  $H^+$  fixés sur le complexe d'échange, les mesures se font à l'aide du pH mètre.

#### L'acidité potentielle ou (pH KCl) :

C'est la quantité d'ions  $H^+$  libre (plus ceux qui étaient fixés sur le CAH) d'une suspension sol/KCl N de 1/ 2.5 ou 1/ 5. Elle tend à mesurer la quantité des ions  $H^+$  échangeables.

**La différence entre le pH eau et le pH KCl est d'autant plus élevée que le sol est dé-saturé.**

La connaissance du pH d'un sol nous informe sur la disponibilité des éléments dans la solution du sol et la probabilité de leurs utilisations par le système racinaire des plantes, **les problèmes de toxicité ....**

**Le pouvoir tampon d'un sol** est la résistance du sol aux variations **brusque** de son pH sous l'action d'un apport d'élément acide ou basique.

La cause essentielle du pouvoir tampon est la CEC du sol qui peut fixer ou libérer des ions  $H^+$  limitant ainsi les variations de l'activité des ions  $H^+$  dans la solution du sol.

### 2-1-7-La conductivité électrique CE

Les solutions électrolytes assurent le passage du courant électrique par les ions. Les valeurs de CE dépendent de : [ ] en électrolytes, nature des électrolytes et la  $T^\circ$  (car elle agit sur l'activité des ions).

La CE permet d'évaluer la [ ] totale de la solution en électrolytes et elle est exprimée à  $25^\circ C$ .

10à 15% des surfaces irriguées souffrent à degrés divers du problème de salinisation et 0.5à 1% des surfaces irriguées sont perdues pour la culture chaque année et aussi près de la moitié des surfaces irriguées sont menacées à long terme.

Deux grands types de salinisation des sols ; salinisation primaire et salinisation secondaire

Les causes principales de la salinisation sont:

\*Utilisation d'une eau d'irrigation de qualité médiocre et lessivage naturelle insuffisant

\*Remontée de la nappe souterraine à proximité de la surface et transport des sels par remontée capillaire

Les sels solubles concernés sont essentiellement :  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{--}$  et  $\text{NO}_3^-$

On a 3 types de sols salés (**sols salins** (caractérisés par une concentration excessive en sels solubles), **sols alcalins** dits aussi sodiques (concentration élevée en sodium adsorbé) et **sols alcalino-sodiques** (combinent entre les propriétés des deux types précédents))

La conductivité électrique (CE) d'une solution est la conductance de cette solution mesurée entre deux électrodes de  $1\text{cm}^2$  de surface, elle est fonction de sa concentration en électrolytes qui assurent le passage du courant électrique par les ions.

Dans un sol, la CE dépend de la concentration et de la nature des électrolytes et la  $T^\circ$  (car elle agit sur l'activité des ions).

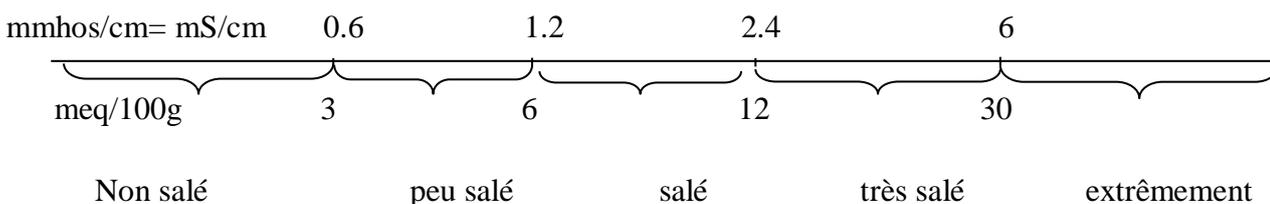
La mesure de la CE d'un sol permet d'obtenir rapidement une estimation de la teneur globale en sels dissout (chlorures, sulfates, carbonates, bicarbonates.....), exprimée en  $\text{mmhos/cm}^2$  à  $25^\circ\text{C}$ .

### Mesure de la CE d'un sol

On mesure la CE d'un sol dans sa solution (solution du sol), celle dernière peut être acquise à partir de l'extrait de pâte à saturation ou extrait 1/5 (extrait 1/5 est la plus utilisée) et parfois sur des extraits 1/1, 1/2 et 1/10 le chiffre trouvé nous donne le degré de salure en se référant à une échelle d'interprétation.

### Interprétation du résultat trouvé

Il existe plusieurs échelles d'interprétation de la CE de l'extrait 1/5 mais dans notre cas on suit l'échelle européenne (d'après Aubert, 1978) comme suit :



### \*Effets de la salinité des sols

\*Abaissement du potentiel osmotique de la solution du sol

\*Toxicité de certains ions (Cl, Na, B..)

\*Altération des propriétés des sols, spécialement en présence de l'ion Na

**\*Lutte contre la salinisation et amélioration des propriétés de ces sols :**

\*Pour les sols riches en sodium, il nous faut des apports préalables artificiels de calcium facilement solubles (gypse par exemple), avec des fréquences variables selon l'évolution de la salinité, les propriétés des sols, l'importance des précipitations naturelles et les ressources en eau disponibles. En générale la réalisation doit être avant semis avec apport de la dose de lessivage en une ou plusieurs applications quelques jours avant le lessivage et par utilisation parfois des sur-irrigations (20à 30% de plus d'eau)

Prévenir une remontée excessive de la nappe sous l'effet des apports d'eau de lessivage par un réseau de drainage efficace

\*Vérification de la qualité des eaux d'irrigation avec gestion optimale, sans oublier de contrôler régulièrement la salinité de notre sol

**La salinité et les cultures**

On trouve des catégories des végétaux qu'on devise selon leurs tolérances à la salinité :

**Cultures sensibles:** (2mS/cm, 1.3g/l), c'est la plupart des fruits et des arbres fruitiers et quelques légumes (carotte, haricot, salade (laitue), radis....)

**Cultures à tolérance moyenne:** (4mS/cm, 2.5g/l), légumes, grandes cultures, quelques fruits (olive, figue, raisin.....)

**Cultures tolérante:** (8mS/cm, 5g/l), prairie, coton, orge, betterave sucrier, dattier.....

**2-2- Pédogenèse, classification et mise en valeur d'un sol**

**2-2-1- Pédogenèse (les facteurs de la pédogenèse)**

-**La pédogenèse** recouvre classiquement l'ensemble des facteurs qui traitent la formation et l'évolution des sols (sous l'effet de divers processus physiques, chimiques et biologiques à la surface du globe.

-**La systématique des sols** est un domaine important, elle permet de repérer et de donner un langage commun, de grouper les grands types des sols dans des unités supérieures bien définies (tout en prenant en considération les facteurs de formation des sols : roche mère, climat, végétation, topographie, temps et aussi l'intervention de l'homme) et aussi de donner aux cartographes un outil commode pour dresser des cartes.

### 2-2-2-La classification des sols

**La classification des sols est un des grands problèmes de la Science des sols, pour plusieurs raisons dont les principales sont :**

\*La classification doit tendre à être universelle et construite de sorte que n'importe quel type de sol trouvera sa place dans cette classification, ce qui est relativement difficile ;

\*Les objets à classer n'ont pas de limites précises et le passage d'un sol à un autre se fait souvent graduellement ;

\*Quel que soit le système adopté pour la classification, celle dernière doit être révisée et parfois modifiée de façon importante suite au progrès des pédologues qui suivent l'évolution des recherches en matière de chimie, physique, biologie du sol ainsi que d'autres paliers de recherches ayant relation avec les aspects pédologiques et pédogénétique;

\*Les sols ne sont pas tous connus et ceux qui le sont n'ont pas été parfois étudiés en détails.

**La classification des sols est passée principalement par trois phases:**

\*Les premiers pédologues sous l'influence de l'école russe ont pris d'abord pour base de classification des sols les facteurs du milieu 'écologique', en particulier le facteur climat ; les sols ont été classés en trois grandes classes: zonaux, intra-zonaux et azonaux.

\*Au fur et à mesure que les connaissances en matière de physique et de chimie des sols se sont approfondies notamment en matière d'altération, celle dernière a été prise en considération de façon prioritaire pour la définition des grandes unités de classification des sols.

Les pédologues ont alors définis les sols en fonction des processus d'altérations, la nature et degrés de saturations du complexe absorbant, et enfin en fonction des processus de migrations

\*La phase la plus récente, elle a été marquée par une double évolution des tendances; les caractères intrinsèques des sols ont été pris en considération comme bases des classifications de préférence aux facteurs extérieurs (climat):

Elle a introduit les phases de formation et de l'évolution du sol (la base reste donc génétique) et la classification s'appuient toujours sur l'évolution du sol.

Par ailleurs, les classifications modernes résultent d'une synthèse écologique qui repose sur la confrontation de l'ensemble des données écologiques, morphologique, physicochimiques et biologiques.

De tels ensembles ont permis la définition des classes, ordres, c.à.d. des grandes unités qui apparaissent dans la plupart des classifications.

### **2-2-3-Les principales classifications des sols**

Plusieurs classifications des sols ont cependant été proposées par des chercheurs de différents pays, répondant plus particulièrement à des spécificités géographiques et socio-économiques (la classification Russ, la classification française, la classification Américaine,.....). Les sols ont ainsi été regroupés en catégories plus ou moins générales appelés selon les classifications des ordres, des groupes, des types .....

#### **2-2-3-1-La classification de l'URSS:**

C'est une classification essentiellement écologique, ne tient pas compte des caractères morphologiques des sols et ses classes se déterminent par la zonalité climatique, on parle de: **sols zonaux** (ne se rencontrent que sous un climat détermine comme les sols rouges méditerranéens), **sols intra-zonaux** (le climat est un facteur important, mais associé à une autre condition de station exp : topographie, roche mère...) et **sols azonaux** ( sous n'importe quel climat ex: sol hydromorphe).

#### **2-2-3-2-La classification CPCS (Classification de la commission des pédologues et des cartographes des Sols):**

Cette classification des pédologues français a été proposée la première fois en 1938 en vue de l'élaboration d'une carte pédologique par OUDIN. Par la suite, cette classification fut amplifiée par G AUBERT et PH DUCHAUFOR et présentée par ces auteurs au congrès de la Science de sol de Paris 1956 et fut sans cesse perfectionnée par l'un ou l'autre.....

C'est une classification basée sur la morphologie du profil et sa genèse, elle regroupe les sols ayant en commun certain caractères majeurs (un certain degré d'évolution du profil (AC, AB, ABC), un mode d'altération des minéraux particuliers, la répartition de la matière organique et la prédominance d'un facteur sur tous les autres (comme la présence de l'eau).

Cette classification comporte de **12 classes** des sols:

**Classe 1: classe des sols minéraux brutes :** De profil de type AC, (A) R , R; tels que A représente un horizon qui n'est pas développé, traces de MO, altération physique plus ou moins poussée, altération chimique insensible.

**Classe 2: classe des sols peu évolués:** AC, plus que des traces de MO, avec faible évolution.

**Classe 3: classe des vertisols:** A(B)C, A(B)gC, A(B)Cg, argile gonflante (présence de 30% au moins d'argiles de type smectite), faces de glissement, fentes de retrait.

**Classe 4: classe des Andosols:** sols développés sur un matériau andique (volcanique) riche en phosphore, qui se développent sur matériau volcanique, sols qui se développent dans un milieu qui est humide, p élevée, horizon A très riche en MO, horizon B très riche en allophanes (grosses molécules amorphes), pH acide inférieur à 5, taux de saturation de l'eau à 200 pourcent.

**Classe 5: classe des sols Calcimagnésiques :** caractérisés par l'absence du lessivage, avec dominance du Ca, Mg , AR, A C , A (B) C, dominé par les alcalino-terreux, avec matériau parental non filtrant.

**Classe 6: classe des sols Isohumiques :** Profil marqué par la MO (avec une distribution qui n'est pas homogène, incorporation assez profonde de la MO, se trouvent dans les zones steppiques, présence du calcaire qui enrobe la MO contre la minéralisation.

**Classe 7: classe des sols brunifiés :** A (B) C, A B C, humus à forte activité biologique, fer lié au complexe argilo-humique.

**Classe 8: classe des sols podzolisés :** Sols des climats froids et humides, milieu très drainant et filtrant, humus de type MOR et MODER, A2 (couleur blanchit comme E), B fe, Bh c .à .d départ d'humus et fe, pH acide, destruction des argiles

**Classe 9: classe des sols à oxyde de Fe et de Mg:** ABC, A (B) C, individualisation (altération poussée) du Fer et de Mg, couleur rouge, ocre, rouille, noir. Les sols fersiallitiques appartiennent à cette classe.

**Classe 10: classe des sols ferralitiques :** ABC, altération complète des minéraux primaires, Kaolinite, gypsite.

**Classe 11: classe des sols hydro morphes :** engorgement temporaire ou permanente en eau.

**Classe 12: classe des sols halomorphes :** évolution donnée par la présence des sels solubles ou par la présence du Na échangeable.

**2-2-3-3-La classification américaine** : c'est une classification qui est passée par plusieurs étapes et versions, dont la version définitive (Soil Taxonomy, 1975).

Cette classification est morpho-analytique (se base sur la morphologie du profil et sur les analyses au laboratoire ; se base sur des critères diagnostiques qui peuvent être morphologiques ou mesurable au laboratoire).

Elle basées sur l'identification précise des horizons diagnostics soigneusement hiérarchiques et définis par un ensemble de propriétés (critères) physiques , morphologiques et chimiques décrits et chiffrés avec une grande précision :

Ces horizons diagnostics plus ou moins les plus importants ont permis de définir les principaux ordres distingués par la classification.

Elle utilise comme critères essentiels la présence de l'horizon diagnostique pour différencier les ordres. Elle comporte **12 ordres**.

### **Les horizons diagnostiques**

#### **\* Les horizons diagnostiques fondamentaux**

Les horizons diagnostiques fondamentaux sont classés en deux grands groupes: les **épipedons** et les **horizons de profondeur**.

#### **\*\*Les horizons diagnostique de surface (epipedon):**

Ce sont les horizons diagnostique de surface plus ou moins imprégnés d'humus : ils correspondent à l'ensemble des horizons A, parfois à la partie supérieure de B, s'il est imprégné d'humus.

**Horizon ochrique** : horizon peu coloré, clair, peu humifère. **Horizon mollique** : horizon foncé, fortement coloré par la matière organique, épais, peu acide, structuré. **Horizon umbrique** : foncé, épais, très acide, structure massive ou particulière.

#### **\*\*Les horizons diagnostique de profondeur :**

**Horizon cambique** : (B) brun, altération incomplète, transformation dominante.

**Horizon oxiq**ue : (B) très coloré par le fer, altération complète. **Horizon argilliq**ue : horizon Bt caractérisé par la présence d'argile d'origine illuviale. **Horizon spodiq**ue : horizon d'accumulation de composés organiques et minéraux amorphes (Bh ou Bs),

**\* Les horizons diagnostiques secondaires:**

**calcique** (enrichit en carbonate de calcium), **gypsiq**ue (enrichit de gypse), **salique** (enrichit en NaCl), **albique** (illuvial décoloré blanchâtre), **placique** (horizon spodique hydromorphedurci), **Duripan** (horizon durci non calcaire), **Fragipan** (horizon limoneux, tassé), **Platite** (horizon argileux, massif, de climat tropical, en général hydromorphe tacheté de rouge)....

**Les 10 ordres et sous ordres fondamentaux du système américain**

**1\*Entisol** Sols minéraux bruts sans horizon diagnostic (suffixe: **ent**)

**Aquent**: sols hydromorphes, sols alluviaux à Gley. **Arent**: sols à horizons diagnostiques détruits par mise en culture

**Psamment**: régosols sableux. **Orthents**: régosols ou lithosols **Fluvent**: sols alluviaux

**2\*Vertisol**: sols à argile gonflante (suffixe: **ert**). **Torrerts**: vertisols de climat très sec **Udert**: vertisols de climat humide **Ustert**: vertisols de climat chaud, à saisons contrastées **Xerets**: vertisols de climat sec, à saisons contrastées

**3\*Inceptisol**: sols peu évolués et à horizons diagnostic se formant rapidement (suffixe: **ept**) : **Aquepts**: pseudogley de surface à profil A (B)g **Andepts**: andosols (sols sur cendres volcaniques) **Umbepts**: rankers ou sols bruns à horizon umbique **Ochrepts**: sols bruns tempérés **Plaggepts**: sols à horizon « plaggen » **Tropepts**: sols bruns de climats tropicaux

**4\*Aridosol**: sols de climat aride, sols désertiques (suffixe **id**). **Orthids**: sierozems, sols bruns-sierozems **Argids**: sols arides, lessivés, à B argillique

**5\*Mollisol** : (**calcomagnésique, isohumique**) , sols à horizon A1 mollique (suffixe **oll**). **Rendosolls**: sols calcaires, rendzines **Alboll**: planosols et solonetz à horizon albique **Aquolls**: sols humiques à gley, brunizems à Gley **Borolls**: chernozems **Udolls**: brunizems (sols de prairie) **Ustolls**: chernozems méridionaux **Xerosolls** : sols marron, sols châtaîns

**6\*Spodosol:** sols à B spodique: podzols (**suffixe od**). **Aquods:** podzols hydromorphes, podzols humiques à gley **Humods:** podzols humiques (non hydromorphes) **Orthods:** sols podzoliques et podzols humo-ferrugineux **Ferrods:** podzols ferrugineux

**7\*Alfisol** sols à B argilliques, altération réduite: sols lessivés (**suffixe alf**). **Aqualfs:** pseudogley lessivés, planosols **Ustalfs:** sols fersiallitiques et ferrugineux **Xeralfs:** sols fersiallitiques de climat sec

**8\*Ultisol:** sols à B argillique, altération forte, très désaturés : sols ferrugineux ou ferrisols . **Aquults :** ultisols hydromorphes **Adults :** ultisols de climat humide **Ustults :** ultisols de climat chaud

**Xerelts :** ultisols de climat sec **Humults :** ultisols humifères

**9\*Oxisol:** sols à horizons oxiques, riches en oxydes (ferralitiques) suffixe **ox** . **Aquox :** sols ferralitiques hydromorphes **orthox :** sols ferralitiques de climat humide **Ustox :** sols ferralitiques de climat chaud et sec **Torrox:** sols ferralitiques des climats arides

**10\*Histosol:** (hydromorphes organiques) .sols à horizon histique :sols organiques généralement hydromorphes (tourbes) (suffixe **ist**). **Fibrists :** histosols fibreux à matière organique peu évoluée **Folists :** sols organiques drainés de climat froids ou très humide

## 2-3-Introduction à la cartographie et à la mise en valeur des terres :

### 2-3-1-Définition d'une carte pédologique

Les cartes de sols sont dressées à des échelles diverses, en relation, entre autres, avec la nature des problèmes à résoudre, l'étendue du territoire à prospector, les possibilités de financement, etc,... On distingue ainsi des cartes de reconnaissance (1/1.000.000), de semi-détail (1/50.000 -1/100.000), de détail (1/20.000 et plus).

Le levé de la carte se fait par observation systématique de profils ou, plus fréquemment, par sondages à la tarière. On ne donne d'information que sur des caractéristiques importantes et les plus permanentes des sols. De telles cartes servent de documents de base, notamment, en vue de l'élaboration de cartes spécifiques d'aptitude pour telle ou telle utilisation (agriculture, sylviculture, urbanisme,...).

**Définition d'une carte pédologique :** carte de base sur laquelle les différents types de sols sont délimités et définis par un symbole pour chaque unité de sol cartographié, accompagnée par une légende et une description de ces sols.

### 2-3-2-Lecture d'une carte pédologique

Toute carte doit comporter les informations suivantes:

**Un titre :** doit permettre de connaître rapidement la situation de la carte dans son ensemble géographique régional

**L'orientation :** permet de nous situer par rapport à l'ensemble du globe terrestre

**L'échelle :** permet de visualiser sur la carte les distances, une carte est une représentation schématique sur une feuille de papier d'une partie ou de la totalité d'une surface de la terre, dans ce cas on appelle une telle carte un planisphère. Toutes les cartes sont établies suivant une réduction ou échelle, celle-ci est donc une fraction qui exprime le rapport entre les longueurs réelles et la figuration sur la carte : Longueur sur la carte / longueur sur terrain

-Les petites échelles : (**1/1 000 000 à 1/250 000**) sont réservées aux cartes d'ensemble, à but scientifique et didactique ; elles permettent de mettre en évidence l'influence des facteurs fondamentaux du milieu (climat, matériau parental) sur la pédogénèse ; les unités représentées sont les grandes unités (classes, profils de référence).

-Les échelles moyennes : (**1/50 000 à 1/100 000**) permettent, au niveau d'une région, de donner des indications générales, sur les aptitudes des grands types de sols, donc de définir les grandes orientations de la mise en valeur de la région.

-Les grandes échelles : (**1/5 000 à 1/25 000**) sont destinées à résoudre des problèmes pratiques précis : détermination du système de culture d'un domaine agricole, plan d'aménagement d'une forêt.

**La légende :** expliquant tous les symboles et les signes et aussi les couleurs existants sur carte

### 2-3-3- La mise en valeur des sols

La mise en valeur des terres peut nécessiter l'emploi de traitements physiques, chimiques et organiques. Abstraction faite du lessivage, on peut ranger ces améliorations particulières des terres en deux grandes catégories.

**-Moyens physiques:** parmi lesquels on cite,

**\*Le labourage profond:** particulièrement indiqué pour des sols stratifiés comportant des couches perméables et des couches imperméables.

**\*Le sous-solage:** particulièrement employé pour briser un horizon B induré ou une couche calcaire.

**\*L'inversion du profil:** pratiquée quand la partie supérieure du sol sous-jacent est dotée de propriétés indésirables (on inverse la partie supérieure et la partie inférieure des couches sous-jacentes, puis on remet en place la couche superficielle).

**\*Sablage:** consiste à épandre du sable puis à le mêler aux horizons supérieurs des sols à texture fine (ne s'applique pas aux sols argileux lourds).

#### **- Amendements chimiques et organiques**

On prend comme exemple pour réhabilitation des sols salés le gypse. Il est de loin l'amendement le plus couramment utilisé.

Le gypse phosphoreux, un sous-produit du superphosphate, peut se montrer efficace même à faibles doses en raison de la petite taille de ses particules

Parmi les autres amendements utiles figurent le chlorure de calcium, le carbonate de calcium, et la chaux résiduaire des raffineries de sucre (un mélange de composés de calcium alcalins).

On utilise aussi certains agents acidifiants, comme l'acide sulfurique, le soufre et le sulfate de fer servent à bonifier les sols sodiques car ils neutralisent le carbonate de sodium et réagissent avec la chaux des sols calcaires pour produire du gypse, qui donne le taux de calcium soluble souhaité.

Le paillage à l'aide de matériaux organiques peut aussi donner des résultats dans certains cas et sous certaines conditions.