

Printed from

Journal of Scientific Research

<http://www2.univ-bechar.dz/jrs/>

Caractérisation du Potentiel de Gonflement de l'Argile de la Région d'Abadla – Guir Lotfi

MOKEDDEM Y.¹ BERGA A.²

*Laboratoire de Fiabilité des Matériaux et des Structures (FIMAS)
Université de Béchar ALGERIE*

Corresponding authors: ¹ youssefmy@live.fr

² bergaabdelmadjid@gmail.com

Published on 10 December 2011

The Editor, on behalf of the Editorial Board and Reviewers, has great pleasure in presenting this number of the Journal of Scientific Research. This journal (ISSN 2170-1237) is a periodic and multidisciplinary journal, published by the University of Bechar. This journal is located at the interface of research journals, and the vulgarization journals in the field of scientific research. It publishes quality articles in the domain of basic and applied sciences, technologies and humanities sciences, where the main objective is to coordinate and disseminate scientific and technical information relating to various disciplines.

The research articles and the development must be original and contribute innovative, helping in the development of new and advanced technologies, like the studies that have concrete ideas which are of primary interest in mastering a contemporary scientific concepts. These articles can be written in Arabic, French or English. They will not be published in another journal or under review elsewhere. The target readership is composed especially of engineers and technicians, teachers, researchers, scholars, consultants, companies, university lab, teaching techniques and literary ... The journal is obtainable in electronic form, which is available worldwide on the Internet and can be accessed at the journal URL:

<http://www2.univ-bechar.dz/jrs/>.

Director of Journal
Pr. BELGHACHI Abderrahmane

Editor in Chief
Dr. HASNI Abdelhafid

Editorial Member

Mr. TERFAYA Nazihe
Mr. BOUIDA Ahmed
Mr. LATFAOUI Mohieddine
Mr. OUAHABI Abdelhakim

Reviewers board of the Journal.

Pr. KADRY SEIFEDINE (The American University in KUWAIT)
Pr. RAZZAQ GHUMMAN Abdul (Al Qassim University KSA)
Pr. PK. MD. MOTIUR RAHMAN (University of Dhaka Bangladesh)
Pr. MAHMOOD GHAZAW Yousry (Al Qassim University KSA)
Pr. KHENOUS Houari Boumediene (King Khalid University KSA)
Pr. RAOUS Michel (Laboratory of Mechanic and Acoustic France)
Pr. RATAN Y. Borse (M S G College Malegaon Camp India)
Pr. LEBON Frédéric (University of Aix-Marseille 1 France)
Pr. MONGI Ben Ouédou (National Engineering School of Tunis)
Pr. BOUKELIF Ouéd (University of Sidi Bel Abbes Algeria)
Pr. DJORDJEVICH Alexander (University of Hong Kong)
Pr. BENABBASSI Abdelhakem (University of Bechar Algeria)
Pr. BOULARD Thierry (National Institute of Agronomic Research France)
Pr. LUCA Varani (University of Montpellier France)
Dr. FELLAH Zine El Abidine Laboratory of Mechanic and Acoustic France)
Dr. ZHEN Gao (University of Ontario Institute of Technology Canada)
Dr. OUERDACHI Lahbassi (University of Annaba Algeria)
Dr. HADJ ABDELKADER Hicham (IBISC – University of Evry France)
Dr. KARRAY M'HAMED ALI (National Engineering School of Tunis)
Dr. ALLAL Mohammed Amine (University of Tlemcen Algeria)
Dr. FOUCHAL Fazia (GEMH - University of Limoges France)
Dr. TORRES Jeremi (University of Montpellier 2 France)
Dr. CHANDRAKANT Govindrao Dighavka (L. V. H. College of Panchavati India)
Dr. ABID Chérifa (Polytech' University of Aix-Marseille France)
Dr. HAMMADI Fodil (University of Bechar Algeria)
Dr. LABBACI Boudjema (University of Bechar Algeria)
Dr. DJERMANE Mohammed (University of Bechar Algeria)
Dr. BENSAFI Abd-El-Hamid (University of Tlemcem)
Dr. BENBACHIR Maamar (University of Bechar Algeria)

Pr. BALBINOT Alexandre (Federal University of Rio Grande do Sul Brazil)
Pr. TEHIRICHI Mohamed (University of Bechar Algeria)
Pr. JAIN GOTAN (Materials Research Lab., A.C.S. College, Nandgaon India)
Pr. SAIDANE Abdelkader (ENSET Oran Algeria)
Pr. DI GIAMBERARDINO Paolo (University of Rome « La Sapienza » Italy)
Pr. SENGOUGA Nouredine (University of Biskra Algeria)
Pr. CHERITI Abdelkarim (University of Bechar Algeria)
Pr. MEDALE Marc (University of Aix-Marseille France)
Pr. HELMAOUI Abderrachid (University of Bechar Algeria)
Pr. HAMOUINE Abdelmadjid (University of Bechar Algeria)
Pr. DRAOUI Belkacem (University of Bechar Algeria)
Pr. BELGHACHI Abderrahmane (University of Bechar Algeria)
Pr. SHAILENDHRA Karthikeyan (AMRITA School of Engineering India)
Pr. BURAK Barutcu (University of Istanbul Turkey)
Dr. SELLAM Mebrouk (University of Bechar Algeria)
Dr. ABDUL RAHIM Ruzairi (University Technology of Malaysia)
Dr. BELBOUKHARI Nasser (University of Bechar Algeria)
Dr. CHIKR EL MEZOUAR Zouaoui (University of Bechar Algeria)
Dr. BENACHAIBA Chellali (University of Bechar Algeria)
Dr. KAMECHE Mohamed (Centre des Techniques Spatiales, Oran Algeria)
Dr. MERAD Lotfi (Ecole Préparatoire en Sciences et Techniques Tlemcen Algeria)
Dr. BASSOU Abdesselam (University of Bechar Algeria)
Dr. ABOU-BEKR Nabil (Universit of Tlemcen Algeria)
Dr. BOUNOUA Abdennacer (University of Sidi bel abbes Algeria)
Dr. TAMALI Mohamed (University of Bechar Algeria)
Dr. FAZALUL RAHIMAN Mohd Hafiz (University of Malaysia)
Dr. ABDELAZIZ Yazid (University of Bechar Algeria)
Dr. BERGA Abdelmadjid (University of Bechar Algeria)
Dr. Rachid KHALFAOUI (University of Bechar Algeria)
Dr. SANJAY KHER Sanjay (Raja Ramanna Centre for Advanced Technology INDIA)

Journal of Scientific Research

P.O.Box 417 route de Kenadsa
08000 Bechar - ALGERIA
Tel: +213 (0) 49 81 90 24
Fax: +213 (0) 49 81 52 44

Editorial mail: jrs.bechar@gmail.com
Submission mail: submission.bechar@gmail.com
Web: <http://www2.univ-bechar.dz/jrs/>



Caractérisation du Potentiel de Gonflement de l'Argile de la Région d'Abadla – Guir Lotfi

MOKEDDEM Y.¹ BERGA A.²

Laboratoire de Fiabilité des Matériaux et des Structures (FIMAS)

Université de Béchar ALGERIE

¹ yousefmy@live.fr

² bergaabdelmadjid@gmail.com

Résumé - Dans cet article, nous présentons les résultats obtenus par l'étude expérimentale d'identification et de caractérisation de l'argile de la région d'Abadla (Guir Lotfi) au Sud-ouest d'Algérie. Cette étude nous permet de estimer le potentiel de gonflement causé par ce sol. En passant par un résumé de phénomène de gonflement et ces dégâts considérables au niveau des différents types de structures.

Mots clés : Argile gonflante, Potentiel de gonflement, Essais oedométriques, Région d'Abadla – Guir Lotfi.

Abstract – In this paper, we present the experimental study results of identification and characterization of the clay in the area of Abadla (Guir Lotfi) south-west of Algeria. This study allows us to estimate the swelling potential caused by soil. Passing through a summary of the swelling phenomenon and its considerable damage in the different types of structures.

Keywords: Swelling clay, swelling potential, Oedometer tests, Region of Abadla - Guir Lotfi.

I. Introduction

Le phénomène du gonflement des sols a été connu pour environ aussi longtemps que le domaine de la géotechnique a été pratiqué. Pendant que la construction croissait dans des régions arides, les problèmes associés au gonflement et aux sols craintifs ont commencé à susciter plus d'attention [1].

Pendant les dernières trois décennies, une qualité significative de recherche a commencé à se concentrer sur les sols expansifs [1]. L'Algérie est pleinement concernée par le problème des argiles gonflantes qui sont présentes dans de nombreuses régions du nord et du sud du pays. Le phénomène de gonflement affecte chaque année divers types de structures (Bâtiment légère chaussée, etc....) causant des désordres considérables qui imposent des reprises en sous œuvre très coûteuses et dont la réalisation n'est souvent pas maîtrisée [2].

Le caractère gonflant de certaines argiles est lié en premier lieu à leur composition minéralogique. D'autres facteurs tels que la structure du sol, sa densité, sa teneur en eau initiale peuvent affecter de manière significative la pression de gonflement ou la déformation de ces argiles. Ces phénomènes sont plus marqués lorsqu'ils ont lieu dans les régions où d'importantes variations climatiques existent, en particulier de forts gradients d'évaporation et de déficits saisonniers d'humidité ; les problèmes de gonflement se manifestent spécialement dans les régions arides et semi-arides qui se

caractérisent par de longues périodes de sécheresse suivies par de courtes périodes pluviales. Certains sols argileux soumis aux variations de la teneur en eau, peuvent augmenter ou diminuer de volume. Ces phénomènes cycliques de gonflement-retrait provoquent des contraintes parasites dans les structures et au niveau des fondations.

Les sols argileux sont constitués de minéraux variés dont la forte affinité pour l'eau est connue. Ils comportent une grande proportion de particules argileuses telles que la montmorillonite, l'illite, la smectite, etc. Une humidification de ces sols à partir d'un certain état induit des gonflements importants dus, pour une part à la saturation progressive des pores du sol, qui fait disparaître les forces capillaires, et pour le reste, à l'absorption de molécules d'eau sur la surface extérieure des particules et à la pénétration des molécules d'eau entre les feuillets dont l'empilement constitue les particules d'argiles. Inversement, suite à une désaturation, ce type de sol subit une diminution de volume importante, qui provoque en particulier le développement de réseaux de fissures de retrait à partir de la surface [3].

En génie civil, les phénomènes de gonflement et de retrait de certains sols argileux et des formations géologiques argileuses induisent des tassements différentiels (la différence de mouvement entre deux points rapprochés de la structure [4]) qui se manifestent par des désordres affectant principalement les structures construites en surface (bâtiment, fondation superficielle, ouvrage de soutènement, remblais, ...) et les ouvrages

enterrés (tunnels, pieux, canalisation, fondation profondes, ...) [3][5][6]. Les exemples de désordres liés à la présence d'argiles gonflantes sont nombreux et variés (Chen 1965 [7], Mouroux et al. 1988 [4], Philipponat 1991[8], Fleureau et al.1999[9], Bigot et al. 2000[10], Djedid et al. 2001[11], Mokeddem 2003[12], etc...).

II. Etude Expérimentale

L'étude expérimentale s'effectue sur le sol de la région de Guir Lotfi (Abadla). Il contient des essais d'identifications et de caractérisations, plus des essais chimiques. Ces essais nous permettent de classer et d'identifier le sol étudié. Et en fin, ils nous permettent d'estimer le potentiel de gonflement.

II.1. L'Identification de l'argile gonflante

Pour éviter les sinistres causés par les sols gonflants, il est essentiel de reconnaître ce type de sol. On appelle les essais d'identifications sur des sols argileux, les essais primaires qui donnent des idées sur la nature du sol et leur possibilité de gonflement. Traditionnellement, on cite, les valeurs de limite d'Atterberg ou de poids volumique sec ou la teneur en eau naturelle du sol permettent d'identifier ces sols [5].

II.1.1. Essai d'analyse granulométrique

L'analyse granulométrique d'un matériau a pour but de déterminer la répartition en poids des grains suivant leurs dimensions.

Nous avons effectué une analyse granulométrique sur un échantillon remanié qui nous a donné les résultats suivants : $C_U = 25$ et $C_C = 0.04$.

La courbe granulométrique obtenue est représentée sur la figure N° 1. Cette courbe est caractérisée par une granulométrie peu étalée.

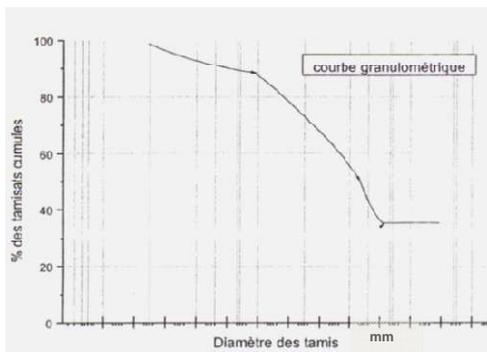


Figure 1. Courbe granulométrique [12].

II.1.2. Paramètres d'identification

Dans ce paragraphe on va présenter tous les différents paramètres d'identification du sol et leur classification.

Paramètres	Valeurs	Classification
Masse Volumique [g/cm ³]	2.11	Un faible potentiel de gonflement selon l'abaque (Inspire de Mitchell et Gardner, 1975) qui présente l'évolution de potentiel de gonflement en fonction de la masse volumique
Surface spécifique [m ² /g]	87.57	Structure composée principalement de l'Illite (d'après Mitchell, 1976)
Limite d'Atterberg	W _L = 31.0 % W _P = 14.1 % I _P = 31.0 %	Un faible potentiel de gonflement D'après les Abaques de Casagrande, l'échantillon est situé entre les zones de la Montmorillonite et l'Illite Argile peu plastique Argile inorganique de faible plasticité ; argile sableuse (CL)
Système USCS	W _L < 50 % Abaques de plasticité de Casagrande	A l'aide de l'Abaque de Plasticité de Casagrande et le classement du Système USCS, le sol est une argile Sableuse inorganique de plasticité faible à moyenne (CL) : sol potentiellement expansive
Système AASHTO	Passants sont moins de 0.075 mm Abaques de Casagrande	Silt et/ou Argile Classe A6 Sol expansif
Activité		Kaolinite
Abaque d'évaluation du potentiel de gonflement	0.4	Le potentiel de gonflement faible à moyen

Table 1. Identification et Classification de l'Argile gonflante.

II.1.3. Composition Chimique

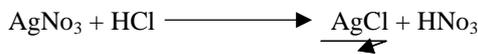
Les essais chimiques sur les sols sont très importants dans la mesure où ils permettent de déterminer les minéraux argileux constituant le sol, et peuvent donner des indications sur l'agressivité du sol vis-à-vis des matériaux de construction (béton, acier, etc...). Les analyses chimiques sont classées en trois types : les analyses volumétriques, les analyses gazométriques et les analyses gravimétriques (quantitatives).

Pour les argiles, il y'a des essais qui sont relativement importants :

- Essai de sulfate (SO₄), dont l'équation chimique de base est :



- Essai de chlorure (CL), qui est gouverné par la réaction chimique :



- Essai de carbonate de calcium (CaCO₃), dont la réaction de base est donnée par l'équation :



Tous les essais sont effectués au niveau du laboratoire LTPO. Les résultats sont résumés au tableau 2 :

Composant	Valeurs (V)	Normes	Classification
Carbonate de calcium [CaCO ₃ %]	13	10% < V < 30%	Argile calcaire
Chlorure [CL %]	0.50	Valeur faible	Sol n'a pas une nature agressive
Sulfate [SO ₄ ml]	5 ml de BaSO ₄	Valeur faible	Le gonflement dus aux sulfates est faible
Silicate %	80	Valeur Importante	Sol enrichi de silicate

Table 2. Compositions chimiques et classification de l'Argile.

II.2. Caractérisation vis-à-vis du gonflement

Les procédures des essais sur le sol gonflant ont pour caractéristique commune de remettre l'échantillon sous contrainte égale au poids des terres dans le cas de sols intacts ou sous la contrainte de service dans le cas de sols traités mécaniquement ou chimiquement imposé à l'éprouvette [13]. La plupart des procédures d'essais utilisent l'appareil œdométrique pour mesurer le potentiel

de gonflement des sols gonflants [2]. Ceci pour deux raisons essentielles, la première est que l'état qui règne dans le moule œdométrique est proche de l'état du sol in situ, la seconde est sa grande diffusion [14]. Les essais de caractérisations sont la suite des essais d'identifications qui nous permettent de confirmer si l'argile est gonflante ou non. Tous les essais œdométriques sont effectués au niveau du laboratoire LTPO.

II.2.1. Détermination des caractéristiques physiques du sol étudié

Au début on détermine les caractéristiques physiques du sol étudié pour entamer les essais de caractérisations. Les essais s'effectués sur des échantillons intacts de profondeur entre 2.80 m et 3.00 m.

Caractéristiques physiques	Valeurs
γ_w (kN/m ³)	9.81
γ_h (kN/m ³)	22.96
γ_d (kN/m ³)	20.71
γ_s (kN/m ³)	27
W (%)	10.84
W _s (%)	11.04
S _r (%)	0.98
n	0.233
e ₀	0.3237

Table 3. Caractéristiques physiques de sol.

Dans l'optique de ces résultats, le sol étudié est d'une formation dense, de texture sableuse et casi-saturé.

II.2.2. Nature du sol

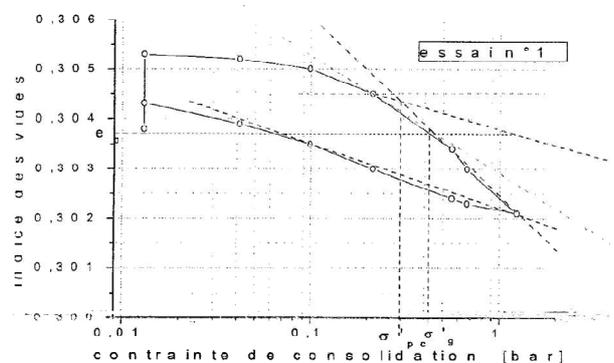


Figure 2. Détermination de σ'_{pc} , c_g et c_c [12]

II.2.4.1. Essai oedométrique n°1

Cet essai permet de mesurer les paramètres de gonflement (σ'_g ; C_g). L'essai début par un gonflement libre sous une faible charge de piston jusqu'à stabilisation des déformations verticales. Après cette étape, on applique des contraintes croissantes progressivement sur l'échantillon jusqu'à la contrainte finale, puis on passe cette pression, et après on décharge.

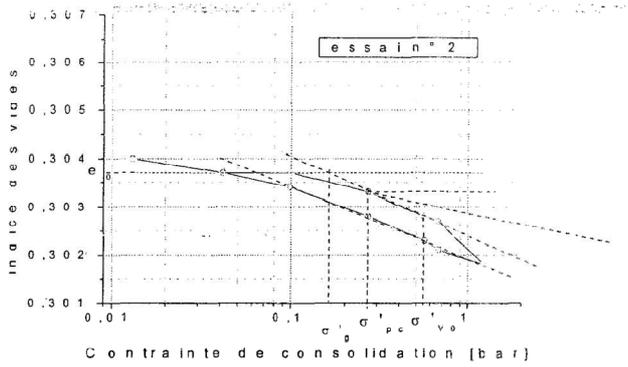


Figure 3. Détermination de σ'_{pc} , c_g et c_c [12].

N° d'essai	Contrainte de consolidation σ'_{pc} [bar]	Contrainte due au poids des terres σ'_{v0} [bar]	Constats
Essai 1	0.2967	0.5545	Sol sous-consolidé
Essai 2	0.2675	0.5545	Sol sous-consolidé

Table 4. Contraintes de consolidation et constats

II.2.3. Calcul des contraintes

Le massif du sol est constitué de deux couches, la première est graveleuse d'épaisseur $h1 = 1 m$, et la deuxième est d'épaisseur de $3 m$. on suppose que le massif supporte la charge de la structure $F = 12 t$ à travers une semelle de fondation carrée de dimension $(1x1)$ en mètre, enfouie à $0.5 m$. En fonction de l'abaque des coefficients d'influence pour une contrainte verticale sous le coin d'une surface rectangulaire uniformément chargée on détermine la contrainte verticale [15]. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Contrainte due au poids des terres σ'_{v0} [kPa]	Surcharge $\Delta\sigma$ [kPa]	Contrainte totale σ'_f [kPa]
55.4	10.83	66.23

Table 5. Valeurs des Contraintes de sol

II.2.4. Essais à l'oedomètre

L'essai à l'oedomètre destiné initialement à l'étude de la compressibilité, permet aussi de mesurer le potentiel de gonflement. On représente tous les résultats sous formes graphiques.

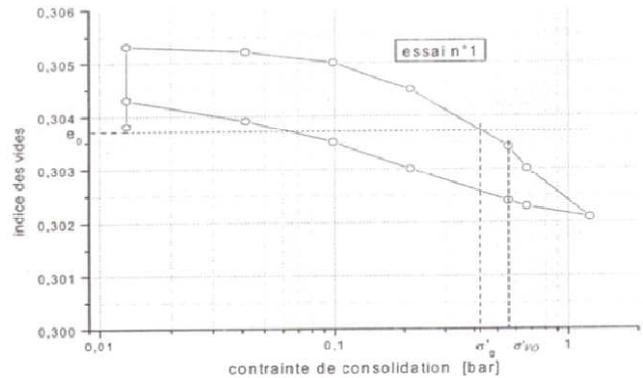


Figure 4. Détermination de la pression de gonflement [12]

Dans le tableau n°, 6 on présente les résultats de mesures des paramètres de gonflement de l'échantillon dans la cellule oedométrique, ainsi que les valeurs des contraintes, l'indice de compressibilité et le soulèvement.

Paramètres	Valeurs
h_0 (mm)	25.0
γ_s (kN/m ³)	27
W_0 (%)	10.84
e_0	0.3037
h_g (mm)	25.15
h_r (mm)	25
W_f (%)	13.83
e_f	0.3045
Δh_g (mm)	0.15
σ'_{pc} (bar)	0.2967
σ'_g (bar)	0.4205
C_g	0.0013
C_c	0.0038
ΔZ (m)	$6.02 \cdot 10^{-4}$

Table 6. Résultats de l'essai oedométrique (essai n°1)

II.2.4.2. Essai oedométrique n°2

Cet essai est consacré à la détermination des paramètres de gonflement sans débiter par une phase de gonflement libre.

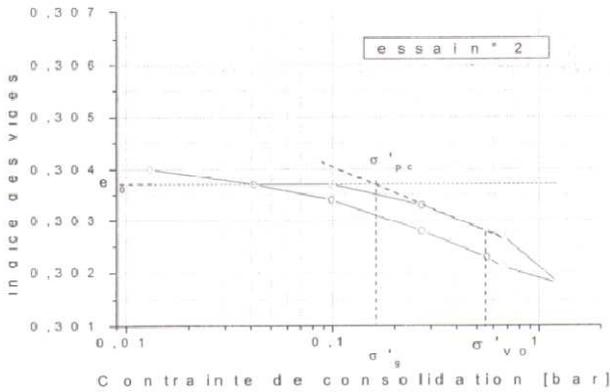


Figure 5. Détermination de la pression de gonflement [12].

On présente les résultats de mesures des paramètres de gonflement de l'échantillon dans la cellule oedométrique, ainsi que les valeurs des contraintes, l'indice de compressibilité et le soulèvement dans le tableau ci-dessous (Tab.7).

Paramètres	Valeurs
h_0 (mm)	25.0
γ_s (kN/m ³)	27
W_0 (%)	10.84
e_0	0.3037
h_g (mm)	27
h_r (mm)	25
W_f (%)	12.18
e_f	0.3047
Δh_g (mm)	2
σ'_{pc} (bar)	0.1624
σ'_g (bar)	0.16.24
C_g	0.0013
C_c	0.0036
ΔZ (m)	$1.83 \cdot 10^{-3}$

Table 7. Résultats de l'essai oedométrique (essai n°2)

II.2.4.3. Etude de la vitesse de consolidation

Cette étude est basée sur les résultats de l'essai oedométrique par des lectures micrométriques au cours d'un palier de chargement, qui a pour but de déterminer le coefficient de consolidation C_V .

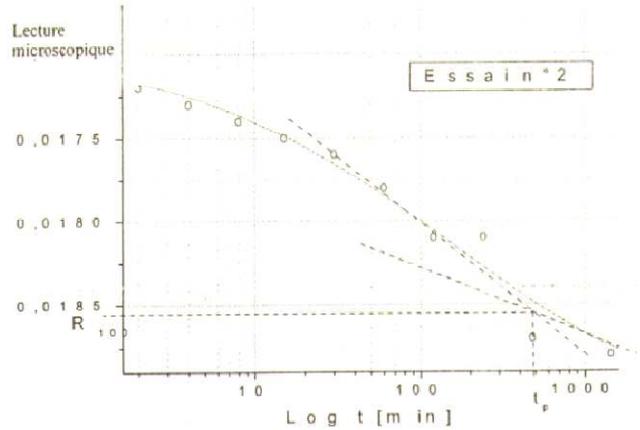


Figure 6. Détermination du coefficient de consolidation C_V [12]

Le coefficient de consolidation calculé est :
 $C_V = 1.08 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$

II.2.4.4. Estimation du coefficient de perméabilité

On peut estimer le coefficient de perméabilité de façon directe à partir de l'essai de consolidation. Le coefficient k est en fonction de : C_V , e_0 et a_v .

$$k = \frac{C_V \cdot \rho_w \cdot g \cdot a_v}{1 + e_0} \quad (1)$$

La détermination de a_v (coefficient de compressibilité) se fait en fonction de la courbe $e = f(\log \sigma'_{vc})$.

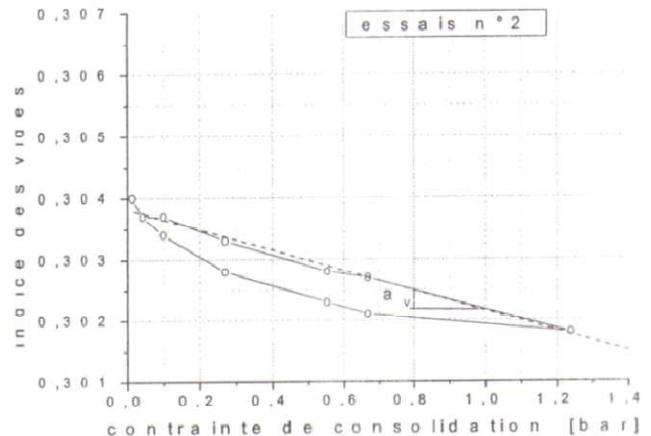


Figure 7. Détermination du coefficient de compressibilité a_v [12]

Alors $k = 2.6 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$ est très faible, donc le sol étudié est une argile très imperméable.

III. Conclusion

Le phénomène de gonflement pose un problème largement répondu à travers le monde. Il provoque notamment des dégâts coulisseaux sur différents types d'ouvrages, particulièrement les constructions légères et

les canalisations. Ce phénomène est gouverné principalement pour la variation de la teneur en eau accompagnée par la présence d'une argile à grande capacité d'absorption d'eau. Parmi les régions concernées par le problème de gonflement, le village d'Abadla du Sud-ouest d'Algérie.

Les résultats obtenus montrent que le sol étudié est une argile sableuse inorganique de faible plasticité et de forte imperméabilité. L'identification minéralogique conclut à une argile qui peut être de famille minéralogique de l'illite ou de Kaolinite avec peu ou pas de Montmorillonite. Le potentiel de gonflement de cette argile peut être classé faible à moyen, suffisant de causer des dégâts aux constructions. Les carottes contiennent quelques traces de gypse qui peut être sujet à un gonflement supplémentaire.

Notation

a_v	Coefficient de compressibilité
C_c	Indice de compressibilité
C_g	Indice de gonflement
C_v	Indice de consolidation
e_0	Indice de vides initial
e_f	Indice des vides final
g	Accélération de pesanteur
h_0	Hauteur initiale de l'échantillon dans la cellule
h_g	Hauteur de gonflement de l'échantillon dans la cellule
h_r	Hauteur de retrait de l'échantillon dans la cellule
I_p	Indice de plasticité
k	Coefficient de perméabilité
n	Porosité
S_r	Degré de saturation
W_0	Teneur en eau
W_f	Teneur en eau final
W_L	Limite de liquidité
W_P	Limite de plasticité
W_S	Teneur en saturation
γ_d	Poids volumique de sol sec
γ_h	Poids volumique des grains humides
γ_s	Poids volumique des grains solides
γ_w	Poids volumique de l'eau
σ'_f	Contrainte finale

σ'_g	Contrainte de gonflement
σ'_{pc}	Contrainte de préconsolidation
σ'_{v0}	Contrainte due au poids des terres
$\Delta\sigma$	Contrainte verticale
ΔZ	Soulèvement global

References

- [1] John Nelson et Debora J. Miller, *Expansive Soils. Problems and Practice in Foundation and Pavement Engineering*. John Wiley & Sons, Inc. Edition, 1992.
- [2] Journées d'études sur sols gonflants. JESG. Tlemcen-27 et 28 Octobre 2002.
- [3] Mohamad MRAD, *Modélisation du Comportement Hydromécanique des Sols Gonflants Non Saturés*. Thèse de Doctorat de l'I.N.P.L. LORRAINE, 2005.
- [4] MOUROUX P. MARGRON P. & PINTE J.C., *LA construction Economique sur Sols Gonflants*. Manuels et Méthodes n° 14, Ed BRGM., 1988.
- [5] Hossein NOWAMOOZ, *Retrait/Gonflement des Sols Argileux*. Thèse de Doctorat de l'I.N.P.L., 2007.
- [6] LCP – Pôle Géotechnique. Thème GE037. Sujet et recherche 1.37.01.91. Les sols gonflants en Génie Civil. 1991.
- [7] CHEN, F. H., *The Use of Piers to Preventing the Uplifting of Lightly Structured Founded on Expansive Soils*. Proceedings, Engineering Effects of Moisture Changes in Soils, International Research and Engineering Conference on Expansive Clay Soils, Texas A & M Press, College Station, TX., 1965.
- [8] PHILIPPONAT G., *Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie*. Revue Française de Géotechnique, n°57, pp. 5-22, 1991.
- [9] FLEUREAU J.M., HACHICHI A., *Caractérisation et Stabilisation de Quelques Sols Gonflants d'Algérie*. Revue Française de Géotechnique, Vol. 86, 99. 37-51., 1999.
- [10] BIGOT G. & ZERHOUNI M.I., *Retrait/Gonflement et Tassement des Sols Fins*. Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, Vol 229, ref. 4252, pp. 105-114., 2000.
- [11] DJIDID A. & BEKKOUCHE A., *Identification and Prediction of the Swelling Behaviour of Some Soils From Tlemcen Region of Algeria*. Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, REF. 4375, pp. 69-77., 2001.
- [12] MOKEDDEM Youssef, *Caractérisation de l'Argile Gonflante de Guir Lotfi (Abadla)*, Mémoire de PFE de l'Université de Béchar, 2003.
- [13] DIDIER G. SOYEZ B. 6 HERITIER B. PAREZ L., *Projet de Méthodes d'Essais, 1987 9th European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering – DUBLIN - LCPC1987*.
- [14] Sidi M^{ed} AISA MAMOUNE, *Contribution à la Mesure, Prévision et Modélisation du Comportement des Sols Expansifs*. Mémoire de Magistère.
- [15] Robert D. Hottz et William D. Kovacs, *Introduction à la Géotechnique*. Edition de l'Ecole Polytechnique de Montréal, 1991.

Journal of Scientific Research

P.O.Box 417 route de Kenadsa

08000 Bechar - ALGERIA

Tel: +213 (0) 49 81 90 24

Fax: +213 (0) 49 81 52 44

Editorial mail: jrs.bechar@gmail.com

Submission mail: submission.bechar@gmail.com

Web: <http://www2.univ-bechar.dz/jrs/>
