

TP N°2

LIMITES D'ATTERBERG

1. Définition

En géotechnique, les limites d'Atterberg définissent la plasticité d'un sol, mais aussi l'essai qui permet de définir ces indicateurs. Cet essai a été établi par l'agronome suédois Atterberg. Une limite d'Atterberg correspond à la teneur en eau à laquelle un échantillon de sol passe d'une consistance à une autre. Deux de ces limites présentent un intérêt particulier: la limite de liquidité (L.L. ou **w_l**) et la limite de plasticité (LP ou **w_p**). Ces limites apportent un précieux élément pour la classification des sols.
L.L. : c'est la limite de liquidité qui caractérise la transition entre un état liquide et un état plastique.
L.P. : c'est la limite de plasticité qui caractérise la transition entre un état plastique et un état solide.

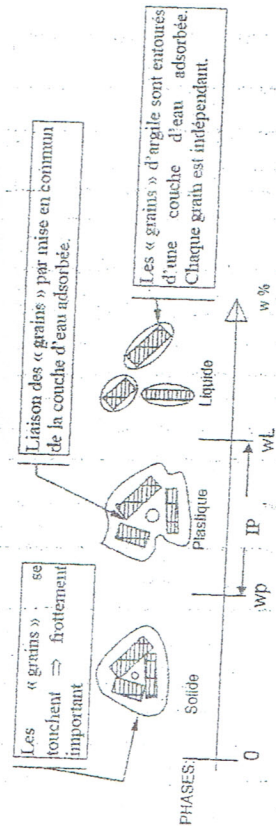
2. Les divers états d'un sol:

La consistance (et donc le comportement) d'un sol varie dans des proportions importantes en fonction de la teneur en eau:
- si la teneur en eau est élevée, les forces de cohésion ne sont pas assez importantes pour maintenir en place les particules de sol. Ce dernier se comporte sensiblement comme un fluide (boue). Il est à l'état **liquide**.

- Si la teneur en eau diminue, le sol peut être modelé sans qu'il s'effrite et conserve sa forme. Les particules sont rapprochées car l'eau adsorbée est mise en commun (les grains sont reliés entre eux par des molécules d'eau). Le sol est alors à l'état **plastique**.

- Si la teneur en eau diminue encore, les grains deviennent très rapprochés; le sol ne peut plus être modelé, c'est l'état **solide**.

Les trois schémas ci-contre résument les états possibles d'un sol.



3. Matériels nécessaires

- Limite de liquidité :
- Appareil de Casagrande ;
 - Outil de rainurer ;
 - Cale d'épaisseur 10mm ;
 - Limite de plasticité ;
 - Plaque de marbre ;
 - Sèche-cheveux ;
 - Capsule de pesée.
- Divers :
- Étuve ;
 - Balance ;
 - Spatule.

4. Mode opératoire

4.1. Détermination de la limite de liquidité

La procédure pour la détermination de la limite de liquidité est la suivante :

1. Prendre environ 200 grammes de sol préalablement tamisé au tamis 0,4 mm par voie humide et séché ;
2. Malaxer la totalité de la prise de telle sorte à obtenir une pâte homogène et presque fluide ;
3. Prendre une partie de la pâte et l'étaier dans la coupelle de l'appareil de Casagrande à l'aide de la spatule ;
4. Pratiquer une rainure dans cette pâte de telle sorte à la diviser en deux. L'outil à rainurer devra être tenu perpendiculairement à la coupelle en présentant sa partie biseautée face à la direction du mouvement ;
5. Soumettre la coupelle et le matériau qu'elle contient à des chocs répétés avec une cadence de 2 coups par seconde ;
6. Arrêter les chocs quand les deux lèvres se rejoignent sur environ 1 cm, noter le nombre de coups N correspondant (quelle soit entre 30 et 40 chocs) ;
7. Prélever des deux côtés des lèvres à l'endroit où elles se sont refermées environ 5 grammes de sol afin d'en déterminer la teneur en eau.
8. Réhomogénéiser le sol et le sécher un peu puis reprendre les opérations de 3 à 7. Il faut au moins trois essais avec un nombre de coups croissant et de préférence bien étalé entre 25 et 30 et entre 10 et 20 chocs.



Prise de matériau pour la mesure de la teneur en eau

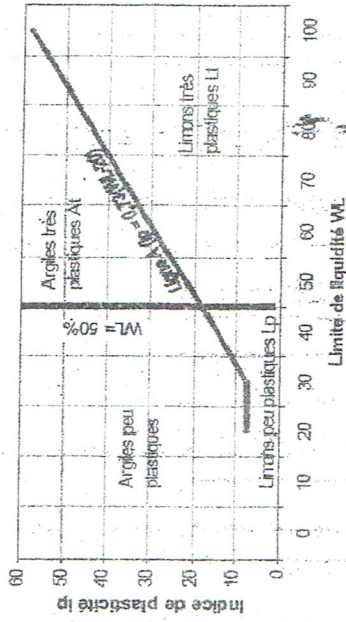
Contact entre les deux Lèvres de la rainure

Appareil de Casagrande

- L'indice de plasticité n'est jamais nul mais peut être non mesurable

6.2 Diagramme de Casagrande

Il s'agit d'un diagramme qui permet de classer les sols fins en 4 catégories selon les valeurs de W_L et I_p .



6.3. Indice de consistance

La comparaison entre la teneur en eau naturelle du sol w_0 et les limites d'Atterberg, permet d'avoir une idée de l'état du sol en place.

On définit pour cela l'indice de consistance :

$$I_c = \frac{W_L - W_0}{I_p}$$

I_c	0	0,25	0,5	0,75	1
Consistance	liquide	pâteuse	molle	ferme	Très dure

4.2. Détermination de la limite de plasticité

La procédure pour la détermination de la limite de plasticité est la suivante :

- Prendre un peu de matériau et former une petite boule ;
- Rouler à la main sur la plaque de marbre cette boule de telle sorte à obtenir un bâtonnet ;

Trois cas peuvent se présenter
Le bâtonnet confectionné commence à se fissurer quand il atteint une longueur de 10 cm et un diamètre de 3 mm. Dans ce cas, le sol est à la limite de plasticité et il faut la mesurer ;

Le sol est encore fluide et vous n'arrivez pas à confectionner le bâtonnet. Il faut sécher un peu le matériau.

Le bâtonnet commence à se fissurer trop tôt, le matériau est sec. Il faut l'humidifier un peu.

Il faut réaliser au moins deux essais pour la limite de plasticité.

5. expression des résultats

5.1 limite de liquidité

La limite de liquidité W_L est la teneur en eau du matériau qui correspond conventionnellement à une fermeture sur 1 cm des lèvres de la rainure après 25 chocs. Elle est calculée à partir de l'équation de la droite moyenne ajustée sur les couples des valeurs expérimentales ($\lg N, W$), et elle peut se calculer sous la formule suivante :

$$W_L = W \left(\frac{N}{25} \right)^{0,121}$$

5.2. limite de liquidité plasticité

La limite de plasticité W_P est la teneur en eau conventionnellement d'un rouleau de sol qui se fissure au moment où son diamètre atteint 3.0mm

6. Interprétation des limites d'Atterberg

En général, dans leur état naturel, les sols ont une teneur en eau W_0 comprise entre W_P et W_L .

6.1. Indice de plasticité

$$I_p = W_L - W_P$$

Cet indice donne une indication sur l'étendue du domaine plastique.

I_p	Degré de plasticité du sol
0 à 5	Sol non plastique
5 à 15	Sol peu plastique
15 à 40	Sol plastique
>40	Sol très plastique

Ordres de grandeur:

- Argile $I_p > 30$
- Argille limoneuse $20 < I_p < 30$
- Limon $10 < I_p < 20$
- Sable argileux $5 < I_p < 20$
- Sable limoneux $5 < I_p < 15$

Remarques :

- Plus l'indice de plasticité est élevé, plus le sol est sensible aux effets de gonflement par humidification (ou de retrait par dessiccation).

Date de l'essai :
 Opérateur :
 Echantillon N° :
 Identification de sol :

Provenance :
 Méthode de prélèvement :
 Sondage :
 profondeur :

	Date de l'essai :									
N° tare										
Masse du sol humide + tare										
Masse du sol sec + tare										
Masse de la tare										
Masse du sol sec										
Masse d'eau évaporée										
Teneur en eau w%										
Nombre de coups										

