



Caractérisation géotechnique des sols, cas des argiles de Souk ahras

Djouima^a Sarah*, Missaoui Sabrina^b, Houam Houda^c, Sid Madani^d.

^alaboratoire Universités Mohammed-Chérif Messaadia, souk ahras, Algerie

^bUniversité Chadli Bendjedid -El Tarf

^c Université 20 Aout 1955 SKIKDA

^d Laboratoire Universités Mohammed-Chérif Messaadia ,souk ahras,Algerie

Informations	Résumé
Mots clés : Argiles gonflantes identification prévision estimation *Correspondance : gc.djouimaa@gmail.com Reçu le jj/mm/aa, Révisé jj/ mm/aa, Accepté le jj/mm/aa-	Le gonflement des sols constitue un phénomène très important en mécanique des sols. Dans certaines régions, il est à l'origine de nombreux désordres tant pour les structures en surface que pour les ouvrages souterrains. Par suite d'une modification de leur teneur en eau, les terrains superficiels argileux varient de volume : retrait lors d'une période d'assèchement, gonflement lorsqu'il y a apport d'eau. Cette variation de volume est accompagnée d'une modification des caractéristiques mécaniques de ces sols. Ce travail présente et analyse les résultats des essais d'identification du sol par méthodes direct et méthodes indirect et aussi les difficultés que pose l'utilisation des approches disponibles dans la littérature et basées sur les paramètres physico-chimiques pour l'identification des sols gonflants. Ces résultats sont aussi comparés avec ceux obtenus des essais de gonflement à l'oedomètre.

1.Introduction

La quantification du phénomène de gonflement par les paramètres géotechnique est essentielle du point de vue de dimensionnement des ouvrages de génie civil (Bultel). Les méthodes de classification des sols gonflants sont souvent des méthodes indirectes car elles recouvrent l'analyse minéralogique et surtout les essais mécaniques. Elles consistent plutôt à établir une corrélation entre le taux de gonflement ou la pression de gonflement et quelques paramètres géotechniques, comme les limites d'Atterberg, la teneur en eau et la densité sèche, et rassemblent les facteurs les plus influents sur le gonflement des argiles. Ainsi après avoir déterminé les paramètres géotechniques du sol, l'emploi des formules empiriques permet de connaître rapidement le potentiel de gonflement de ce sol, c'est-à-dire d'estimer le gonflement ou la pression de gonflement qui peuvent se développer en cas de variation des conditions hydriques et par conséquent si le phénomène est à prendre en compte ou pas (Bekkouch et al), (Khem issa). En Algérie, les estimations ne sont pas disponibles mais la littérature scientifique cite de nombreux cas pathologiques de structures où la nature gonflante du sol est la principale cause des dégradations constatées (Hachichi et al., 2002, Lamara et al., 2002).

Cette étude a pour objet de caractériser le comportement des argiles expansives de la commune de M'daourouch et de déterminer les paramètres physiques et mécaniques qui jouent un rôle dans la variation de leur volume, au moyen d'essais d'identification classiques et d'essais mécaniques (essais de compressibilité oedométriques) et aussi faire Une comparaison avec l'évaluation du potentiel de gonflement par méthodes indirectes inspirés des recherches réalisés dans la littérature.

2.Situation géographique

M'daourouch, est une daïra de la wilaya de Souk Ahras. Elle est située à 50 km au sud de la wilaya. La ville et son agglomération compte environ 27000 habitants. Elle tient son nom à l'antique ville romano-numide Madaure dont les vestiges se situent à quelques kilomètres.

3.Etude géologique

La géologie, dont le nom signifie littéralement « science de la terre », a pour but d'étudier la constitution actuelle du sol, de rechercher les causes qui peuvent modifier cette constitution, celles qui l'ont produite, et de refaire ainsi, sur des documents empruntés au globe lui-même, l'histoire de sa formation. Il est évident que la

connaissance des matériaux, ou minéraux, qui entrent dans la composition du sol est nécessaire à tous ceux qui abordent l'étude de la terre ; par conséquent, la minéralogie se trouve à la base même des études géologiques. L'analyse de la carte géologique a permis de définir les caractéristiques minéralogiques des formations argileuses et marneuses, et en particulier de répertorier la présence et la proportion des minéraux gonflants

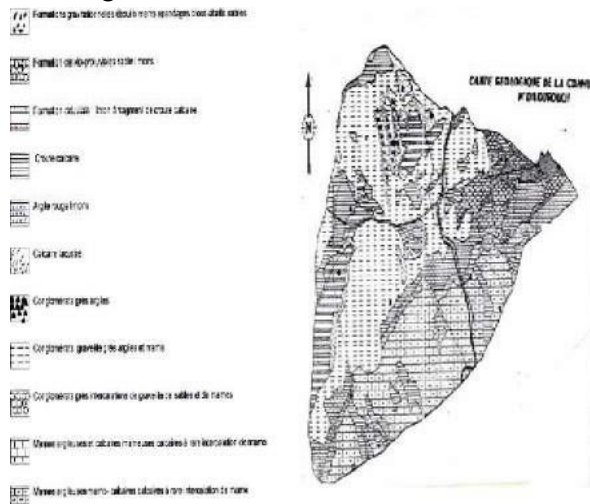


Fig.1 : carte géographique de M'daourouch

Il s'agit d'une formation plastique, représentée par un mélange chaotique de marne et d'argille bariolées, avec grès et gypse en moindre quantités, qui renferme de petits fragments de roches carbonatées ou terrigènes d'âge variée, Et quelquefois mêmes des fragments de roches d'origine plutonique. Les argiles et les marnes du diapir de Souk-Ahras sont colorées en tout rougeâtres, ocre et jaune. A de telles altérations ont également été soumis les petits fragments de roches carbonatées enrobées dans la masse argilo-gypseuse, avec transformation de celles-ci en cargneules. Sur la carte géologique les grands panneaux exotiques de roches carbonatées et terrigènes, Noyés dans la masse grésogypsoargileuse, ont été individualisés en tant qu'unités lithologiques indépendantes.

4.Caractéristiques climatiques :

Par suite d'une modification de leur teneur en eau, les terrains superficiels argileux varient de volume, retrait lors d'une période d'assèchement, gonflement lorsqu'il y a apport d'eau. Cette variation de volume est accompagnée d'une modification des caractéristiques mécaniques de ces sols. En période sèche, la tranche la plus superficielle du sol (1 à 2 m de profondeur) est soumise à l'évaporation. Se produit alors un retrait des argiles qui se traduit verticalement par un tassement. La figure ci-dessous montre que la pluviométrie de la zone de M'daourouch est

caractérisée par une irrégularité mensuelle et saisonnière, elle est plus importante pendant la période (Octobre Mai) que pendant les autres mois de l'année,

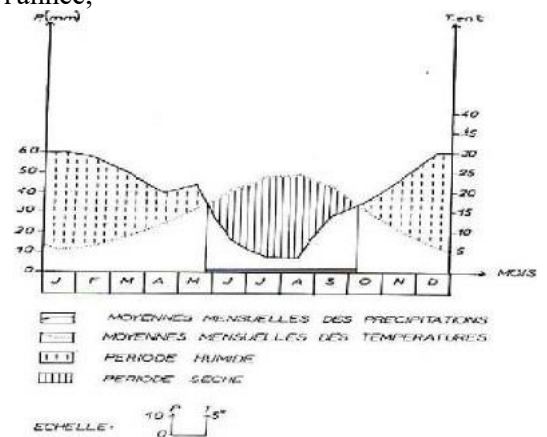


Fig. 2 : diagramme pluviothermique

Les précipitations sont concentrées durant les mois d'Hiver qui cumulent une moyenne de 177 mm, soit 38,06 % de précipitation annuelle. La moyenne mensuelle la plus basse est durant le mois de Janvier avec 16.3⁰c, et la plus haute durant le mois de Juillet avec 33,9 ⁰c. Les mois humides s'étalent sur quatre mois (Décembre, Janvier, Février, et Mars), avec une pluviométrie cumulée de 227 mm, tandis que les mois secs s'étalent sur une période de Huit mois avec une pluviométrie cumulée de 229 mm. La Figure 2 montre l'existence d'un cycle d'humidification séchage, se produisant chaque année avec le déroulement des saisons, une saison pluvieuse et humide et une autre sèche et chaude. Les résultats obtenus montrent que cette région susceptible d'être affectées par les dommages résultant des sols gonflants.

5.Aspect géotechnique :

S.ICaractéristiques d'identification :

Les échantillons intacts au niveau du site ont été prélevés entre 1 m et 6 m de profondeur soumis à des essais d'identification physiques

Prof. (m)	Nature apparente de l'échantillon	w	WL				Sr
1.00/2.00	Argile limoneuse brune à noirâtre	17.4%	51	29	1,83	1.56	
2.00/2.50	Argile rouge	21.2		21	2,05	1.69	97,8 °A
2,50/3.00	Argile brune légèrement sableuse	20.5	49	27	2,01	1.67	
3.00/3.50	Argile rouge avec filets calcareux	15.0	59	33	1,88	1,64	

et chimiques. Le tableau suivant présente les valeurs moyennes des paramètres d'identification des sols prélevés

Tableau. 1 : Caractéristiques d'identification des sols de M'daourouch

Argile	19.6	46	22	2,09
1.74				

5.50/6.00 sableuse %

5.2 Estimation du potentiel de gonflement :

5.2.1 Méthode indirecte :

Les méthodes de classification des sols gonflants par méthodes indirectes consistent à établir une corrélation entre le taux de gonflement ou la pression de gonflement et quelques paramètres géotechniques, (Djedid et al) comme les limites d'Atterberg, la teneur en eau et la densité sèche, et rassemblent les facteurs les plus influents sur le gonflement des argiles. Ainsi après avoir déterminé les paramètres géotechniques du sol, l'emploi des formules empiriques permet de connaître rapidement le potentiel de gonflement de ce sol, cette identification se trouve compliquée par l'existence de plusieurs approches qui ne se basent ni sur les mêmes paramètres ni sur le même nombre. Pour les argiles présentées dans cet étude, le potentiel de gonflement est analysé à l'aide des méthodes de Building Research Establishment (BRE), Komornik & David (1969), Seed & al. (1962), Chen (1998), Snethen (1984), Vijayvergiya & Ghazzaly (1973). Les résultats de la classification sont cités dans les tableaux suivants :

Tableau .2: Relation entre le gonflement libre et l'indice de plasticité (Seed et al. 1962)

IP	Potentiel de gonflement
0-10	o. 1.5
10-20	1,5-5
20-35	5-25
	Très élevé

Tableau .3 : Potentiel de gonflement d'après (1980) Snethen

Potentiel de gonflement
Très élevé
22-35
18-22
élevé
Moyen
Faible

Tableau .4 : Potentiel de gonflement (Chen, 1998)

Pression de gonflement (6 ans) MPa	Potentiel de gonflement
>95	10
60-95	40-60
2.s-5	Elevé

30-60	30-40	Moyen
		Faible

Tableau .5 : Classification proposée par Dakshanamurphy et Raman (1973)

Classification
0-20
20-35
35-50
50-70
70-90
sup à 90
Non gonflant
Gonflement faible
Gonflement moyen
Gonflement élevé
Gonflement très élevé
Gonflement critique

5.2.2 Application des différentes approches sur le sol de M'daourouch :

a. Selon les limites d'atterberg :

Tableau .6 : Classification selon la limite de liquidité

Prof. (m)	Nature apparente de l'échantillon	Limite de liquidité %	potentiel de gonflement
1.00/2.00	Argile limoneuse brune à noirâtre	51	Gonflement élevé
2.00/2.50	Argile rouge		Gonflement moyen
2.50/3.00	Argile brune légèrement sableuse	49	Gonflement moyen
3.00/3.50	Argile rouge avec filets calcaireux blanchâtres	59	Gonflement élevé
s.S0/6.00	Argile sableuse rouge	46	Gonflement moyen

Tableau .7: Classification selon l'indice de plasticité

	Nature apparente de l'échantillon	Indice de plasticité	Classification
1.00/2.00	Argile limoneuse brune à noirâtre	29	Gonflement élevé
2.00/2.50	Argile beige à jaunâtre très calcaireuse	21	Gonflement moyen
2.50/3.00	Argile brune légèrement sableuse		Gonflement élevé
3.00/3.50	Argile rouge avec filets calcaireux blanchâtres	33	Gonflement élevé
5.50/6.00	Argile sableuse rouge	22	Gonflement moyen

Tableau .8 : Classification selon l'indice de consistance

Fig. 4: Classification du sol selon diagramme de Casagrande

Prof.	Nature	l'indice de consistance) apparente de consistance l'échantillon	
1,00/2.00	Argile brun e à noi râtre	1	Dure limoneuse
2.00/2.50	Argile rouge	13	
2.50/3.00	Argile brune légèrement sableuse	1	Dure
3.00/3.50	Argile rouge avec filets calcareux blanchâtres	13	Dure
5S0/6.00	Argile sableuse	1.2	Dure rouge

On peut remarquer que :

La limite de liquidité WL, varie entre 44 et 59%, avec un indice de plasticité IP, situé entre 22 et 33 Le diagramme des valeurs (WL et IP) localise le sol dans la zone des argiles peu plastiques à très plastiques, d'après le diagramme de Casagrande. on peut déduire que le sol étudié présente un potentiel de gonflement moyen à élevé. L'indice de consistance varie entre 1 et 1.3, caractérise un sol dur.

Pour une argile ayant un IP >30, on peut déduire que le sol possède un potentiel de gonflement élevé (29 et 33%).

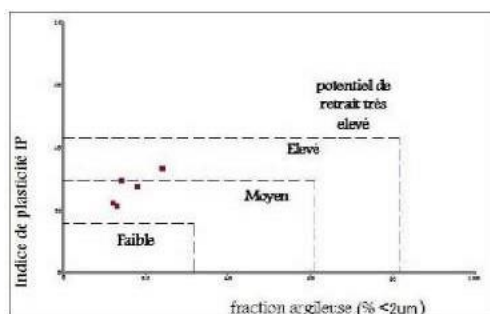
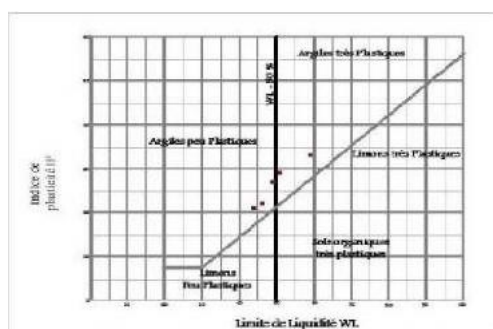


Fig. 3: Classification du sol étudié (Building Research Establishment (1980)).



On constate un bon accord entre ces classifications. Le caractère expansif du sol examiné apparaît clairement à travers l'ensemble des classifications adaptées, donc l'argile de Mdaourouch est caractérisée par un potentiel de gonflement moyen à élevé.

b. Selon les approches théoriques :

Selon Seed et al (1962) :

$$\varepsilon_g = 21,6 \cdot 10^{-5} (I_p)^{2,44}$$

Tableau .9 : Classification selon Seed et al (1962)

Profondeur	Nature apparente de l'échantillon		
1.00/2.00	Argile limoneuse brune à noirâtre	29	0,79
2.00/2.50	Argile rouge	21	0,36
2.50/3.00	Argile brune légèrement sableuse	27	0,67
3.00/3.50	Argile rouge avec filets calcareux blanchâtres	33	1,09
5.S0/6.00	Argile sableuse rouge	22	0,40

Selon Komornik et David (1969) :

$$\varepsilon_g = 0,9 + 2,11IP$$

Tableau .10 : Classification Selon Komornik et David (1969)

Profondeur	Nature apparente de l'échantillon		
1.00/2.00	Argile limoneuse brune à noirâtre	29	62
2.00/2.50	Argile rouge	21	45
2.30/3.00	Argile brune légèrement sableuse	27	58
3.00/3.50	Argile rouge avec filets calcareux blanchâtres	33	70
5.50/6.00	Argile sableuse rouge	22	47

Selon la densité sèche et la teneur en eau :

Selon Vijayvergiya et Ghazzaly (1973) :

$$\text{Log } 0.033 - 0.083W + 0.458$$

$$\text{Log } 0.033 WL - 0.083W - 1.967$$

Tableau .11.a : Classification Selon Vijayvergiya et Ghazzaly (1973)

Profondeur	W	WL	Log(eg)	g	
1.00/2.00	215	51	0,36	2,27	0,0085
2.00/2.50	168	44	0,52	3,27	0,0123

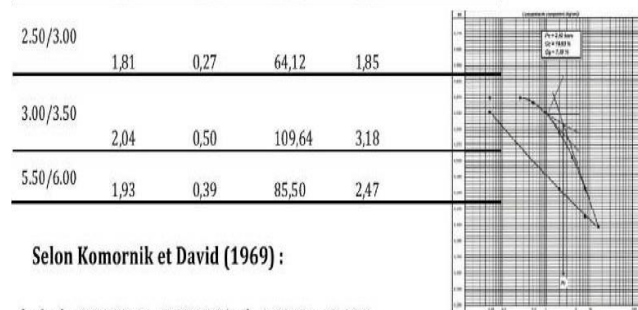
$$\text{Log (Eg)} = 0.033 * \text{WL} + 0.0032 * \text{Yd} - 6.692$$

$$\text{Log (}\sigma\text{g)} = 0.033 * \text{WL} + 0.0032 * \text{Yd} - 5.154$$

Tableau .12.b :Classification Selon Vijayvergiya et Ghazzaly (1973)

Log (og)

Profondeur	Log (erg)	Log (eg)	ag (kpa)	Eg
1.00/2.00	2,57	1,04	371,5	10,39
2.00/2.50	1,57	0,04	37,94	1,09



Selon Komornik et David (1969) :

$$\text{lg (og)} = -0,0208\text{WL} + 0,000665 \text{ Yd} - 0,0269\text{w} - 2,132$$

2.50/3.00	20.5	49	0,37	2,36	0,0000
3.00/3.50	15.0	59	1,16	14	0,054
5.50/6.00	19.6	46	0,35	2,23	0,0083

Tableau .14 : Application sur sol de M'daourouch

profondeur	Pc (Bar)	Cg(%)	Potentiel de gonflement
1,00-2,00	2,50	7,55	Sol gonflant cg élevé
	2,52	6,43	Sol gonflant cg élevé
	4,74	5,44	Sol gonflant cg élevé
3.so-s,oo	2,44	6,87	Sol gonflant cg élevé

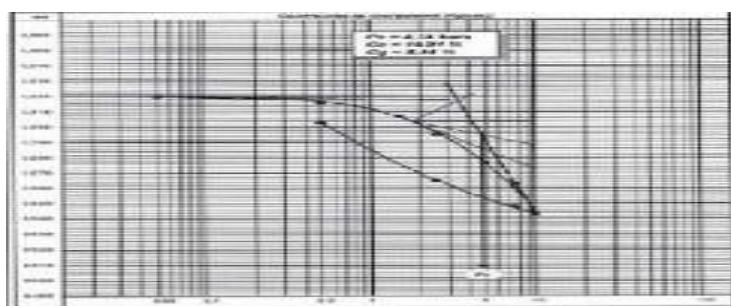


Tableau .13 :Classification Selon Komornik et David (1969)

Profondeur	(Kn/m3)		(KPa)
1.00/2.00	1.89	21.5 %	51
2.00/2.50	1.65	16.8 %	0,27
2.50/3.00	1.67	20.5 %	49
3.00/3.50	1.64	15.0 %	59
550/6.00	1.74	19.6 %	46

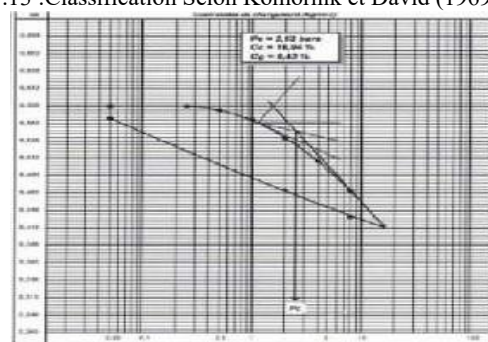


Fig. S : Courbes oedométriques des échantillons de

l'argile Les valeurs du potentiel de gonflement des argiles de M'daourouch sont très variables et montrent les valeurs de la pression de pré consolidation (P_c dans l'ensemble un caractère très différent bar) varie avec la variation de la profondeur, 5 bars comme l'indique les tableaux précédent . Pour entre 3,00 m et 3,50m et 3 bars entre (1m-2,5m) et comprendre le comportement mécanique de ces (3m -5m).

sols, et affirmer ou non les variations de la valeur du coefficient de compressibilité (C_c %) comportements mis en évidence entre les soit à son tour des variations avec la profondeur, à différents approches théoriques, des essais à une hauteur de il est de 19, 9 %, et 17.9 l'oedomètre ont été réalisés % pour une hauteur de 3,50-4,00m de profondeur, traduisant un sol moyen compressible.

avec une hauteur de 2m , l'indice de gonflement est 5.2.3 Méthode directe : élevé (C_g)

il diminue avec l'augmentation de la profondeur.

Selon l'essai de compressibilité: Les résultats d'essai œdométrique, montrent un sol consistant, surconsolidé, moyennement Les résultats d'un essai de compressibilité à compressible et gonflant.

l'oedomètre ont été effectués pour pouvoir Les variations de ces paramètres, semblent déterminer les déformations sous les contraintes confirmer l'hétérogénéité du terrain. appliquées, on a trouvé :

Conclusion

Le nombre élevé d'approches disponibles dans la littérature pour l'identification des sols gonflants ne rend pas la tâche facile aux praticiens.

L'application de ces approches au même site fournirait des indications contradictoires comme il a été montré dans ce travail. C'est pourquoi la formulation dans un cadre approprié comme les directives techniques d'une démarche unifiée pour identifier ce genre de sols serait d'une grande utilité pour les praticiens. Si une telle démarche est adoptée, elle n'éliminera pas totalement les désordres mais unifiera le langage des praticiens et réduira les litiges.

Référence :

III Bekkouché, A., Djedid A., Aissa Mamoune, S.M., Zoubir, A., (2003) Esquisse de la carte géotechnique du groupement Tlemcen-Mansourah-Chetouane Implication de la géotechnique dans le développement Marrakech, Maroc.

[2] Bultel, " Prise en compte du gonflement des terrains pour le dimensionnement des revêtements des tunnels ", Thèse de Doctorat, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.

[3] Building Research Establishment, (1980) Low-rise buildings on shrinkable clay soils: Part 1. BRE Digest 240, HMSC, London.

[4] Djedid, A., Bekkouché, A., Aissa Mamoune, S.M. (2001) Identification et prévision du gonflement de quelques sols de la région de Tlemcen (Algérie) , Bulletin des laboratoires des Ponts et Chaussées, N 0 233, pp.67-75.

[5] Hachichi AP , Bourokba *S., Benaissa (2002) " Etude de la stabilisation des sols gonflants de la région d'Oran , 11ème Journée d'études sur les sols gonflants, Université Aboubekr Belkaid, Tlemcen (Algérie), pp.83-91.

[6] Khemissa, M., Mekki, L., (2005) "Détermination des paramètres de gonflement des argiles expansives de M'sila 21ème Journée d'études sur les sols gonflants, Université Aboubekr, Tlemcen pp. 19-27.

[7] Komornik, A. et David, D, (1969), Prediction of swelling pressure of clays", Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, vol. 95, nSM1, pp. 209-225.

[8] Lamara, M., Merah, A., (2002) " Analyse d'un cas pathologique de gonflement de sol 11ème Journée d'études sur les sols gonflants, Université Aboubekr, Tlemcen (Algérie), pp.101-108.

[9] Seed, H.B., Woodward, R.J. & de Lundgren, R., (1962) " Prediction of swelling potential for compacted clays", Soil Mech and Found Div. ASCE 88:107-131.

[10] Snethen, D.R , (1980) , "Expansive Soil in Highway Subgrades", Report FHWA-TS-80-236.

[11] Vijayvergiya, V.N et Ghazzaly, O.I, (1973) , " Prediction of swelling potential for natural clays", Proceedings of the 3rd International Conference on Expansive Soils, vol. 1, Haïfa, pp. 227-236.