
Notions de base sur le sol

La pédologie :

La notion du sol est très ancienne. Mais ce n'est qu'en 1877, qu'un géologue Russe VASSILI D (Fondateur de la pédologie ou science du sol) étudia les sols de l'Ukraine, et créa une science nouvelle appelée pédologie.

Donc, la pédologie est la science qui étudie les caractères, la formation et l'évolution, les propriétés, la classification et la répartition des sols. C'est une science à part entière qui fait appel à l'agronomie, la géologie, l'hydrologie, la botanique, la physique, la chimie et n'est en aucun cas une branche de ces disciplines....

L'agro-pédologie :

L'agro-pédologie, quand à elle ; est la science qui permet de caractériser les propriétés d'un sol de façon à améliorer sa fertilité. Elle permet aussi de raisonner l'apport des éléments fertilisants de définir les plantes (cultures) qui s'adaptent mieux aux contraintes rencontrées au niveau de ce sol et d'assurer la pérennité des espèces végétales.

Le sol :

*Comme on a déjà expliqué précédemment (voir cours de **sol et eau**; 2ème année), il existe plusieurs définitions du sol, celles dernières sont liées à son utilisation et à l'objectif de l'étude du sol en lui-même....

*C'est la couche superficielle de l'écorce terrestre...

*Dans son sens traditionnel, le sol est un milieu naturel indispensable à la croissance des plantes.

*De point de vue pédologique, la définition du sol est plus vaste et comprend des facteurs de sa formation aux caractéristiques qui en résultent

*Les agronomes nomment parfois **sol**; la partie arable (mais les pédologues estiment que cette partie arable ne constitue qu'une partie superficielle du sol), homogénéisée par le labour et exploitée par les racines des plantes....arrivant à déterminer parfois les conditions d'un bon sol agricole...

Chapitre 1: L'eau dans le sol

1-1-Rôle de l'eau du sol

L'eau ou or bleu est un des éléments décisifs de la continuité de la vie que se soit végétale, animale ou humaine.

La vie (de la plante) nécessite régulièrement de l'énergie, des éléments nutritifs, souvent de l'oxygène, mais elle est indissociable de la présence d'eau dans le sol.

Dans le cycle de l'eau, la couverture pédologique joue un rôle clef tant pour les aspects quantitatifs que qualitatifs. Elle est un réservoir d'eau pour l'alimentation en eau des plantes et pour l'ensemble des êtres vivants qui y sont présents.

Dans ses vides (ou pores) de taille et de forme très diversifiées, la présence d'eau en quantité variable mais permanente permet à de nombreux microorganismes de se développer et de vivre au ralenti quand les conditions sont plus défavorables.

La valeur d'un sol, en tant que milieu adapté à la croissance végétale, ne dépend pas seulement de sa fertilité physique, chimique et biologique (de bonnes propriétés physique (tels que la texture, la structure, la stabilité structurale et la perméabilité...), chimique (le pH, la conductivité électrique, le taux de calcaire total ainsi que assimilable, la CEC, la richesse en éléments nutritifs chimiques), biologique (présence de faune et flore et bonne activité biologique....)) **mais aussi de ce qu'on appelle fertilité hydrique** qui désigne l'état du mouvement de l'eau et de l'air ainsi que des propriétés chimiques et du régime thermique du sol.

L'eau est un constituant essentiel du sol (15 à 35 % en volume, sa teneur est variable dans le temps et dans l'espace). Elle est considérée comme le vecteur principal des ions en solutions et comme produit indispensable à la vie des plantes et organismes du sol. Et elle joue un rôle considérable dans la genèse des sols et leurs évolutions (hydratation, hydrolyse.....).

1-2-Relations entre les trois phases du sol

Le sol se diffère de la roche sous jacente par sa composition. Dans une roche, la fraction solide minérale est prépondérante, et seul la craie et la pierre ponce peuvent avoir une porosité voisine de 50%, alors que dans un sol, il est souvent fréquent d'avoir plus de 50% de porosité occupée soit par l'eau ou l'air.

Le sol est un système tri-phasique (se compose de trois phases):

Phase solide ;

Représentée par les particules solides du sol qui sont des particules minérales (argile, limon, sable et éléments grossiers aussi) et organiques (humus (débris des végétaux (feuilles, les petits rameaux)), et micro-organismes et aussi fourmis, insectes, lombrics, escargots, elle est en majorité minérale, mais comprend toujours une fraction organique.

Phase liquide;

Composée d'eau qui reste retenue dans les pores du sol, cette eau n'est pas pure, mais elle contient une grande variété de substances en solution: des sels minéraux, des complexes organon-métalliques et des composés organiques d'origines diverse.

La nature de ces composés peut varier au cours du temps en fonction des prélèvements ou des apports dues à la flore et aux micro-organismes eux même liées aux conditions climatiques.

Phase gazeuse;

Représentée par l'air et l'atmosphère du sol; elle occupe les pores du sol, dans la mesure où ceux dernier ne sont pas occupés par l'eau.

On peut aussi représenter les phases du sol par un schéma qui relient entre eux (phases) par des formules massiques et volumiques (**voir figure 1**). Mais cette représentation est théorique (on l'utilise à fin de savoir exprimer qualitativement leurs proportions (phases))

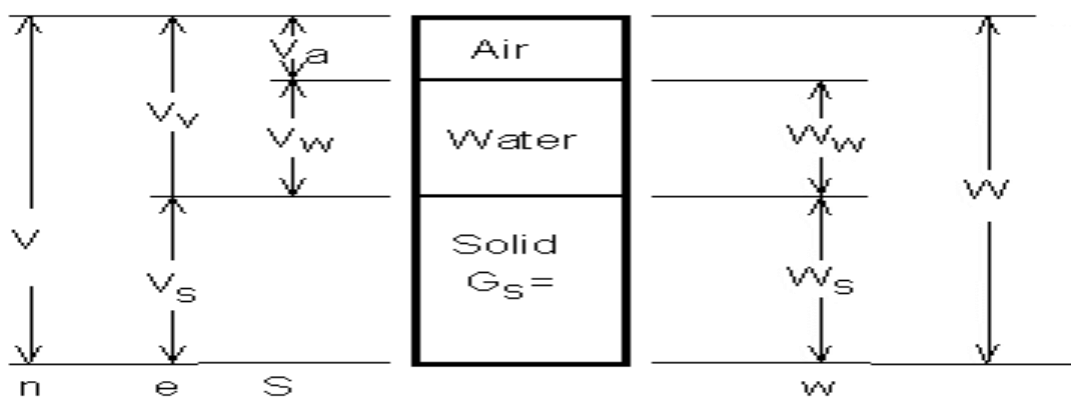


Figure 1: Phases **solide, liquide** et **gazeuse** d'un sol et **indication** des grandes lignes de désignation des relations **massiques et volumiques**.

Sachant que:

V: volume total, **Vv:** volume des vides, **Vs:** volume des solides, **Va:** volume de l'air

Vw: volume de l'eau, **W:** masse total, **Ww:** masse de l'eau, **Ws:** masse du solide

***Les relations massiques et volumiques les plus importantes du sol sont:**

1-2-1- Degrés de saturation Q_s :

Cet indice exprime le volume d'eau présent dans le sol par rapport au volume des pores.

$$Q_s = V_w / V_v$$

L'indice Q_s , varie de 0 à 100.

1-2-2- Indice des vides e :

$$e = V_v / V_s$$

C'est le rapport du volume des vides, au volume des particules solides.

1-2-3-Teneur relative en air f_a :

$$f_a = V_a / V_t$$

C'est un critère important de l'aération du sol, il est lié à la teneur en eau.

1-2-4-La densité du solide (densité réelle d_r)

$$d_r = m_s / V_s \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

Dans la plupart des sols minéraux la d moyenne des particules varie entre 2,6 et 2,7 g/cm³.

****La présence de Mo diminue la valeur de la d_r ****

1-2-5-Densité apparente à l'état sec (d_a)

$$d_a = m_s / V_t = m_s / (V_v + V_s) = m_s / (V_a + V_w + V_s) \text{ (g/ cm}^3\text{)}$$

C'est le rapport entre la masse des particules sèches et volume total du sol, celle-ci est évidemment petite que d_r .

1-2-6-Porosité

$$P = V_v / V_t \text{ (%)}$$

1-3-Forces agissantes sur l'eau dans le sol

Pour un sol cultivé ; trois forces agissent sur l'eau du sol : la gravité **P**, la succion des racines **S**, et la succion de la terre **F**.

Ces forces sont eux qui guident le comportement (formes et états) de l'eau dans le sol (**figure 2**).....

***La pesanteur entraîne l'eau tant que **P** est supérieur à **F**.**

*Ces deux forces (P et F) s'égalisent au **point de ressuyage** (ou humidité à la capacité au champ est atteint). **L'eau est alors disponible pour les racines.**

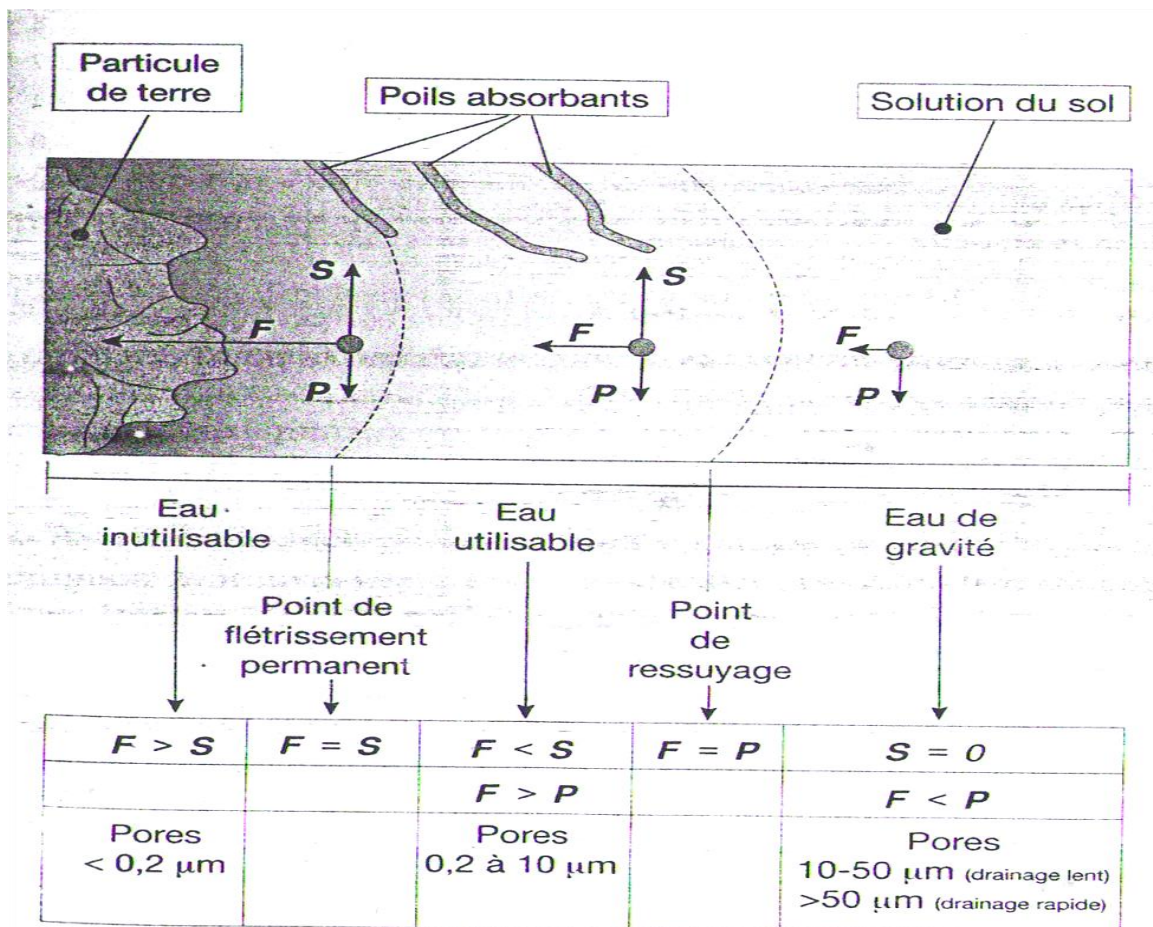
*L'utilisation de l'eau par la plante est possible tant que la force de succion des racines est supérieure à celle qu'exerce le sol sur l'eau

*Mais au point de flétrissement, **F devient supérieur à S** : l'eau n'est plus utilisable.

*L'eau formant autour des éléments solides des films d'épaisseur variable, la force qu'exerce le solide sur une molécule d'eau est d'autant plus intense que cette molécule est plus proche de lui

*au-delà d'une certaine distance, la force d'attraction est plus faible que la pesanteur : l'eau s'écoule par

Figure 2 : forces agissant sur l'eau dans le sol et formes (états de l'eau du sol)



1-4- Les formes de l'eau dans le sol

On distingue principalement trois états de l'eau dans le sol, selon la force avec laquelle il la retient et selon sa disponibilité pour les plantes ; l'eau de gravité, l'eau utilisable par la plante et l'eau non utilisable par la plante; sans oublier une quatrième forme qui ne joue que pour les terrains en pente il s'agit de l'eau de ruissellement (**figures 2 et 3**).

1-4-1-L'eau de gravité:

L'eau de gravité, n'existe dans le sol que dans les heures ou les jours qui suivent une précipitation, ou en cas de nappe phréatique permanente.

L'eau de gravité circule dans les pores grossiers et moyens (supérieurs à 10 μm), le plus souvent verticalement, parfois aussi obliquement.

L'eau de gravité à écoulement vertical se subdivise en deux parties :

*L'eau de gravité à écoulement rapide : qui circule dans les pores grossiers (supérieurs à 50 μm), dans les quelques heures qui suivent les pluies.

*L'eau de gravité à écoulement lent : qui descend lentement (souvent plusieurs semaines) dans les pores moyens de diamètre compris entre 50 μm et 10 μm .

1-4-2-L'eau utilisable par la plante:

Celle que retient par le sol, soit à l'intérieur de fins canaux ou soit sous forme de films assez épais autour des éléments solides. Elle occupe les pores fins de diamètre compris entre 0.2 et 50 μm à la surface des particules.

1-4-3-L'eau inutilisable par la plante:

L'eau formant autour des éléments solides, des films minces ou même de fines gouttelettes de vapeur d'eau condensée (eau hygroscopique). Cette eau, trop énergiquement retenue, ne peut être absorbée.

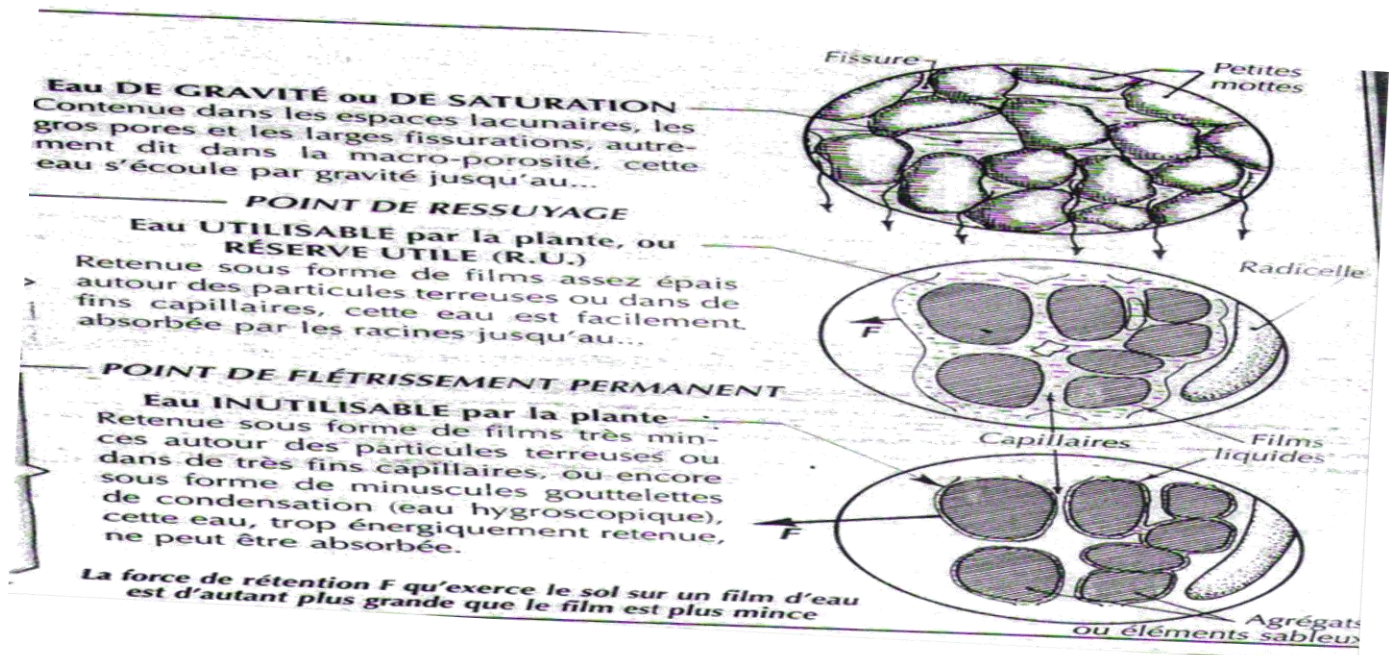


Figure 3: Les trois états de l'eau dans le sol

1-4-4- L'eau de ruissellement :

Le ruissellement n'est pas constant et n'affecte que les surfaces en pente et les sols soumis à des pluies violentes. C'est une eau superficielle, responsable des apports latéraux des particules fines (argiles et molécules humiques).

le phénomène de ruissellement diminue la perméabilité des sols.

1-5- Le potentiel de l'eau du sol :

L'état énergétique de l'eau dans le sol est défini par le potentiel hydrique ψ , qui est lui-même la résultante de trois niveaux d'énergie d'origine différente :

Le potentiel gravitaire (ψ_g) qui préside à l'infiltration des eaux de pluie par gravité, le potentiel matriciel (ψ_m) qui définit la force de rétention de l'eau par le sol, et enfin le potentiel osmotique (ψ_o) ; ce dernier n'intervient que dans les sols salins.

Dans la **majorité** des sols par conséquent :

$\psi = (\psi_g) + (\psi_m)$: mais ces deux formes sont en fait, antagonistes ;

La force de succion du sol pour l'eau s'exprime (voir tableau 1):

Soit en bars (bar), Soit en kilo pascals (Kpa), Soit par son logarithme,

Cette force étant exprimée en centimètres d'eau, elle s'exprime par le symbole **pF**

Ex: 1 bars : 100kPa :1000 (10³) cm d'eau :pF 3

Tableau 1: Correspondance des expressions de pression statique

Bars	Kilo pascals	Atmosphère	mm de mercure	Hauteur équivalente en cm d'eau	pF
0.001		0.000987	0.75	1.017	0
0.01	1	0.00987	7.50	10.17	1
0.1	10	0.0987	75	103	2
0.33	33	0.328	250	344	2.5
0.5	50	0.493	375	511	2.7
1	100	0.9869	750.1	1017.1	3
10	1 000	9.869	7501	10171	4
15	1 500	15.2	11251	15499	4.2
100	10 000	98.69	75010	101710	5
1 000	100 000	986.9	750100	1017100	6
10 000	1 000 000	9869	7501000	10171000	7

1-6-Les valeurs caractéristiques de l'humidité du sol :

Deux valeurs offrent une importance particulière : la capacité au champ et le point de flétrissement.

1-6-1-La capacité au champ ou capacité de rétention :

Correspond à l'eau retenue par le sol, après une période de pluies, et un ressuyage de deux ou trois jours. Il peut être mesuré sur le terrain préalablement gorgé d'eau, après 48 heures de ressuyage. Elle est mesurée à l'aide d'un tensiomètre.

Cependant, pour les sols à mauvaise perméabilité, le ressuyage peut demander très longtemps, parfois plus de 10 à 15 jours. C'est pourquoi, on la détermine au laboratoire par la presse à membrane (marmite de richard), par centrifugation, ou par la méthode de Bouyoucos (entonnoir Buchner).

1-6-2-L'humidité au point de flétrissement :

Correspond à la valeur limite de l'eau liée, donc non absorbable par les racines. On la mesure, soit par la méthode biologique (mesure de l'humidité du sol lorsque la plante se fane), soit au laboratoire par la presse à membrane ou par centrifugation.

L'eau utile :

C'est la quantité d'eau stockée par le sol, après une période de pluies, qui est donnée par la différence entre la capacité de rétention et le point de flétrissement. On peut l'exprimer en % ou mieux en millimètres ce qui est à l'avantage de permettre des comparaisons avec la pluviométrie et l'évapotranspiration également exprimés en millimètres.

RU% = taux d'humidité à la capacité de rétention – taux d'humidité au point de flétrissement

RU mm = (taux d'humidité à la capacité de rétention-taux d'humidité au point de flétrissement) x da x P.

da : densité apparente en g/cm³ P : la profondeur en dm

*La texture du sol a une influence directe sur les taux d'humidité à la capacité au champ et au point de flétrissement (et par conséquent sur la RU)

*Les sols sableux présentent de faibles capacités de rétention en eau, ce qui implique de plus faibles RU.

*Les sols à forte proportion de particules fines (limons et argiles) emmagasinent davantage d'eau ; en contrepartie, une grande partie de ces réserves en eau restent indisponibles pour les plantes.

1-7-Les mouvements de l'eau dans le sol

Les mouvements de l'eau dans le sol relèvent de deux processus opposés : les mouvements descendants et les mouvements ascendants de l'eau.

1-7-1- Mouvements descendants de l'eau de gravité (perméabilité): les mouvements descendants de l'eau de gravité, qui s'infiltreront après les pluies et qui sont liés à la perméabilité du profil.

La perméabilité dépend de la texture mais surtout de la structure.

Les sols perméables sont les sols :

*A texture grossière où dominant les sables et graviers peu enrobée de colloïdes. *A texture fine, mais à structure fragmentaire surtout grumeleuse

Les sols imperméables sont :

*Les sols à texture fine, très riches en limon mais pauvres en argile et en humus. *Les sols à dominance d'argile, surtout en l'absence de calcaire et d'humus.

1-7-2- Mouvements ascendants : l'eau se déplace d'un point plus humide vers un point moins humide par exemple quand le sol s'alimente à partir d'une nappe plus ou moins profonde, l'eau se déplace de la nappe d'eau vers la surface et il est capable de ré-humecter constamment les niveaux asséchés par les racines ou par l'évaporation.

1-8-Bilan hydrique du sol

Le bilan hydrique du sol, représente la quantité d'eau qu'il peut contenir en fonction du temps (bilan mensuel ou décadaire), ses quantités sont déterminées on comparant les entrées et les sorties d'eau du système sol – plante – atmosphère

1-8-1-Les entrées d'eau

Les précipitations : données par l'enregistrement des stations météorologiques, l'irrigation, les précipitations secondaires (rosé, brouillard), les remonté capillaire.

1-8-2-Les sorties d'eau

Evapotranspiration: évaporation des surfaces nues + transpiration des plantes. Drainage : la quantité d'eau qui quitte la zone exploitée par les racines par infiltration. Ruissellement : dépend de la perméabilité du sol, sa pente et de l'intensité des précipitations