

---

# Identification du potentiel de gonflement d'un sol de la région de Souk-Ahras

**Houda Mahtali**

*Département de Génie Minier, Faculté des Sciences de la terre, Université Badji Mokhtar Annaba, mahtalihouda@yahoo.fr*

---

*RÉSUMÉ. Le gonflement des sols argileux est la cause de nombreux dommages : soulèvement de fonds de fouilles, destruction de chaussées, fissuration de bâtiments.*

*Une délimitation en zone, d'égaux potentiels de retrait –gonflement, porte une information préventive adaptée qui permet de limiter considérablement cette sinistralité, affectant essentiellement les maisons individuelles et se manifeste par une fissuration des murs et des dallages notamment lors des périodes de sécheresse prolongées.*

*L'intensité du phénomène de retrait –gonflement des sols est fonction de plusieurs paramètres tels que la nature plastique, l'activité, et la minéralogie des sols ainsi que la climatologie.*

*Notre travail s'articule sur la détermination des propriétés du sol qui influent le retrait – gonflement (la limite de liquidité, l'indice de plasticité, la minéralogie,...).on utilisant des données des essais du laboratoire de LTP EST d'Annaba pour faire ressortir les paramètres affectant réellement le phénomène étudié.*

*ABSTRACT. The argillaceous ground heaving is the cause of many damage: rising of trench bottoms, destruction of roadways, cracking of buildings.*

*A delimitation in zone, equal potentials of withdrawal - swelling, carries adapted preventive information which makes it possible to limit this sinistrality considerably, affecting the houses primarily and appears by a cracking of the walls and pavements in particular at the time of the prolonged periods of dryness.*

*Intensity of the phenomenon of withdrawal - ground heaving is related to several parameters such as plastic nature, the activity, and the mineralogy of the grounds as well as climatology.*

*Our work is articulated on the determination of the properties of the ground which influence the withdrawal - swelling (liquid the limit, the index of plasticity, the mineralogy,...).on using data of the tests of the laboratory of LTP EAST of Annaba to emphasize the parameters really affecting the studied phenomenon.*

*MOTS CLES : Identification, pression du gonflement, argile, caractérisation expérimentale.*

*KEYWORDS: Identification, pressure of swelling, clay, experimental characterization.*

---

## 1. Introduction

Le gonflement des sols naturels est spécifique à certains sols argileux. Il est lié principalement aux variations de la teneur en eau et le type de minéraux argileux que contient ce sol. D'autres facteurs, telles que la structure du sol, la densité, la teneur en eau initiale.etc... peuvent affecter de manière significative la pression du gonflement ou la déformation de ces argiles.

Dans cette optique nous avons choisi la région de Souk-Ahras où les constructions sont sujet à des dégradations suite à la médiocrité des propriétés mécaniques du sol, on a essayé de faire un diagnostique géotechnique plus ou moins détaillé sur les causes de ces dégradations.

## 2. Aperçu géologique et climatologique

L. David (1950 à 1956) a entrepris des travaux approfondis sur la région de Souk Ahras ; cette région de l'Est de l'Algérie est connue sous le nom de montagnes de bassin de haute Medjerda ; elle comporte une importante chaîne montagneuse, complexe de direction SW-NE qui s'étend loin à l'Ouest de la frontière Algéro - Tunisienne. Ces reliefs sont accidentés avec comme principales formations géologiques : le Trias, le Crétacé et le Quaternaire et sont composées, généralement, des marnes et des grés.

D'après L.David (1956), La lithostratigraphie de la région de Souk-Ahras est caractérisée par des formations sédimentaires dont l'âge le plus ancien et le trias et lithologiquement, on peut trouver des calcaires, des argiles, des marnes, des grés, des cailloutis et des alluvions. (Voir Figure 1)

Localement, au niveau des terrains choisis, les formations géologiques sont diversifiés en âge et en composition lithologique mais le trait dominant de la géologie correspond à l'importante présence du complexe marneux (Sénonien) groupant le Crétacé supérieur et l'Eocène inférieur et est composé d'un mélange de calcaire et d'argile formant la transition entre les calcaires argileux et les argiles calcareux. On note aussi, la présence des formations argilo gypseuses à fragments et blocs de roches diverses. Ce sont alors des formations détritiques à granulométrie fine donc imperméables où seuls les intercalations généralement lenticulaires (de sable, gravier, galet, débris de calcaire etc.) sont perméables et susceptibles d'être aquifères. Les marnes en profondeur sont dures et peuvent être considérées comme substratum.

Une étude climatologique s'est référée aux données climatiques de la station Ain Dalia à Souk-Ahras et a permis de déduire que la région d'étude est caractérisée par un climat tempéré où la variation des paramètres est très irrégulière distinguant deux périodes : la première froide et humide s'étend de l'Automne à l'Hiver alors que la deuxième sèche et chaude s'étend du Printemps à l'Eté. La variation diurne et

nocturne ainsi que saisonnière de la température donne des écarts thermiques assez significatifs pour pouvoir augmenter le risque d'instabilité, son effet se traduit par une évaporation de l'eau présente dans les couches superficielles de la roche qui peut être à l'origine de son exfoliation ou une dilatation des molécules d'eau dans les pores du sol qui peut produire localement des pressions assez fortes. Pour les sols meubles qui recouvrent de très grandes surfaces dans la région d'étude et vue la dominante argilo-marneuse de la plus part des terrains, on remarque que l'augmentation estivale de la température est la cause du retrait (dégonflement) des argiles et l'apparition des fissures de qui sont de dimension parfois considérables.

		Lithologie	Epaisseur (m)	Description lithologique	
M E S O Z O I C È N E	CENOZOÏQUE	Quaternaire	10-30	Dépôts clastiques d'origine continentale.	
		Miocène	10-150	Conglomérats à grains variés avec un ciment carbonaté, grès quartzeux et calcaire sableux avec intercalations d'argilites.	
	C R É T A C É	Paléogène	Eocène	200	Calcaires marneux à silex et intercalations de phosphates par endroits dans le mur.
			Maest.	250-300	Calcaires gris clairs, calcaires crayeux et marnes argileuses avec intercalation d'argilites dans la partie supérieure.
		S U P É R I E U R	Campan.	500-600	Marnes argileuses gris-foncées et des calcaires blancs dans la partie moyenne et supérieure.
			Con-Sant.	500-600	Marnes argileuses grises et grises bleuâtres.
			Turo	180-250	Calcaires en bancs, partiellement marneux à teinte noire et gris-foncée.
			Cénom.	900-1000	Marnes gris-verdâtres et grises dans la partie supérieure, avec intercalations de calcaires marneux.
			Vracon.	500-600	Marnes et marnes-argileuses avec intercalations de calcaires argileux et argilites.
			Albien	480-600	Marnes grises et gris-foncées, noires dans la partie supérieure avec de minces intercalations de calcaires argileux.
			Clans	100-200	Marnes grises, gris-jaunes partiellement avec des intercalations de calcaires.
			Aptien	300-600	1- Faciès clastique, marnes argileuses avec intercalations de marnes sableuses et grès calcaires. 2- Faciès carbonaté, calcaires organo-détritiques, bioclastes, ooclastes et interclastes.
			Barrem	< 250	Calcaires et dolomies, argilites et argiles dans la partie supérieure (Grès à Mesloulia).
Jurassique					
Trias	< 700	Formations marno-gypsifères bariolées avec peu d'intercalations de grès à grains fins, dolomies et calcaires marno-dolomitique.			

Figure 1. Colonne stratigraphique synthétique des monts du Mellègue (D'après : David 1956 ; Dubourdiou 1959 ; Fleury 1969 ; Vila et al, 2000)

### 3. Identification du potentiel de gonflement du sol objet de l'étude

L'identification des sols gonflants peut s'effectuer à l'échelle microscopique, les formes et les assemblages de la structure de ces matériaux étant très particuliers. Seulement, cette reconnaissance est très coûteuse et n'informe pas sur les paramètres mécaniques du retrait-gonflement. Une identification primaire, à partir de résultats d'essais simples, peut présenter un intérêt considérable puisque elle permettra de gagner en temps et en coût. En effet, le fait de soupçonner qu'un sol puisse être gonflant dès la campagne de la reconnaissance préliminaire permet d'anticiper sur les campagnes de la reconnaissance de confirmation en les adaptant à la nature du site.

#### 3.1. Caractérisation des fractions fines

Vue l'importance de la proportion des particules fines (91.9 % des sols) dans l'ensemble des terrains, il est intéressant, d'une part, de quantifier la proportion des particules argileuses et, d'autre part, d'en définir la nature et les propriétés physiques.

Sondage	Prof(m)	granulométrie	
		2	0.08mm
1	1.0 – 1.4	83.6	77.5
	2.0 – 3.5	85.7	78.8
	5.0 – 5.6	98.4	97.5
	6.0 – 8.0	95.4	94.0
2	1.5 – 2.0	66.0	40.5
	2.0 – 2.8	97.0	93.9
	3.6 – 4.0	100	99.5
	5.0 – 6.0	98.1	91.6
	6.0 – 8.0	94.8	87.2
	8.5 – 9.0	97.2	92.0
3	9.0 – 12.0	84.8	67.0
	2.0 – 4.0	93.3	88.1
	5.0 – 6.5	100	96.7
	6.5 – 7.5	98.6	93.9
	7.5 – 8.5	97.3	93.5
	9.0 – 9.8	96.9	93.8
	10 – 11.7	88.5	73.4
4	12.5-13.5	85.3	73.9
	1.0 – 2.0	84.8	76.7
	2.0 – 4.8	78.6	70.3
	5.0 – 5.7	90.8	86.0
	6.0 – 8.0	96.4	85.7

**Tableau 1.** Proportion des particules fines (Exemple des sols de la route nationale RN20 entre Souk-Ahras et Ain Zana).

En effet, le comportement mécanique des argiles est en grande partie fonction de la cohésion qui dépend de la nature et de la proportion de la fraction argileuse.

### 3.2. Analyses chimiques

L'essai au bleu de méthylène est un essai très utilisé en mécanique des sols, à cause de la facilité d'usage. Il renseigne, par la mesure, sur la surface spécifique des particules argileuses d'un sol. Le paramètre mesuré pour cet essai est la valeur au bleu notée  $V_B$ . On appelle «valeur de bleu» des fines, la quantité exprimée en grammes de bleu de méthylène adsorbée par 100 g de fines. Comme le montre le (Tableau 3),  $V_B$  renseigne sur la composition minéralogique de la proportion fine. Robert W. Day [Soil Mechanics And Foundations] (tableau 2 ci-dessous) conclue qu'il existe une bonne corrélation entre le coefficient d'activité et le type de minéral argileux ». Si  $A_c < 0.75$ , les argiles sont dites inactives ; si  $A_c > 1.25$ , elles sont dites actives ; les argiles dont  $0.75 < A_c < 1.25$  sont dites normales. Les montmorillonites sont très actives parce que leurs particules sont très petites et qu'elles ont des indices de plasticité élevés.

Minéraux	Kaolinite	Illite	Montmorillonite	
Valeur au bleu $V_B$	1	3.6	31	
	Inactif	Peu actif	Normal	Très actif
Activité $A_c$	0.46	0.90	1.5(Na) et 7.5 (Ca)	

**Tableau 2.** Valeurs de référence au bleu et activité des minéraux argileux<sup>1</sup>

Les mesures effectuées au niveau des sondages, dans les terrains (Tableau 3), indiquent, d'une manière générale, que les minéraux argileux sont essentiellement de l'illite (minéral le plus commun des argiles) et en faible proportion, de la kaolinite.

Les valeurs les plus importantes de  $V_B$  sont obtenues pour les échantillons provenant des sondages situés sur le tracé de la route nationale RN16 où  $V_B$  est souvent supérieur à 8, il s'agit de minéraux actifs où les phénomènes de retrait ou de gonflement peuvent facilement se développer surtout en présence d'eau.

Le danger que peut présenter des formations argileuses de telle composition ne réside pas seulement dans la composition minéralogique en elle-même mais dans

<sup>1</sup>In "Soil Mechanics And Foundations", Robert W. Day; *Chief Engineer, American Geotechnical*. p.25

l'abondance en quantité de ces minéraux qui, ajoutés à l'eau, elles auront une influence très néfaste sur le comportement des terrains.

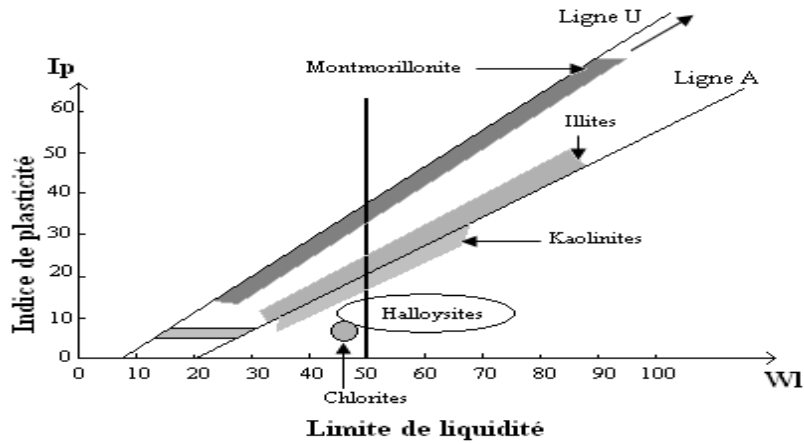
Sondage	Prof(m)	Valeur au bleu	Activité des minéraux	Nature
1	2.0- 4.0	6.66	Peu actif	Illite
	6.5-7.5	5.00	Peu actif	Illite
	7.5- 8.5	4.66	Peu actif	Illite
2	2.0- 4.8	6.00	Peu actif	Illite
	5.0- 5.7	4.00	Peu actif	Illite
	7.0 -8.0	5.33	Peu actif	Illite
3	0.5 - 1.0	3.83	Peu actif	Illite
	1.0 -2.0	6.66	Peu actif	Illite
	3.0 - 4.0	6.00	Peu actif	Illite
4	1.0 - 2.3	4.83	Peu actif	Illite
	6.5 - 8.0	5.5	Peu actif	Illite
5	2.0 - 4.0	1.66	Inactif	Kaolinite
	6.0 - 10	0.66	Inactif	Kaolinite
6	2.5 - 4.0	1.66	Inactif	Kaolinite
	5.0 - 10	4.00	Peu actif	Illite
7	2.0- 3.0	2.33	Inactif	Kaolinite
	3.0 - 4.5	5.50	Peu actif	Illite
	5.0 - 8.0	4.33	Peu actif	Illite
	9.5 - 11	4.33	Peu actif	Illite
	14 - 18.5	5.66	Peu actif	Illite
8	2.0 -3.5	2.33	Inactif	Kaolinite
	4.0 - 5.0	4.66	Peu actif	Illite
	5.5 - 6.0	6.0 - 8.0	Peu actif	Illite
	6.0 - 7.0	2.5 - 6.0	Peu actif	Illite
	7.5- 9.0	> 8	Normal	Illite
	10 - 12	>8	Normal	Illite
9	2.0 - 3.0	> 8	Normal	Illite
	4.0 - 6.0	6.0 - 8.0	Peu actif	Illite
	6.0 - 10	> 8	Normal	Illite
	10 - 20	2.5 - 6.0	Peu actif	Illite
10	2.0 - 7.0	6.0 - 8.0	Peu actif	Illite
	7.0 - 9.0	2.5 - 6.0	Peu actif	Illite
	10 - 13	> 8	Normal	Illite
11	3.0 - 4.0	3.33	Inactif	Kaolinite
	7.0 - 10	5.16	Peu actif	Illite
	12 - 15	5.50	Peu actif	Illite

**Tableau 3.** Valeurs au bleu de Méthylène et nature minéralogique des sols.

Légende : VB en g ramenée à la fraction fine du sol.

### 3.3 Classification suivant les limites d'Atterberg

Casagrande a suggéré une démarche simplifiée, basé sur les limites d'Atterberg.



**Figure 2.** Position des minéraux argileux les plus communs sur l'abaque de plasticité de Casagrande. (Inspiré de Casagrande, 1948, et de Mitchell, 1976)

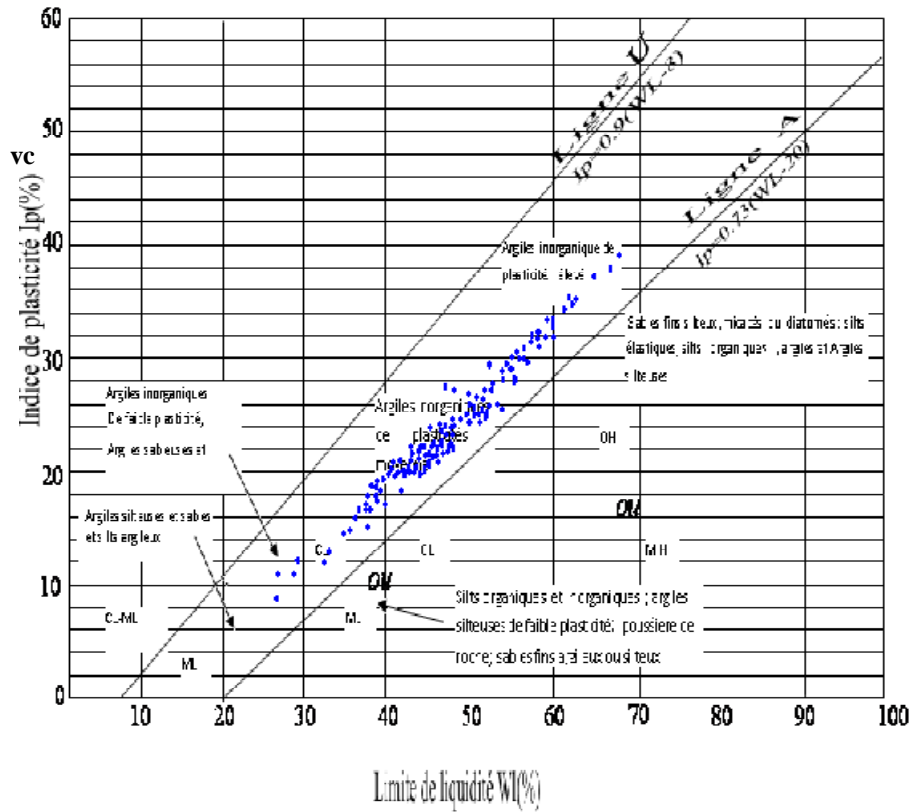
Il s'agit de placer sur le graphique (WL – Ip) les points correspondant à l'échantillon (voir tableau 4) et de comparer sa position avec celles des minéraux connus. Si les points de l'échantillon sont situés bien au-dessus de la ligne A et près de la ligne U, il est très probable que cet échantillon contienne une grande quantité de minéraux argileux actifs, comme la montmorillonite. En effet, même si le sol est classé CL (Argile inorganique de plasticité faible à moyenne ; argiles graveleuses ; argiles sableuses ; argiles silteuses), si le point représentatif sur l'abaque de Casagrande se situe près de la ligne U, la portion argileuse qui rentre dans la constitution de ce sol est composée principalement de la montmorillonite. Les Kaolinites qui sont des minéraux relativement inactifs, se trouvent juste sous la ligne A.

Sondage	Prof(m)	Limites d'Atterberg	
		Wl	Ip
1	0.4 – 1.9	45	23
	4.5 – 5.0	44	22
	5.0 – 6.0	44	22
	6.0 – 10	41	19
2	0.4 – 1.0	42	20
	1.0 – 2.0	44	22
	4.2 – 5.0	45	22
	7.4 – 8.0	45	22
3	0.4 – 1.0	60	33
	1.2 – 2.0	58	32
	2.2 – 2.7	41	20
	4.0 – 5.0	45	22
	5.1 – 7.0	42	20
	7.0 – 8.0	43	21
	10.8-11.5	41	20
4	1.0 – 2.0	26	9
	2.1 – 3.2	68	39
	3.6 – 4.3	51	26
	5.0 – 6.0	48	24
	6.0 – 6.7	44	23
	8.5 – 9.0	43	21

**Tableau 4.** Valeurs de limites d'Atterberg (Exemple des sols de la route nationale N°81 entre Souk-Ahras et Ain Soltane)

Ainsi, pour différencier les types de sols, Casagrande considère que la ligne A [droite d'équation  $Ip = 0.73 (Wl - 20)$ ] (Figure 3) sépare les particules fines en deux classes : les silts et les argiles. Les sols à grains fins sont classés parmi les silts si leur limite de liquidité et leur indice de plasticité les placent au-dessous de la ligne A ; elles sont classés parmi les argiles si les valeurs de Wl et Ip les placent au-dessus de la ligne A. En règle générale, on peut dire que la ligne A sépare, d'une part, les matériaux dont le comportement se rapproche de celui des argiles des autres matériaux dont le comportement se rapproche de celui des silts et, d'autre part, les matériaux organiques des matériaux inorganiques.





**Figure 3.** Abaque de Casagrande avec représentation du nuage de points des limites d'Atterberg des sols objet de l'étude.

Le nuage de point représentant les limites de liquidité et de l'indice de plasticité du sol objet de l'étude permet d'affirmer que les grains fins des terrains instables caractérisent les argiles inorganiques plutôt que les silts. Ces argiles sont composées de l'Illite du fait que les points représentatifs des échantillons de différentes profondeurs sont disposés en nuage juste au-dessus de la ligne A. La plasticité de ces argiles est généralement moyenne à élevée pour certains sols ; WL varie entre 20 et 68 %, alors que Ip varie entre 09 et 39% ; La plasticité est plus importante lorsqu'on est en présence des argiles plus pures. Plus ces dernières embrassent des limons, sables et silts, plus la plasticité diminue.

## 6. Conclusion

La géologie de la ville de Souk-Ahras est caractérisée par la dominance des formations marneuses qui sont des formations très plastiques et des calcaires fissurés qui peuvent emmagasiner l'eau et faciliter sa circulation. La présence des formations plastiques et aussi la circulation des eaux souterraines favorisent le phénomène de gonflement.

L'analyse chimique et les limites d'Atterberg ont permis de nommer ces sols fins comme des argiles inorganiques plastiques composées essentiellement de l'illite. Il ressort de cette analyse que l'abondance dominante d'un type de sol (argile) permet de considérer le terrain en étude comme homogène à l'échelle métrique.

Pour la caractérisation mécanique des sols gonflants, des essais de gonflement libres et des essais de compressibilité à l'oedomètre seront effectués au niveau de laboratoire des travaux publics de l'EST pour la détermination de la pression et l'amplitude de gonflement et aussi des analyses chimiques au rayon « X » de l'argile de la zone d'étude pour une meilleure estimation du potentiel de gonflement de ces sols.

En fin, les descriptions quantitatives ainsi que qualitatives des caractéristiques de gonflement des argiles des sols étudiés ont servi de base de diagnostiquer le phénomène de déformation de ces sols qui a sinistré quelques constructions. La meilleure façon pour situer une zone à risque de gonflement est la cartographie de cet aléa, les cartes qui délimitent les zones expansives selon leur degré d'aléa seront réalisées ultérieurement en se basant sur les paramètres calculés ou mesurés (la limite de liquidité  $W_l$ , l'indice de plasticité  $I_p$ , l'indice de gonflement  $C_g$  et la pression de gonflement  $\sigma_g$ ).

## 7. Bibliographie

Article n°233, 2001, Bulletin LCPC.

Costet j, Sanglerat G, *Cours pratique de mécanique des sols*, Dunod, p.265-269, 1975.

David L., Etude géologique des monts de la haute Medjerda, Thèse de doctorat, Université de Paris, 1956.

Robert W.Day, « Soil mechanics and foundations», Chief Engineer, *American geotechnical*, p.25.

Robert D.H., William D.K., *Introduction à la géotechnique*, Editions de l'école, 1991.

Rapports d'essais, mars 2009, LTP EST.

Vila J.M, La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéo-tunisiens, Thèse de doctorat, Université Paris, 663p, 1980.