

Définition ; caractéristiques et propriétés physiques des sols ; l'eau du sol en relation avec l'irrigation.

1-DEFINITION DE SOL

1. Le sol est un mélange de plusieurs phases : solide, liquide, gazeuse

Ce qui pourrait passer pour un matériau homogène, se révèle, à la loupe, un mélange de "grains" durs, d'eau, d'air, d'êtres vivants ou morts et d'humus. On peut donc décrire le sol comme un système polyphasique. Il comprend :

-Une phase solide comportant les minéraux et les substances organiques inertes, mais aussi les êtres vivants

-Une phase liquide, quasi exclusivement aqueuse qui outre l'eau, contient l'ensemble des substances et gaz dissous qui jouent un grand rôle dans les fonctions du sol (nutrition, réservoir et filtre de certains éléments...)

-Une phase gazeuse en équilibre avec la phase liquide. Elle constitue 'l'air' du sol, dont la composition est assez différente de celle de l'air atmosphérique, avec lequel il existe de nombreux échanges. La teneur en CO₂ est notablement plus élevée (0,5 à 5%) contre 0,035% dans l'atmosphère. En contrepartie, la teneur en oxygène est parfois plus basse, mais nécessaire à la respiration des organismes vivants dans le sol (racines, champignons, vers de terre, etc...).

Elle est en outre pratiquement toujours à vapeur saturante pour la vapeur d'eau . [REF 1](#)

2. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES SOLS

Pour prévoir notamment les réactions du sol à une surcharge, à l'imbibition, au gel...

2.1 Granulométrie

Elle se fait par tamisage au travers d'une colonne de tamis normalisée. On distingue plusieurs classes granulométriques: cailloux, graviers, sables grossiers, sables fins, limons, argiles.

2.2 Densité apparente

Un sol est constitué de grains solides baignant dans de l'eau et/ou de l'air. La masse volumique apparente, ou densité, est la masse d'un volume unité de sol (grains+eau+air). La masse volumique sèche ne comprend que les grains.

2.3 Porosité et perméabilité

Porosité: rapport du volume des vides au volume total. L'indice des vides est le rapport du volume des vides au volume des grains solides.

Perméabilité: circulation de l'eau libre autour des grains (l'eau pelliculaire autour des grains est immobile). On détermine un coefficient de perméabilité k qui varie selon la granulométrie du sol:

gravier: 10 cm/s (valeur moyenne)

sable: 10^{-2} cm/s

argile: 10^{-9} m/s

Le coefficient de perméabilité est mesuré en laboratoire (expérience de Darcy) ou sur le terrain par des tests d'infiltration.

Capillarité: remontée de l'eau dans un sol non saturé; la hauteur est fonction inverse du diamètre des pores (loi de JURIN). Le drainage permet d'évacuer l'eau d'infiltration et de remontée capillaire.

2.4 Teneur en eau et degré de saturation

Degré de saturation Sr: rapport du volume occupé par l'eau au volume total des vides.

$Sr = 0$: terrain sec

$Sr = 1$: terrain saturé en eau

La présence d'eau augmente la cohésion du sol par les forces de tension superficielle qu'elle développe (un exemple familier: les châteaux de sable sont construits avec du sable humide). En revanche, la résistance à la charge des sables fins peut diminuer instantanément sous l'action d'un choc (phénomène de liquéfaction des « sables mouvants »).

Tableau 1: Caractéristiques de quelques sols en place (d'après Terzaghi et Peck).

sol	porosité %	indices des vides(volume des vides/vol.grains)	teneur en eau %	densité sèche	densité humide
sable homogène	46 - 34	0.85 - 0.51	32 - 19	1.43 - 1.75	1.89 - 2.09
sable hétérogène	40 - 30	0.67 - 0.43	25 - 16	1.59 - 1.86	2.16 - 1.77
argile	55 - 37	1.2 - 0.6	45 - 22		1.77 - 2.07

2.5 Compaction

L'échantillon est mélangé à une quantité d'eau puis placé dans un moule cylindrique de 101 mm de diamètre. Il est compacté par la chute d'une dame de 2,5 kg selon des conditions normalisées. A la fin de l'essai on le déssèche et on mesure sa densité pour évaluer le taux de compaction. On recommence l'expérience avec des quantités d'eau différentes pour connaître finalement le mélange subissant la plus forte compaction.

2.6 Liquidité, plasticité

Limites d'Atterberg limite de liquidité: le sol est mélangé à une quantité d'eau. La pâte obtenue est placée dans une coupelle de 100 mm de diamètre environ. On trace sur la pâte lissée une rainure normalisée avec un outil spécial. A l'aide d'une came, on fait subir une série de chocs à la coupelle. On observe en fin d'expérience le contact des deux lèvres de la rainure. La limite de liquidité est la teneur en eau en % qui correspond à une fermeture en 25 chocs.

limite de plasticité: on mélange l'échantillon avec des quantité variable d'eau; on façonne avec la pâte un rouleau de 3 mm de diamètre pour une centaine de mm de longueur. La limite de plasticité est la teneur en eau en % du rouleau qui se fissure et se brise lorsqu'il atteint un diamètre de 3 mm.

L'indice de plasticité est la différence entre la limite de liquidité et la limite de plasticité.

2.7 Résistance à la compression et au cisaillement

Comme pour les roches, on peut représenter l'action de deux contraintes par le cercle de Mohr. La courbe intrinsèque d'un matériau est l'enveloppe des cercles de Mohr correspondant à l'état de rupture pour des valeurs de contraintes variables. A l'intérieur de la courbe, le sol est stable; à l'extérieur, le sol est à l'état de rupture.

Déformation par compression

un sol saturé d'eau est soumis à une pression; il se tasse en perdant de l'eau jusqu'à atteindre un état d'équilibre. On mesure la déformation; on construit une courbe de tassement en faisant varier la pression appliquée.

L'indice de compression est défini comme le rapport de l'indice des vides au logarithme de la variation de pression. A titre de comparaison:

indice de compression des sables: 0,01 à 0,10

des argiles (smectites): 0,8 à 2,5

2.8 Gélivité

Le sol gelé gonfle en raison d'un afflux d'eau liquide de la profondeur vers la surface. La profondeur du gel croît en fonction du carré de la température négative et de la durée du gel. Les sols les plus gélifs sont constitués par les sables limoneux et les limons..^{REF 2}

3-PROPRIETES PHYSIQUES DES SOLS

Perméabilité et capacité du sol pour l'eau : plus la perméabilité est grande, plus la capacité est faible. Cohésion : Le maintien des particules entre elle. La force d'érosion de l'eau est d'autant plus élevée que la vitesse du liquide est plus grande cohésion. En outre l'imbibition du sol réduit par elle-même la force de cohésion en dispersant les agrégats. Les terres lourdes possèdent un degré de cohésion élevé, peuvent donc utiliser des masses d'eau importantes sur des pentes relativement prononcées.^{REF 1}

4- L'EAU DU SOL EN RELATION AVEC L'IRRIGATION.

Les racines des plantes puisent l'eau dans la réserve utile du sol et la disperse dans l'atmosphère par évapo-transpiration. Si l'eau disponible diminue tandis que la tension de succion du sol augmente, les racines ont de plus en plus de difficulté d'extraire l'eau, l'évapo-transpiration diminue; elle devient inférieure à l'ETP: c'est l'ET Réelle. Au dessous de d'une tension de succion de 1 atmosphère (1000 hPa), l'absorption de l'eau par les racines est fortement diminuée; elle devient nulle lorsque le point de flétrissement est atteint (en général 16 atmosphères, soit $pF = 4,2$). Ce point de flétrissement permanent varie beaucoup avec la texture du sol.

Tableau 2: Point de flétrissement, capacité au champ et eau disponible pour la plante en fonction de différents types de sols. Les valeurs sont exprimées selon le rapport (volume de l'eau contenue/volume du sol) - inspiré de ROWELL, 1994.

Sol	Point de flétrissement	Capacité au champ	Eau disponible pour la plante
Argile	0,28	0,44	0,16
Terre argileuse	0,23	0,44	0,21
Terre grasse	0,14	0,36	0,22
Terre sableuse	0,08	0,22	0,14
Sable	0,05	0,15	0,10

Le volume occupé par les racines d'une plante dans le sol a une grande importance pour l'absorption de l'eau. L'espace racinaire varie selon les plantes et la nature du sol. Les racines du blé s'enfoncent à 50 cm dans un sable, mais peuvent atteindre 1,50 m dans un limon; l'enracinement du maïs atteint 1,70 m de profondeur; les racines de pommes de terre ne dépassent pas 0,60 m. En zone semi-aride, les racines d'une graminée comme l'Alfa s'enfoncent à 2 m. Dans une forêt tempérée, l'espace racinaire effectif des arbres ne dépasse pas 1 m pour l'approvisionnement en eau. En générale, les racines superficielles peuvent vaincre des tensions de succion supérieures et se procurer de l'eau même dans un sol apparemment sec.

Les exigences en eau varient selon les plantes. Les espèces hydrophiles demandent de l'eau facile à absorber: il faut donc que la réserve utile soit réapprovisionnée par ascension capillaire à partir d'une nappe (cas du peuplier, de l'aulne...). Les espèces xérophiles sont adaptées à la sécheresse, elles peuvent extraire l'eau pour des tensions de succion voisines du point de flétrissement (pin sylvestre, plantes herbacées des pelouses sèches). Les plantes mésophiles ont un comportement intermédiaire.