

Chapitre 1 : Capillarité, retrait, gonflement et action du gel

- Dans les sols fins, l'action de l'eau est prépondérante. On peut parler de capillarité, retrait, gonflement et action du gel.
- Dans un sol, le phénomène de **capillarité** se produit lorsque l'eau, les grains et l'air entre en contact.

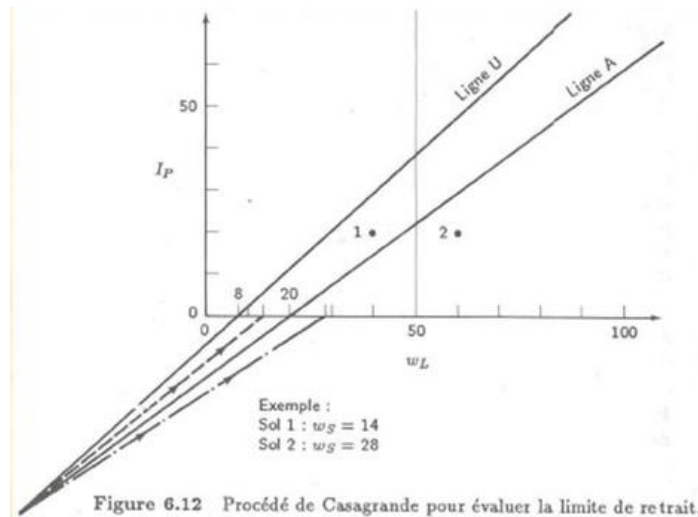
Ascension capillaire:
$$h_c = \frac{4T}{\rho_w g d} = -\frac{0.03}{d}$$

- h_c prend toujours un signe négatif pour exprimer l'état de traction.
- Pour obtenir la hauteur h_c en m, on divise 0.03 par le diamètre exprimé en mm.
- Plus le sol est fin, plus h_c est importante.
- Dans les sols, on suppose généralement que le diamètre effectif des pores (tubes) est $\approx 20\%$ du diamètre effectif D_{10} des grains.

- Pression interstitielle:
$$u_c = -h_c \rho_w g = -\frac{4T}{d} = -\frac{2T}{r_m} \text{ en kPa}$$

$$\sigma = \sigma' + u$$

- u est la pression interstitielle (eau)
 - σ' est la contrainte effective ou intergranulaire.
 - $\sigma' = \sigma - u \rightarrow$ si u augmente beaucoup, σ' tend vers 0, donc le sol devient liquide.
 - Les ménisques capillaires retiennent les particules ensemble ce qui contribue à augmenter les forces de contact entre les particules.
- **Phénomène du retrait**: Lorsqu'un échantillon de sol est asséché lentement, des ménisques se forment autour des grains, d'où σ' augmente et le volume du sol diminue. Au fur et à mesure que le retrait progresse, les ménisques vont devenir de plus en plus petits, la tension capillaire va augmenter et le volume va continuer à diminuer. Il finit par atteindre un point où son volume cesse de diminuer, et le degré de saturation est voisin de 100%. **On désigne la teneur en eau à laquelle se produit ce phénomène comme la limite de retrait w_s** , qui est une limite d'Atterberg.
- A cette teneur en eau, les ménisques capillaires commencent à pénétrer la surface du sol, la couleur du sol va passer du brillant au mat.
- Pour une argile très sensible, quand la sensibilité augmente et devient très élevée, $w_s \approx w_p$.



Selon Casagrande, près de la ligne A $w_s \approx w_p$.
 Au-dessous de la ligne A, $w_s > 20$.
 Au-dessus de la ligne A, $w_s < 20$.

Si on prolonge les lignes A et U, elles se croisent au point (-43.5 ; -46.4). A partir de ce point, on trace une droite qui passe par les coordonnées w_L et I_p de mon sol. L'intersection avec l'axe des x nous donne w_s .

- Les effets **du gonflement** des sols à grains fins peuvent avoir une grande importance sur les travaux d'ingénierie. Ainsi des fissures dues au retrait peuvent se produire en certains endroits. Ces fissures qui font partie de la macrostructure des argiles représentent les zones faibles susceptibles de réduire la résistance du sol.

Le gonflement est élevé à partir de $w_L > 50$ → CH (plus il y a d'argile, plus il y a probabilité de gonflement).

Domage du gonflement sur : petites constructions, routes, canaux hydrauliques, pavages routiers.

3 facteurs sont responsables aux dommages dus au gonflement :

- Présence de montmorillonite.
- Teneur en eau proche de w_p .
- Présence d'une source d'eau à proximité d'une argile dont le potentiel de gonflement est élevé.

Comment faire pour éviter le gonflement et le retrait ?

- Lorsque le sol est compacté du **côté humide de l'optimum** (on utilise un ρ_d avec un $w > w_{opt}$) à une densité plus faible que la densité maximale, les sols avaient moins tendance à gonfler.
 - Humidifier les sols avant leur mise en place pour leur permettre de gonfler ou s'affaisser avant la construction.
- Quand il fait très froid, il se peut que **l'eau interstitielle gèle**. Le volume du sol peut augmenter de 10%. On va observer la formation de lentilles de glace. Ces lentilles peuvent atteindre quelques centimètres d'épaisseur ; elles peuvent causer le soulèvement du sol et endommager les structures.

Le problème se fait sentir au printemps lors du dégel ; les lentilles vont fondre ; la teneur en eau va augmenter ; la résistance du sol va diminuer.

3 conditions favorisent l'action du gel :

- Des températures au-dessous du point de congélation.
- La présence d'une source d'eau proche pour alimenter par capillarité la ligne du gel.
- La présence d'un sol dont la granulométrie et la distribution des pores les rendent susceptibles au gel.

Les lentilles de glaces ne se forment pas dans un sol à grains grossiers.