

---

## **Paramètres d'état et gonflement des sols argileux, exemple de la teneur en eau et de la densité sèche initiale.**

**Abdelkader Djedid\* — Naoual Ouadah\***

*Faculté des Sciences de l'Ingénieur, Université Aboubakr Belkaid, B.P. 230, Tlemcen, 13000 Algérie, a\_djedid@yahoo.fr, mn\_27\_3@yahoo.fr*

---

*RÉSUMÉ. En vue d'explorer les relations qui peuvent exister entre les paramètres de gonflement des sols argileux d'une part et la teneur en eau et la densité sèche initiale d'autre part, nous avons mené une étude expérimentale sur des échantillons de sols reconstitués au laboratoire et consolidés sous différentes charges. Les résultats obtenus montrent qu'il n'y a pas de relation nette entre la teneur en eau initiale et les paramètres de gonflement. Par contre, ces derniers sont nettement liés à la teneur en eau finale et l'amplitude de variation de celle-ci durant les essais, cette dépendance est linéaire pour l'amplitude et exponentielle pour la pression de gonflement. Pour le poids volumique sec initial, les résultats obtenus mettent en évidence une dépendance linéaire pour l'amplitude et exponentielle pour la pression de gonflement.*

*ABSTRACT. In order to explore the relations which can exist between the swelling parameters of clays soils heaving on the one hand and the water content and the initial dry density on the other hand, we led an experimental study on samples of soils reconstituted to the laboratory and consolidated under various loads. The results obtained show that it not have a clear relation between the initial water content and the swelling's parameters. On the other hand, the latter are definitely related to the final water content and the amplitude of variation of this during the tests, this dependence is linear for the amplitude and exponential for the pressure of swelling. For the initial dry voluminal weight, the results obtained highlight a dependence linear for the amplitude and exponential for the pressure of swelling.*

*MOTS-CLÉS: Sols argileux, gonflement libre, paramètres d'état, teneur en eau, densité sèche.*

*KEYWORDS: Clays soils, free swelling, state's parameters, water content, dru density.*

---

## 1. Introduction

Le gonflement des sols argileux est un phénomène naturel lié aux propriétés intrinsèques du matériau et à la variation de la teneur en eau. Son ampleur dépend de nombreux facteurs comme les conditions d'états initiaux, l'état de chargement ou l'amplitude de variation de la teneur en eau.

Nous présentons dans cet article les résultats d'une étude expérimentale menée sur des échantillons de sols argileux reconstitués. Cette reconstitution a consisté en la confection d'échantillons à partir d'un sol naturel mélangé à de la bentonite pour obtenir des matériaux dont le potentiel de gonflement serait différent. Les résultats qui seront discutés concerneront les relations qui peuvent exister entre les paramètres de gonflement et la teneur en eau initiale, la teneur en eau finale et la densité sèche initiale.

## 2. Reconstitution des sols et mode opératoire

### 2.1. Reconstitution des sols

L'obtention d'échantillons de sols naturels ayant des propriétés conformes aux objectifs de l'étude étant très difficile, l'option de la reconstitution a été adoptée. Celle-ci a suivi les étapes suivantes : Après la sélection d'un sol naturel dont la classification LCPC le nomme comme étant un sable argileux, celui-ci a été tamisé sous l'eau au tamis 0,08 mm. Seule la partie passante à travers ce tamis a été utilisée. La quantité obtenue du sol a été ensuite séchée à l'étuve à 105°C pendant plusieurs jours. Des contrôles de la teneur en eau ont permis de s'assurer de l'évaporation l'eau gravitaire. Une fois le matériau séché, il a été broyé au pilon pour obtenir une poudre. Le matériau fut ensuite divisé en sept quantités plus ou moins égales en poids. Chaque quantité fut dosée à sec en bentonite, mélangée à une certaine quantité d'eau puis enfermée dans des sacs en plastiques étanches. Le dosage a été effectué par étape, c'est-à-dire que le dosage et les essais pour un sol donné n'ont été entamés qu'une fois les essais concernant le sol précédent furent terminés. Le taux de dosage en bentonite (en poids) est donné sur le tableau suivant :

Sol	1	2	3	4	5	6	7
Taux de dosage en bentonite (%)	0,0	12,37	17,43	24,0	32,5	37,0	42,5

**Tableau 1.** Taux de dosage en bentonite.

## **2.2. Les essais de gonflement**

La procédure retenue pour les essais de gonflement est celle du gonflement libre. Elle est, parmi la panoplie de procédures disponibles, celle qui permet de limiter les paramètres de l'étude à la teneur en eau et à la densité sèche initiale de l'échantillon. Ainsi, les échantillons de sols étaient placés dans le moule œdométrique puis soumis à des charges de consolidation pour les amener à des densités sèches initiales différentes. L'essai de gonflement sera entamé quand l'échantillon ne tasse plus. Pour chaque sol, cinq essais à différentes densités initiales ont été réalisés.

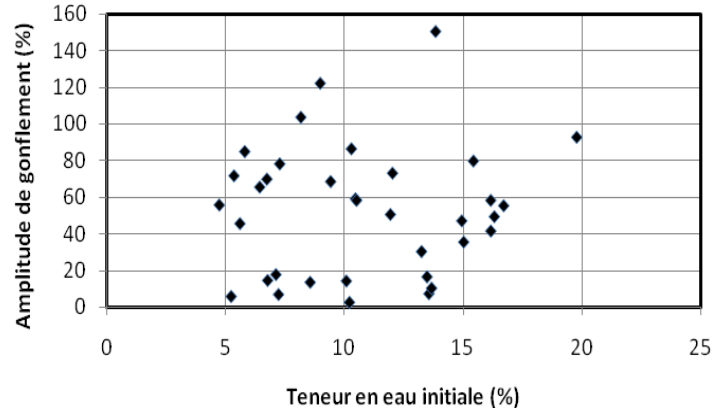
## **3. Relations entre les paramètres d'état et les paramètres de gonflement**

### **3.1. Introduction**

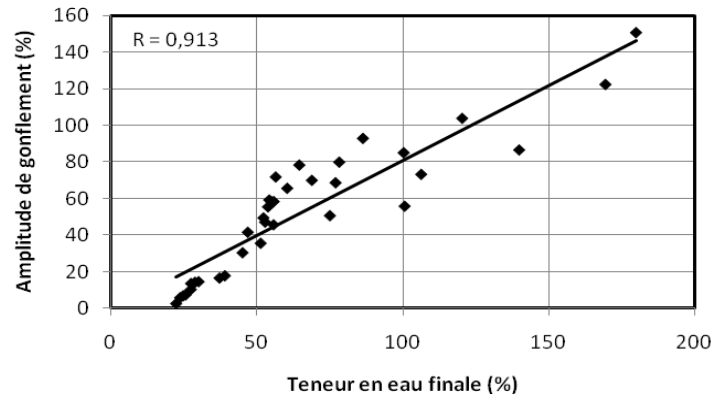
Des commentaires quelques fois contradictoires peuvent être rencontrés dans la bibliographie concernant les relations qui peuvent exister entre la teneur en eau initiale, la densité sèche initiale et les paramètres de gonflement. Ainsi, Al-Mukhtar et al. (Al Mukhtar, Qi, Alcover. et Bergaya, 1999) concluent à l'indépendance de la pression de gonflement vis-à-vis de la teneur en eau initiale, par contre ils jugent que l'amplitude de gonflement  $y$  est liée. Guiras-Skandaji (Guiras-Skandaji, 1996) conclue à l'augmentation de la pression de gonflement quand la teneur en eau initiale diminue.

### **3.2. Teneur en eau et les paramètres de gonflement**

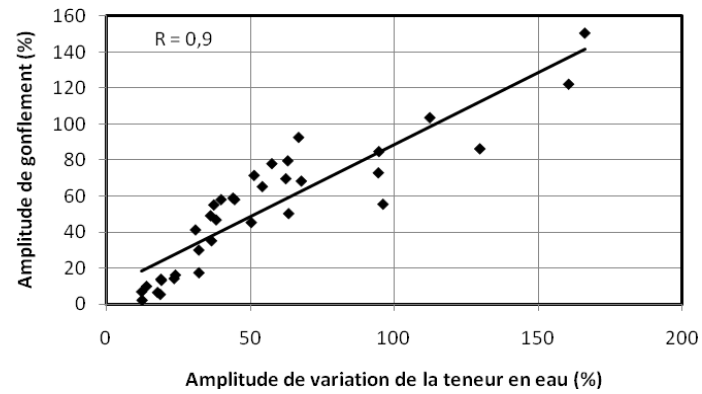
Nous représentons sur les figures 1, 2 et 3 suivantes les résultats que nous avons obtenus concernant la dépendance des paramètres de gonflement en fonction de la teneur en eau. Il en ressort de ces figures qu'il n'y a pas de tendance claire dans l'évolution de l'amplitude de gonflement en fonction de la teneur en eau initiale (Voir figure 1). Par contre, cette tendance est de type linéaire quand il s'agit de l'amplitude de gonflement en fonction la teneur en eau finale ou de l'amplitude de variation de celle-ci durant l'essai (Voir les figures 2 et 3).



**Figure 1.** Amplitude de gonflement en fonction de la teneur en eau initiale.

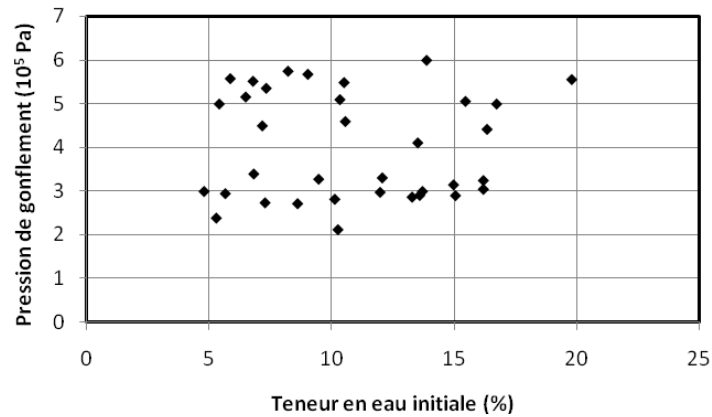


**Figure 2.** Amplitude de gonflement en fonction de la teneur en eau finale.



**Figure 3.** Amplitude de gonflement en fonction de l'amplitude de variation de la teneur en eau.

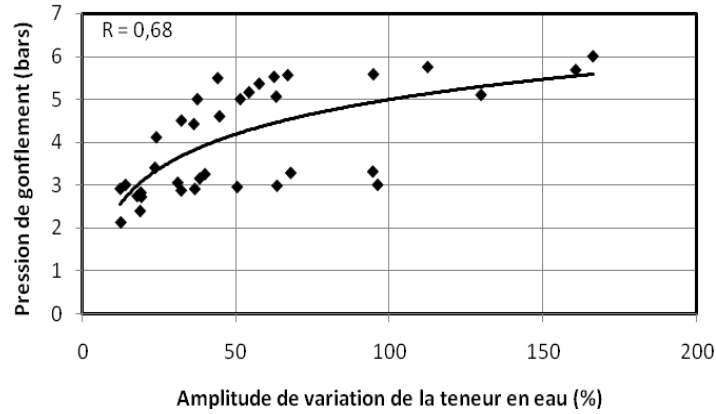
Concernant la dépendance de la pression de gonflement en fonction de la teneur en eau, les résultats obtenus sont représentés sur les figures 4, 5 et 6 suivantes. Il en ressort que la pression de gonflement n'est pas significativement liée à la teneur en eau initiale (Voir figure 4).



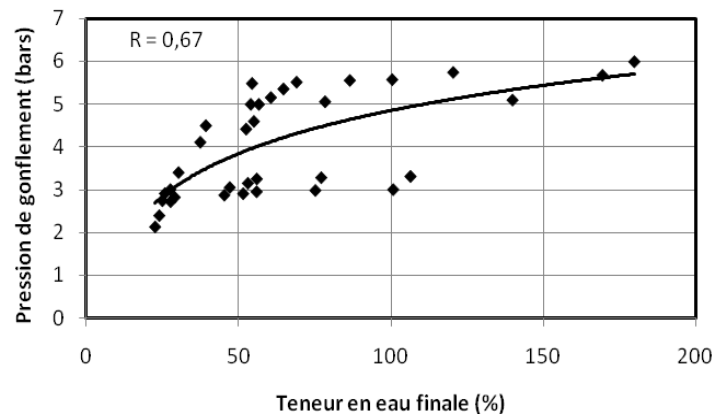
**Figure 4.** Pression de gonflement en fonction de la teneur en eau initiale.

Par contre, cette relation devient marquée et de type logarithmique quand il s'agit de l'évolution de cette pression en fonction de la teneur en eau finale ou en fonction de l'amplitude variation de la teneur en eau durant l'essai (Voir les figures 5 et 6).

Il en ressort aussi de nos résultats que l'amplitude de gonflement se corrèle mieux que la pression de gonflement avec les paramètres d'état utilisés dans cette étude. Les coefficients de corrélation donnés sur les figures 2, 3, 5 et 6 confirment nos propos.



**Figure 5.** Pression de gonflement en fonction de la teneur en eau finale.



**Figure 6.** Pression de gonflement en fonction de l'amplitude de variation de la teneur en eau.

### 3.3. Gonflement libre et densité sèche initiale

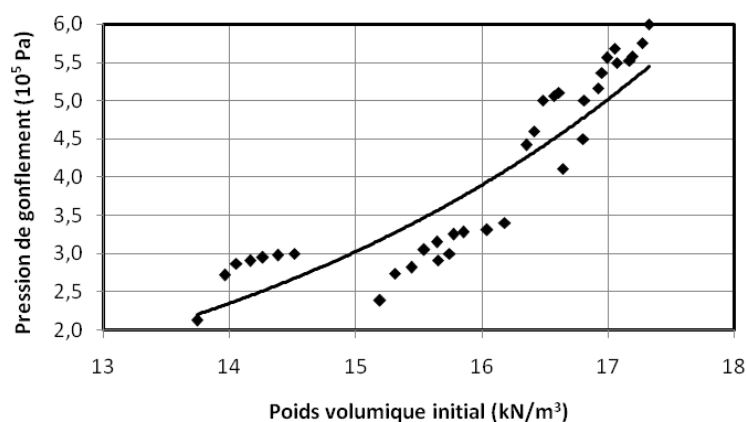
Concernant la densité sèche initiale, de nombreux résultats confirment son influence sur les paramètres de gonflement d'un sol. En effet, toutes choses égales par ailleurs, un sol sera d'autant plus gonflant si sa densité sèche initiale est élevée.

La synthèse élaborée par Mrad (Mrad, 2005) note en citant les travaux de Komine et Ogata (Komine et Ogata, 1994) que la pression de gonflement croît d'une

manière exponentielle alors que le taux de gonflement croît d'une manière linéaire en fonction de la densité sèche initiale.

Cette croissance linéaire entre l'amplitude de gonflement et le poids volumique sec initial est aussi confirmée Rao, Phanikumar et Sharma (Rao, Phanikumar et Sharma, 2004).

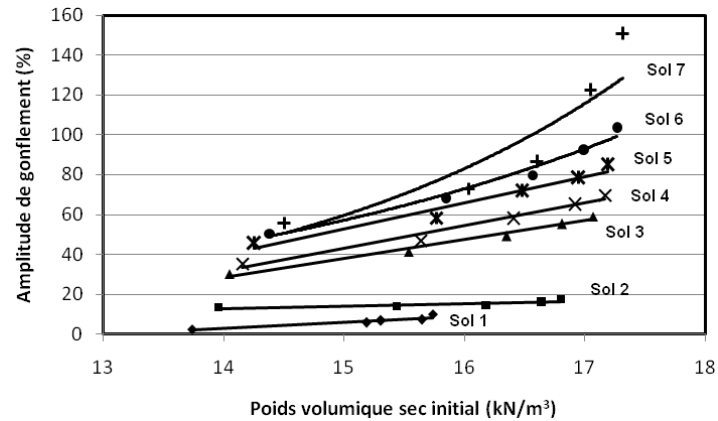
Nos résultats confirment cette dépendance exponentielle entre la pression de gonflement et le poids volumique sec initial. La courbe donnée sur la figure 7 suivante où sont représentés l'ensemble des points représentatifs de nos 35 essais illustre cette remarque.



**Figure 7.** Pression de gonflement en fonction du poids volumique sec initial.

Concernant l'amplitude de gonflement, le nuage de points indicé en type de sol (de 1 à 7 conformément au tableau 1 de la page 2) permet de retrouver la dépendance linéaire entre l'amplitude de gonflement et le poids volumique sec initial, mais nous notons une tendance vers une dépendance de type exponentielle pour les sols 6 et 7.

Cette différence pour ces sols peut être due au mode opératoire utilisé. En effet, pour mesurer les paramètres de gonflement nous avons utilisé l'essai de gonflement libre (pas de charge sur l'échantillon en dehors du piston) alors que les auteurs cités ci-dessus ont tous utilisé des essais de gonflement avec surcharge.



**Figure 8.** Amplitude de gonflement en fonction du poids volumique sec initial.

#### 4. Conclusion

En dehors des propriétés intrinsèques aux matériaux argileux, deux paramètres d'état semblent gouverner le phénomène de gonflement des sols argileux, la variation de la teneur en eau et la densité sèche initiale. C'est ce que nous avons tenté d'examiner dans cet article en recherchant les relations qui peuvent exister entre ces paramètres et les paramètres de gonflement.

Concernant la teneur en eau, il semble qu'il n'y a pas de corrélation nette entre la teneur en eau initiale et les paramètres de gonflement. Par contre, une dépendance linéaire a été établie entre la teneur en eau finale ou l'amplitude de variation de la teneur en eau et l'amplitude de gonflement. Pour la pression de gonflement, la dépendance serait plutôt logarithmique.

Pour le poids volumique sec initial et à l'instar de ce qui est déjà publié dans la littérature scientifique, nous avons confirmé la dépendance exponentielle liant ce paramètre à la pression de gonflement. Pour l'amplitude de gonflement, nous avons aussi retrouvé la relation linéaire proposée par Komine et Ogata (Komine et Ogata, 1994) d'une part et par Rao, Phanikumar et Sharma (Rao, Phanikumar et Sharma, 2004) d'autre part à une exception près. Cette dépendance linéaire entre ces deux paramètres tendrait vers une dépendance plutôt exponentielle pour les sols fortement gonflant. Ce changement dans le mode de dépendance doit être confirmé, il peut être dû au mode opératoire qui est différent entre les études citées ci-dessus et la notre.



## 5. Bibliographie

- AL MUKHTAR M., QI Y., BERGAYA F., « Oedometric and Water Retention Behavior of highly compacted and unsaturated smectites », *Canadian Geotechnical Journal* N°36, 1999, p. 675-685.
- GUIRAS-SKANDAJI H., « Déformabilité des sols argileux non saturés : Etude expérimentale et application à la modélisation », Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy, 1996, 315p.
- KOMINE H., OGATA N., « Experimental study on swelling characteristics of compacted bentonite », *Canadian Geotechnical Journal* N° 31, 1994, p.478-490.
- MRAD M., « Modélisation du comportement hydromécanique des sols gonflants non saturés », Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy, 2005, 315p.
- RAO A.S., PHANIKUMAR B.R., SHARMA R.S., « Prediction of swelling characteristics of remoulded and compacted expansive soils using free swell index », *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology* N° 37, 2004, p.217–226.