

SOLS GONFLANTS RECONNAISSANCE QUANTIFICATION ET COUTS

Y. BERRICHE

Docteur de L'INSA, Lyon. Enseignant à L'ENTP - Alger

RESUME

Les sols gonflants posent un grand problème dans les pays en voie de développement (PVD)

Ainsi, nous traiterons quelques points qui permettront d'identifier les sols gonflants, de quantifier le phénomène et enfin de proposer le choix de solutions économiques.

Mots clés : Mécanique • sol • argiles • limites
• cohésion • gonflement • Eau • Saturation
• Montmorillonite.

1 INTRODUCTION

La saturation naturelle ou accidentelle des sols présentant des aptitudes au gonflement peut être à l'origine de désordres importants pour des structures diverses.

Lors de la saturation, l'amplitude du gonflement et les forces qu'il engendre vont dépendre d'un grand nombre de facteurs, telles que la quantité et la nature minéralogique des argiles présentes dans le sol, la nature des cations fixés et de ceux présents dans la phase liquide.

La connaissance de la pression de gonflement est nécessaire pour calculer les poussées actives limites que peuvent exercer à la suite d'une hydratation des argiles gonflantes au voisinage de revêtement ou de soutènement (routes, canaux, tunnels ... etc.)

L'ensemble des zones géographiques où existent d'importantes variations et déficits saisonniers d'humidité (Figure 1) présente donc des phénomènes de gonflement et de retrait de certains

sols argileux, et en particulier les "Blacks Cotton Soils" (BCS) résultant de l'altération de certaines roches volcaniques en climat tropical humide et sur 1 à 10m d'épaisseur, occupent dans les PVD (Figure 2) de larges vallées urbanisées ou en voie de l'être.

L'Algérie présente plusieurs cas de désordres dus aux sols gonflants où on peut citer la polyclinique de Slim et l'hôpital de Sidi Aïssa dans la Wilaya de M'sila (des dommages très importants dans la structure), et le complexe de raffinerie du pétrole d'In Aménas (difficultés, contrainte, exploitation pétrolière avec une pression de gonflement dépassant les 10 bars).

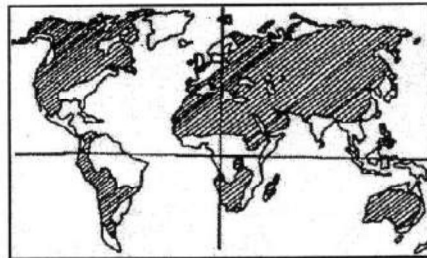


Figure 1 : Zones de déficit d'humidité annuel ou saisonnier

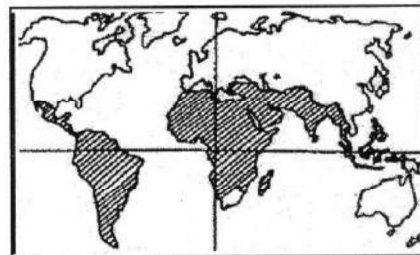


Figure 2 : Carte des pays en voie de développement (PVD)

2 RECONNAISSANCE ET QUANTIFICATION

La reconnaissance des sols gonflants est primordiale, plusieurs techniques sont utilisées, parmi lesquelles on peut citer :

2.1 Echelle régionale par une étude géologique :

Une cartographie est envisageable au fur et à mesure de la connaissance des zones potentiellement gonflantes où il sera noté l'ensemble des zones argileuses et en particulier les BCS, par contre il est très difficile de distinguer géologiquement toutes les autres argiles intermédiaires (moins dangereuses pour les constructions).

2.2 Echelle microscopique par une étude minéralogique :

Ce diagnostic est associé soit à une étude géologique, soit à une étude géotechnique où l'on cherche la confirmation des résultats par une identification minéralogique (Montmorillonite, Illite) plusieurs méthodes sont couramment utilisées.

- Diffractomètre par rayons X
- Thermométrie différentielle (ATD, ATP)
- Microscope électronique à balayage (MED).

Ces méthodes restent très coûteuses, et tout compte fait elles sont nécessaires mais pas suffisantes puisqu'il ne s'agit que d'une identification minéralogique qui ne mentionnent pas les différentes caractéristiques (pression et pourcentage de gonflement, teneurs en eau ... etc.).

2.3 Mesures des limites d'Atterberg

Il s'agit sans doute, des mesures les plus simples et fiables et les plus représentatives et les moins coûteuses.

De très nombreux auteurs ont relié les limites d'Atterberg (ω_L , ω_P et ω_R) ou l'indice de plasticité $IP = \omega_L - \omega_P$ et l'indice de retrait $IR = \omega_L - \omega_R$ au gonflement de sol sous différentes formes (taux, potentiel et pression de gonflement), on citera quelques résultats :

Taux de gonflement	S en %	IP
Faible	0 - 1.5	0 - 10
Moyen	1.5 - 5	10 - 20
Elevé	5 - 25	20 - 35

Tableau 1a : Taux de gonflement - IP

ω_R	Potentiel de gonflement
<10	Fort
10 - 12	Critique
>12	Faible

Tableau 1b : Potentiel de gonflement ω_R

Potentiel de gonflement	IR
Faible	0 - 20
Moyen	20 - 30
Fort	30 - 60
Très Fort	> 60

Tableau 1c : Potentiel de gonflement - IR

Le taux de gonflement S est défini comme le pourcentage de gonflement d'échantillon compacté à l'optimum-proctor et surchargé de 7 KPa. La relation s'écrit $S = 21.6 \cdot 10^{-5} Ip^{2.44}$ et s'applique au sol contenant entre 8 et 65% d'argile.

Par ailleurs, les sols gonflants semblent tous appartenir au même secteur dans un diagramme IP- ω_L (Figure 3).

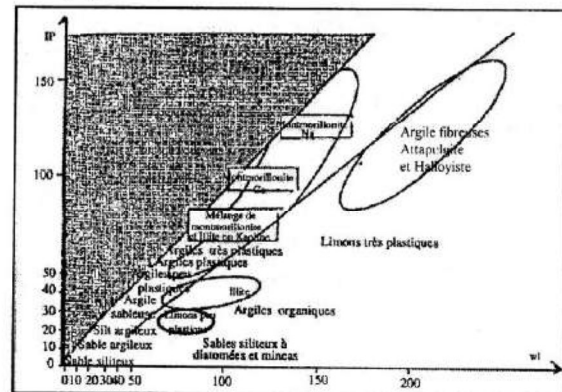


Figure 3: Diagramme de Casagrande

On notera les différentes relations entre la pression de gonflement, les limites d'Atterberg et la teneur en eau naturelle :

$$\log Ps = 0.0208\omega_L + 0.000665yd - 0.0269\omega - 1.868$$

David et Komornik 1980

Ps : Pression de gonflement,

yd : densité sèche.

ω : teneur en eau in-situ

ω_L : limite de liquidité.

$$S = (5.3 - \log P - 147 e/IP) (0.525IP + 4.1 - 0.85\omega)$$

Williams et Donaldson 1980

S : Taux de gonflement (%).

2.4 Mesure de la surface spécifique totale

Un sol absorbera proportionnellement d'autant plus de bleu de méthylène que la quantité d'argile qu'il contient est importante. Une argile est active, c'est à dire développe une surface spécifique totale (SST) interne et externe élevée.

$$SST = 21 VB \text{ (0/2 } \mu\text{m)}.$$

VB : valeur de Bleu de méthylène

Les essais ont donné les valeurs de SST suivantes :

54m²/g Kaolinite

795 m²/g Montmorillonite.

2.5 Autres essais

D'autres essais peuvent nous aider à quantifier les phénomènes de gonflement si cela s'avère économiquement nécessaire :

- Mesure du potentiel de succion ;
- Mesure de la pression de gonflement in situ ;
- Estimation du soulèvement total in situ ;
- Soulèvement total.

On peut affirmer que pour le sol argileux, la conjonction des essais simples, granulométrie et sédimentométrie, teneur en eau naturelle, poids spécifique sec, limites d'Atterberg et essai d'absorption au bleu de méthylène, permet sans ambiguïté d'identifier très finement un problème de gonflement de sols.

Il suffit que ces mesures s'accompagnent par la détermination de l'épaisseur de ces sols et de la hauteur de variation de teneur en eau afin de déduire des informations sérieuses pour préconiser le type de fondation approprié.

3 CONSEQUENCE SUR LES CONSTRUCTIONS ET ROUTES

Les bâtiments et les logements individuels sont rarement conçus pour résister ou s'adapter aux cycles successifs de gonflement et de tassement des sols argileux sensibles, qui accompagnent les cycles de pluie et de sécheresse.

Les pressions de gonflement développées par le sol sur les fondations peuvent atteindre de 2 à 5 bars et l'ampleur de mouvements de 5 à 20 cm, des valeurs pour lesquelles les bâtiments ne sont pas adaptés.

Des fissures caractéristiques en V apparaissent, des dommages touchent voiries et réseaux divers. Les réseaux de drainage subissent par exemple des inversions de pente provoquant le débordement des drains et en conséquence aggravent elles même le phénomène.

Les routes non conçues pour les sols gonflants, sont quasi-détruites après quelques saisons par l'action conjuguée d'une part du retrait-fissuration qui favorise la pénétration de l'eau et donc le gonflement en profondeur, puis d'autre part, de l'orniérage qui suit la saison des pluies lorsque l'argile gorgée d'eau ne présente aucune résistance au poinçonnement par les roues de véhicule.

4 SOLUTIONS TECHNIQUES

Des dispositions peuvent être adoptées pour construire sur sols gonflants :

- Adapter la structure du bâtiment aux mouvements du sol pour qu'elle résiste aux

déformations par des joints et des articulations. Cette disposition contribue à diminuer la rigidité et le monolithisme du bâtiment et, donc sa résistance de contreventement aux sollicitations sismiques en particulier (donc pas trop fiables). L'option inverse de rigidité de la structure est difficilement applicable au logement économique, mais reste envisageable pour les bâtiments à plusieurs niveaux.

- Supprimer ou minimiser les mouvements du sol, soit en limitant les variations de teneur en eau, soit en modifiant la sensibilité du sol au gonflement par une action physico-chimique, soit enfin en déblayant simplement ces sols gonflants touchés par les variations hydriques trop importants et en substituant alors un sol sain.
- Dans certains cas, la solution la plus économique sera évidemment de ne pas construire sur ces sols mais ce choix n'est pas toujours possible.

Ces différentes dispositions représentent, surtout des investissements extrêmement différents et variables. Ainsi, les surcoûts des solutions techniques croissent beaucoup plus vite que leur efficacité et sont d'autant plus élevés que les bâtiments sont légers et/ou de faible hauteur.

L'adéquation de la définition du seuil de dommages et le surcoût de constructions acceptables surtout pour les PVD, doit guider le choix d'une solution technique.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] G. Didier, B. Soyez, B. Heritier et L. Parez "Etude à l'oedomètre du gonflement des sols" Proc. 9th European conf. Dublin, 1987.
- [2] T. Longworth, B. Sunna "corrélation of building damage of expansive clay in Jordan with geology, local environment and type construction". Proc. 5th ICES Adelaïde, 1984.
- [3] Massonnet - Fondasol "problème des fondations sur argiles gonflantes". Chantiers de France N° 142, 1981.
- [4] J. Kerisel, P. Savey "soulèvement d'une argile plastique et leurs prévisions". Proc. 9th ICSMFE, Tokyo; pp. 593-596, 1977.
- [5] G. Philipponat "désordres dus à la présence de sols gonflants dans la région parisienne". Annales ITBTP N° 364, 1978.
- [6] M. Mariotti "le gonflement des sols argileux sur-consolidés (aspect du phénomène influence sur les structures, précautions à envisager). Mines et Géologie". Rabat N° 39, pp. 13-28, 1976.
- [7] G. Didier "Swelling pressure of Soils. Experimental device. Field of utilization". Proc. 3rd ICES, Haifa, pp. 99-110.