

# Prévision du gonflement des argiles d'In-Aménas

**Zohra DERRICHE**  
Ph.D. Maître de conférences  
Institut de Génie civil  
Université des Sciences et de la Technologie  
Houari Boumediène (USTHB), Alger

**Mustapha KEBAILI**  
Maître assistant  
Département d'Hydraulique  
Centre universitaire d'Ouargla, Algérie

## RÉSUMÉ

Le gonflement d'éprouvettes d'argile d'In-Aménas sous des charges supérieures à la pression verticale naturelle a été comparé aux prévisions de neuf modèles donnant les amplitudes de gonflement en fonction de paramètres géotechniques élémentaires (indice de plasticité, teneur en eau naturelle, limite de liquidité, poids volumique, activité, indice de retrait, profondeur de prélèvement). L'étude montre que les prévisions doivent être effectuées de préférence avec des relations calées sur le comportement des argiles du site, plutôt que d'utiliser des relations provenant d'autres régions et d'autres argiles.

**MOTS CLÉS :** 42 - Argile - Gonflement (sol) - Prévision - Éprouvette - Modèle mathématique - Charge - Caractéristiques - Algérie.

## Introduction

La prévision du gonflement des sols est un élément important des études géotechniques dans les régions où l'on trouve des horizons d'argiles gonflantes et surconsolidées. De nombreux modèles ont été proposés pour la prévision des amplitudes du gonflement à partir de paramètres géotechniques élémentaires, tels que l'indice de plasticité, la teneur en eau initiale, la limite de liquidité, le poids volumique, l'activité, l'indice de retrait, la profondeur d'échantillonnage. Cet article rapporte les résultats d'une étude de l'applicabilité de ces méthodes aux argiles d'In-Aménas (sud-est de l'Algérie). Il compare les gonflements observés en laboratoire aux prévisions de neuf modèles.

## Description et gonflement des argiles d'In-Aménas

La région d'In-Aménas, où ont été prélevées les argiles gonflantes utilisées pour cette étude, est une région aride située à 1600 km au sud-est d'Alger. La formation géologique principale dans cette région appartient à la série des argiles triasiques du Zarzataine, dont l'épaisseur dépasse 180 m. Les caractéristiques physiques des éprouvettes testées et les gonflements observés dans les essais sont rassemblés dans le tableau I.

**TABLEAU I**  
**Caractéristiques des argiles d'In-Aménas et gonflements observés en laboratoire**

	<b>z</b> (m)	<b>w<sub>o</sub></b> (%)	<b>w<sub>R</sub></b>	<b>w<sub>P</sub></b>	<b>w<sub>L</sub></b>	<b>I<sub>P</sub></b>	<b>I<sub>R</sub></b>	<b>C<sub>2</sub></b> (%)	<b>ρ<sub>d</sub></b> (t/m <sup>3</sup> )	<b>A<sub>c</sub></b>	<b>Z<sub>equ</sub></b> (m)	<b>ε<sub>gonf</sub></b> (%)
Ech-1	3,22	14	12	21	57	36	45	46,5	1,764	0,77	7,45	1,75
Ech-2	1,25	11	12	27	84	57	72	29,9	1,726	1,9	7,81	3,92
Ech-3	3,13	8,9	7	16	74	58	62	64,4	1,6	0,9	8,61	7,32
Ech-4	3,87	8	7	17	69	52	62	65	2,014	0,8	6,9	10,67
Ech-5	8,18	15	12	22	70	48	58	65,4	2,601	0,73	8,17	12,04
Ech-6		2,6	13	20	43	23	30	52	2,090	0,44	6,98	13,43
Ech-7	1,72	10	12	23	58	35	42	46,3	1,8	0,76	7,61	14
Ech-8	2,3	7,3	11	22	74	52	63	65,1	1,706	0,8	8,2	18,42
Ech-9	2	4,2	11	26	64	40	53	37,7	2	1,06	7,2	18,9
Ech-10		3,2	14	22	61	39	47	68	2,04	0,57	6,94	29
Ech-11		3,1	10	25	75	50	65	74	2,08	0,68	7,14	33,2
Ech-12		3,9	13	26	71	46	58	70	2,08	0,68	7,01	33,85

<p><i>Liste des symboles</i></p> <p><i>z</i> : profondeur de prélèvement des éprouvettes,  <i>w<sub>o</sub></i> : teneur en eau naturelle,  <i>w<sub>R</sub></i> : limite de retrait,  <i>w<sub>P</sub></i> : limite de plasticité,  <i>w<sub>L</sub></i> : limite de liquidité,  <i>I<sub>P</sub></i> : indice de plasticité,  <i>I<sub>R</sub></i> : indice de retrait (<i>w<sub>L</sub> - w<sub>R</sub></i>),</p>	<p><i>C<sub>2</sub></i> : teneur en argile,  <i>ρ<sub>d</sub></i> : masse volumique du sol sec,  <i>A<sub>c</sub></i> : activité (<i>I<sub>P</sub> / C<sub>2</sub></i>),  <i>Z<sub>equ</sub></i> : profondeur équivalant au chargement appliqué à l'éprouvette pendant le gonflement,  <i>ε<sub>gonf</sub></i> : pourcentage de gonflement (norme ASTM D.4546-86, méthode A).</p>
--	---

La mesure du gonflement des argiles d'In-Aménas a été effectuée selon la procédure définie par l'ASTM (norme ASTM D.4546-90, méthode A), dont les principales étapes sont rappelées ci-après :

- l'éprouvette d'argile est placée à sec dans l'œdomètre sous la pression verticale de la pierre poreuse et du piston ;
- l'éprouvette est inondée et gonfle librement jusqu'à la fin du gonflement primaire (c'est-à-dire jusqu'à ce que l'augmentation du gonflement devienne proportionnelle au logarithme du temps). Le pourcentage de gonflement  $\epsilon_{\text{gonf}}$  est le rapport de l'augmentation de la hauteur de l'éprouvette à sa hauteur initiale ;
- l'éprouvette est ensuite chargée par étapes jusqu'à ce qu'elle retrouve son indice des vides initial.

Dans le tableau I, les charges appliquées aux éprouvettes lors du gonflement sont exprimées en termes de profondeurs relatives, c'est-à-dire que si la profondeur équivalente  $Z_{\text{equ}}$  est inférieure à  $z$ , la charge appliquée est supérieure à la contrainte verticale supportée par l'éprouvette en place et qu'elle est inférieure dans le cas contraire. Les profondeurs équivalentes ont été calculées en utilisant une masse volumique moyenne de l'argile de 2 tonnes par mètre cube.

On voit dans le tableau I que les douze éprouvettes testées, malgré leur provenance commune, ont des propriétés physiques et mécaniques relativement différentes. Elles ont en commun de fortes masses volumiques sèches  $\rho_d$  et des teneurs en argile importantes. Les teneurs en eau naturelles sont très faibles et le plus souvent inférieures à la limite de retrait.

### **Relations entre caractéristiques physiques et gonflement des sols**

Les études expérimentales sur les sols gonflants (ou expansifs) montrent que le pourcentage de gonflement d'un sol devrait augmenter proportionnellement à son poids volumique, à sa limite de liquidité, à sa teneur en argile, à ses indices de plasticité et de retrait, ainsi qu'à sa pression de préconsolidation (Seed et al., 1962 ; Ranganatham et Satyanarayana, 1965 ; Nayak et Christensen, 1971 ; Vijayvergiya et Gazzhaly, 1973). Ces mêmes études rapportent que le gonflement d'un sol expansif devrait être inversement proportionnel à sa teneur en eau naturelle. Les pourcentages de gonflement les plus élevés observés et rapportés dans la littérature sont de l'ordre de 160 % (Komornik et David, 1969).

Nous nous sommes intéressés à neuf modèles de prévision du gonflement en fonction des propriétés géotechniques des argiles gonflantes. Leur formulation est donnée dans le tableau II. Les variations du pourcentage de gonflement en fonction des caractéristiques physiques intervenant dans les expressions de huit de ces modèles sont représentées sur la figure 1. Le second modèle de Seed *et al.* utilise un seul paramètre, l'indice de plasticité, et ne nécessite pas d'étude paramétrique.

Ces figures montrent la grande sensibilité des modèles étudiés aux valeurs des paramètres utilisés. On peut en déduire tout d'abord qu'il faut chercher à déterminer les valeurs des paramètres physiques du sol avec le plus grand soin, en privilégiant les paramètres dont la détermination met en œuvre des modes opératoires simples, limitant le risque d'erreurs expérimentales. Par exemple, les prévisions des modèles utilisant la teneur en argile risquent d'être plus imprécises, car la détermination de la teneur en argile est particulièrement délicate dans les sols gonflants (Didier *et al.*, 1973).

L'examen détaillé des modèles montre par ailleurs que :

- certains modèles n'ont pas comme paramètre la teneur en eau naturelle du sol : modèles de Seed *et al.*, modèle de Ranganathan et Satyanarayana, premier modèle de Vijayvergiya et Ghazzaly ;
- les pourcentages de gonflement prédits par le modèle de Ranganathan et Satyanarayana et par

les deux modèles de Johnson restent globalement dans les limites des gonflements couramment observés en pratique ;

- le premier modèle de Seed *et al.*, le modèle de Nayak et Christensen, les deux modèles de Vijayvergiya et Ghazzaly et le modèle de Schneider et Poor prédisent des résultats démesurément élevés pour les valeurs extrêmes de la teneur en argile, de la teneur en eau naturelle et de la limite de liquidité ;

➤ dans le modèle de Schneider et Poor, le potentiel de gonflement croît d'autant plus lentement que l'indice de plasticité est faible (fig. 1f). Cette évolution va dans le sens de l'observation courante que les sols potentiellement gonflants ont de forts indices de plasticité. En particulier, lorsque l'indice de plasticité est faible, le potentiel de gonflement donné par ce modèle est pratiquement nul et, de plus, ne dépend pas de la teneur en eau naturelle. Ceci traduit l'insensibilité des sols à faible indice de plasticité aux variations de teneur en eau, comme c'est le cas pour les sols grenus.

Physiquement, un échantillon de sol gonflant, même très sec, ne gonfle pas indéfiniment lorsqu'il est mis au contact de l'eau. Les modèles basés sur la teneur en eau naturelle, et en particulier ceux qui la font apparaître au dénominateur, prédisent des pourcentages de gonflement infinis, lorsque la teneur en eau naturelle est très faible. La limitation du domaine d'application de ces formules entre une borne inférieure de l'amplitude de gonflement à partir de laquelle le sol

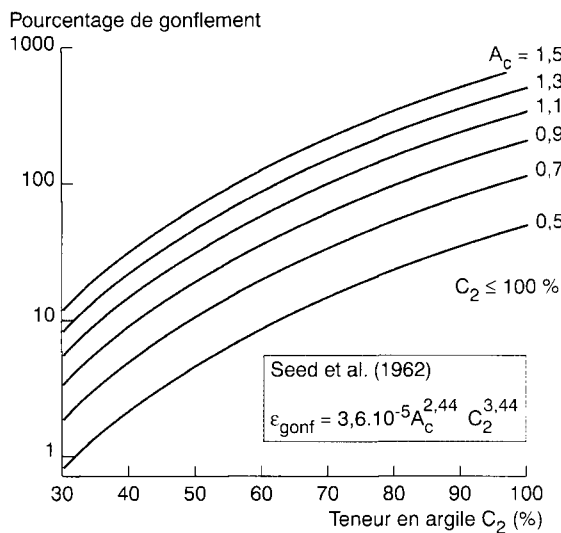
TABLEAU II  
Modèles de prévision testés pour le gonflement des argiles

Modèle	Référence	Expression mathématique
Seed <i>et al.</i> -1	Seed <i>et al.</i> (1962)	$\epsilon_{\text{gont}} = 3,6 \cdot 10^{-5} A_c^{2,44} C_2^{3,44}$
Seed <i>et al.</i> -2	Seed <i>et al.</i> (1962)	$\epsilon_{\text{gont}} = 2,16 \cdot 10^{-5} I_p^{2,44}$
Ranganathan et Satyanarayana	Ranganathan et Satyanarayana (1965)	$\epsilon_{\text{gont}} = 4,57 \cdot 10^{-5} \left( \frac{I_R}{C_2 - C_2^*} \right)^{2,67} C_2^{3,44}$ $C_2^*$ est la teneur en argile correspondant à un indice de retrait nul [abscisse à l'origine de la relation $I_R = f(C_2)$ ]
Nayak et Christensen	Nayak et Christensen (1971)	$\epsilon_{\text{gont}} = 2,29 \cdot 10^{-2} I_p^{1,45} \frac{C_2}{w_0} + 6,38$
Vijayvergiya et Ghazzaly-1	Vijayvergiya et Ghazzaly (1973)	$\lg(\epsilon_{\text{gont}}) = \frac{62,42 \rho_d + 0,65 w_L - 130,5}{19,5}$
Vijayvergiya et Ghazzaly-2	Vijayvergiya et Ghazzaly (1973)	$\lg(\epsilon_{\text{gont}}) = \frac{0,4 w_L - w_0 + 5,5}{12}$
Schneider et Poor	Schneider et Poor (1974)	$\lg(\epsilon_{\text{gont}}) = \frac{0,9 I_p}{w_0} - 1,19$
Johnson-1	Johnson (1978)	Pour $I_p < 40$ $\epsilon_{\text{gont}} = -9,18 + 1,5546 I_p + 0,08424 z + 0,1 w_0 - 0,0432 w_0 I_p - 0,01215 z I_p$
Johnson-2	Johnson (1978)	Pour $I_p > 40$ $\epsilon_{\text{gont}} = 23,82 + 0,7346 I_p - 0,1458 z - 1,7 w_0 + 0,0025 w_0 I_p - 0,00884 z I_p$

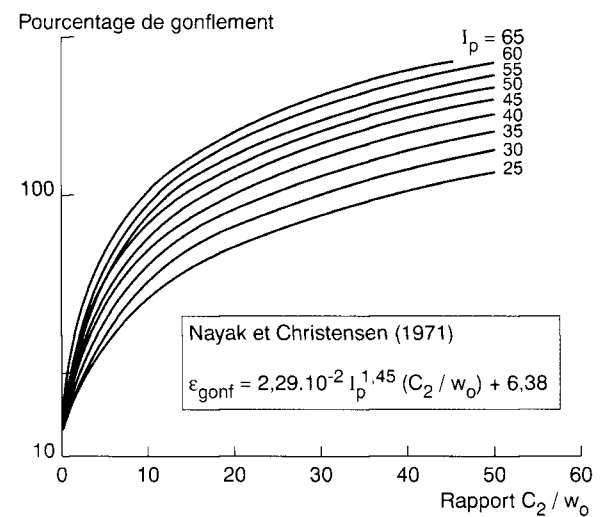
est qualifié de gonflant (5 %) et une borne supérieure égale au plus grande pourcentage de gonflement ayant été observé (160 %) permet de déterminer, à partir de ces modèles, une teneur en eau minimale comparable à la limite de retrait et une teneur en eau maximale comparable à la limite de liquidité.

Mathématiquement, les modèles de prévision devraient constituer des liaisons fonctionnelles entre une variable dépendante, le pourcentage de gonflement, et quelques variables explica-

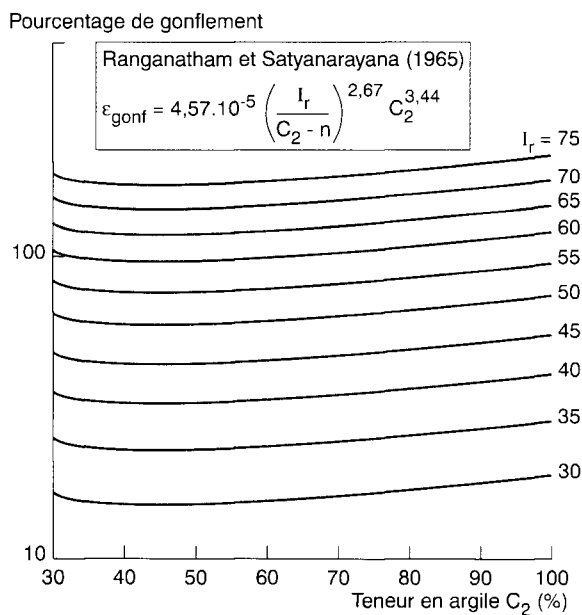
tives indépendantes, les paramètres du modèle. De ce point de vue, la validité de plusieurs des modèles étudiés pose des questions. Le premier modèle de Seed *et al.*, le modèle de Ranganathan et Satyanarayana et celui de Nayak et Christensen sont basés sur des paramètres interdépendants (les limites de liquidité, de retrait et de plasticité, ainsi que les indices de plasticité et de retrait dépendent, en effet, étroitement de la teneur en argile, Derriche, 1994).



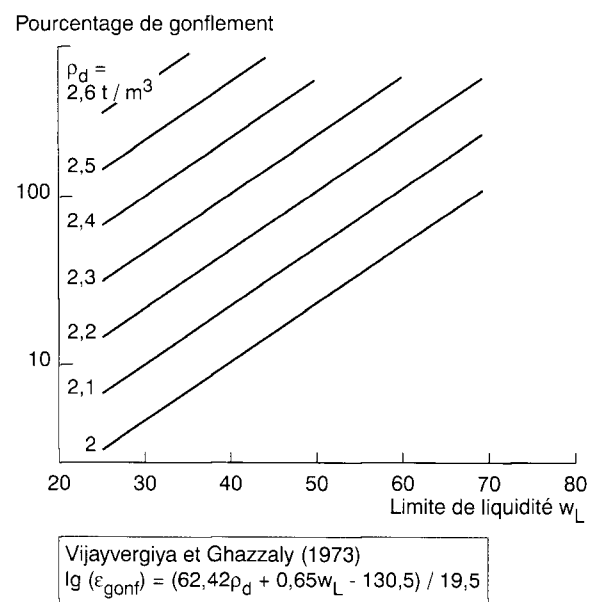
a. Premier modèle de Seed *et al.* (1962).



c. Modèle de Nayak et Christensen (1971).

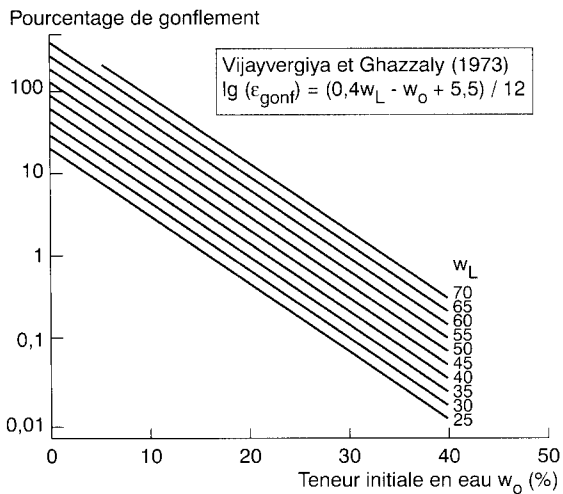


b. Modèle de Ranganathan et Satyanarayana (1965).

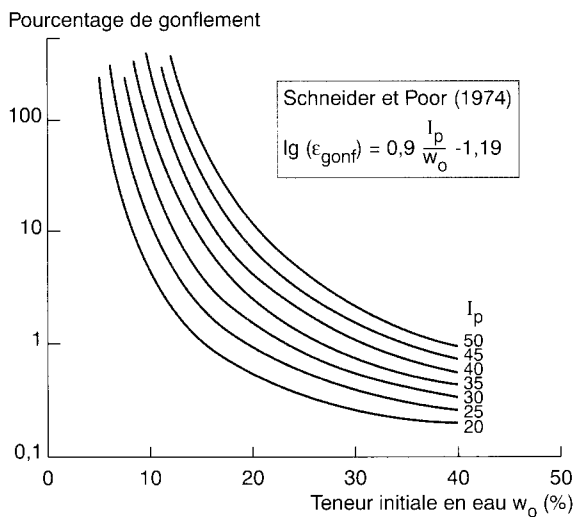


d. Premier modèle de Vijayvergiya et Ghazzaly (1973).

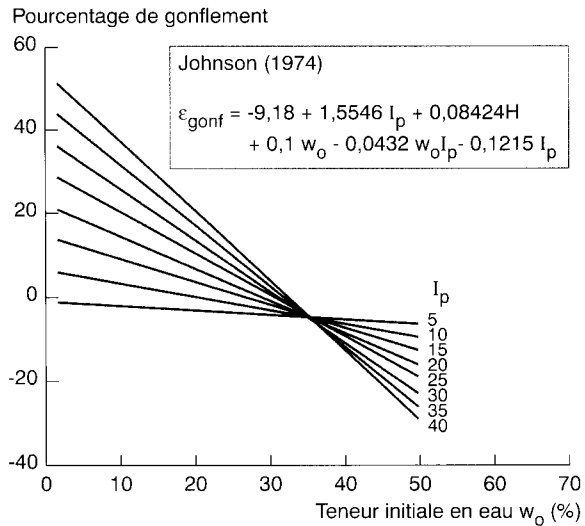
Fig. 1 - Modèles de prévision du gonflement des sols (début)



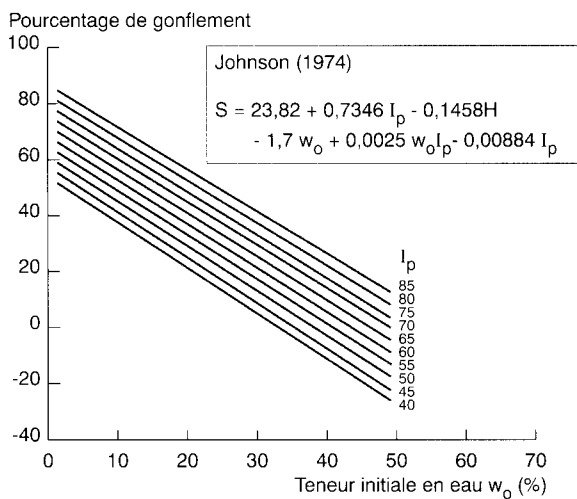
e. Second modèle de Vijayvergiya et Ghazzaly (1973).



f. Modèle de Schneider et Poor (1974).



g. Modèle de Johnson (1974) pour  $I_p < 40$ .



h. Modèle de Johnson (1974) pour  $I_p < 40$ .

Fig. 1 - Modèles de prévision du gonflement des sols (suite)

## Application des modèles aux argiles d'In-Aménas

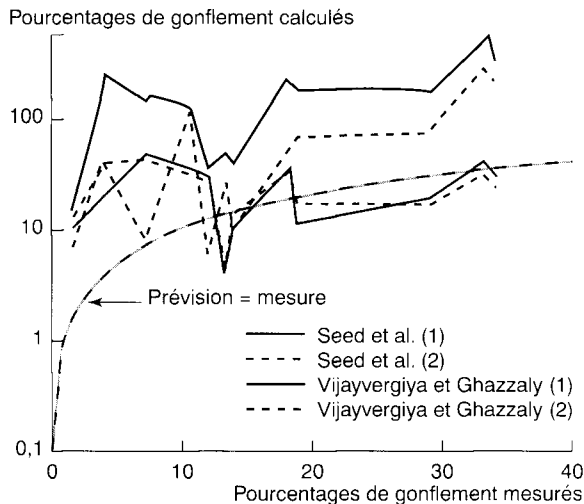
La figure 2 compare les gonflements observés des douze éprouvettes testées et les prévisions des neuf méthodes décrites dans le tableau II. Chaque point de ces figures a pour ordonnée le logarithme du gonflement calculé à partir des valeurs du tableau I et pour abscisse la valeur observée du gonflement de l'éprouvette correspondante. La courbe en tireté représente les points pour lesquels le pourcentage de gonflement calculé est égal au pourcentage de gonflement mesuré.

Ces figures montrent que les résultats prédits par les méthodes étudiées peuvent être quelquefois comparables aux mesures (modèles de Seed et

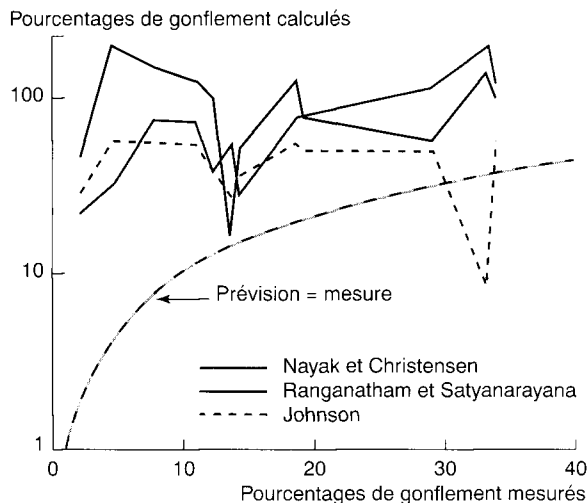
al.), mais peuvent être aussi différents (modèle de Vijayvergiya et Ghazzaly) ou en être très éloignés (modèles de Nayak et Christensen).

Les écarts importants constatés entre les mesures et les calculs montrent que, globalement, les modèles étudiés sont inadéquats pour prédire le gonflement des sols d'In-Aménas.

Tous les modèles surestiment le pourcentage de gonflement des éprouvettes testées. Cette surestimation systématique peut provenir du fait que les modèles de prévision sont souvent établis à partir d'échantillons artificiellement préparés alors que les sols de cette étude sont naturels. Le remaniement des sols provoque la rupture des liaisons existant entre les particules à l'état naturel, ce qui a pour effet d'augmenter le potentiel de gonflement.



a. Modèles de Seed et al. (1 et 2) et de Vijayvergiya et Ghazzaly (1 et 2).



b. Modèles de Nayak et Christensen, de Raganatham et Satyanarayana et de Johnson (1 et 2).

**Fig. 2 - Relation entre les pourcentages de gonflement mesurés et ceux calculés**

Le modèle de Nayak et Christensen, notamment, surestime de façon considérable le pourcentage de gonflement de tous les échantillons testés. Cette surestimation provient de la grande sensibilité du modèle au rapport  $C_2/w_0$ . Les sols d'In-Aménas étant secs (teneur en eau moyenne de 8 %) et à dominante argileuse (teneur moyenne en argile de 60 %), ils ont des valeurs très importantes du rapport  $C_2/w_0$ . Le modèle de Nayak et Christensen serait plus adapté à des sols plus humides et moins argileux que les sols étudiés. La comparaison des caractéristiques des sols ayant servi de base à l'établissement du

modèle de Nayak et Christensen et de ceux de la présente étude montre, en effet, que les intervalles de teneur en eau naturelle et de teneur en argile de ces deux ensembles de sols sont disjoints.

La même remarque s'applique aux résultats du modèle de Ranganatham et Satyanarayana : les intervalles d'indices de retrait et de teneur en argile des sols d'In-Aménas ne sont pas inclus dans ceux des sols qui ont servi à établir ce modèle.

Les modèles de Vijayvergiya et Ghazzaly ont été établis sur la base de sols de la Palestine présentant des intervalles de caractéristiques physiques et mécaniques très larges. Bien que les caractéristiques des sols d'In-Aménas soient comprises dans ces intervalles, les prévisions de gonflement de ces modèles, notamment le second, ne sont pas comparables aux mesures.

Les prévisions du modèle de Schneider et Poor ne sont pas représentées sur la figure 2 parce qu'elles sont trop grandes. La figure 1.f montre que ce modèle est très sensible à la teneur en eau naturelle.

Compte tenu de la nature du modèle de Johnson, ce dernier serait mieux adapté à la prévision de soulèvements sur le terrain.

Les deux modèles de Seed et al. donnent des prévisions très proches, ce qui est normal car leurs expressions sont très semblables.

Le gonflement des sols est un phénomène complexe, dans lequel intervient des paramètres variés. Les grands écarts constatés entre le gonflement mesuré et celui que prévoient les modèles indiquent que le gonflement des sols d'In-Aménas est probablement régi par des paramètres non représentés dans les modèles utilisés. Ces paramètres non pris en compte dans les modèles de prévision dérivent, d'après nous, de la nature minéralogique du sol et de sa structure interne.

Des paramètres tels que la granulométrie du sol (Didier et al., 1972), la nature des minéraux constituant la fraction non gonflante, la forme des particules et leur arrangement structural peuvent affecter considérablement le gonflement des sols. Ces paramètres n'apparaissent pas explicitement dans les expressions des modèles de prévision du gonflement, quoique les paramètres qui sont utilisés dans ces modèles puissent en dépendre étroitement.

La connaissance de la teneur en argile ne donne pas d'information sur la distribution granulométrique du sol. Des résultats expérimentaux ont permis de montrer que la granulométrie de la fraction non gonflante exerce une influence notable sur le gonflement des sols. L'effet de la nature des minéraux composant la fraction non gonflante n'est pas des moindres non plus (Kebaili, 1993).

La calcite et le gypse, abondants dans les sols des régions arides de l'Algérie, interviennent dans la structuration des argiles (Halitim, 1984). En particulier, la calcite structure l'argile par cimentation en raison de la forte adhésion des quasi-cristaux d'argile aux rhomboèdres de calcite, ce qui a pour effet de réduire considérablement le gonflement du sol.

## Calage des modèles par analyse de régression

Compte tenu des larges écarts constatés entre les gonflements observés et les résultats des calculs, une analyse de régression a été réalisée pour ajuster les modèles aux conditions des argiles d'In-Aménas. Cette analyse, effectuée sur les caractéristiques physiques et pourcentages de gonflement mesurés, regroupés dans le tableau I, avait pour objectif de rechercher les valeurs optimales des coefficients des relations données dans le tableau II, en conservant donc la forme originale des modèles.

Pour les modèles basés sur la teneur en eau naturelle, les valeurs de cette teneur en eau naturelle ont été remplacées par les limites de retrait quand les teneurs en eau leur étaient inférieures.

Pour les modèles non linéaires, plusieurs solutions optimales peuvent être déduites d'un même ensemble d'observations. Dans ce cas, on a retenu la solution la plus satisfaisante au plan physique. Les expressions des modèles ajustés sont présentées dans le tableau III.

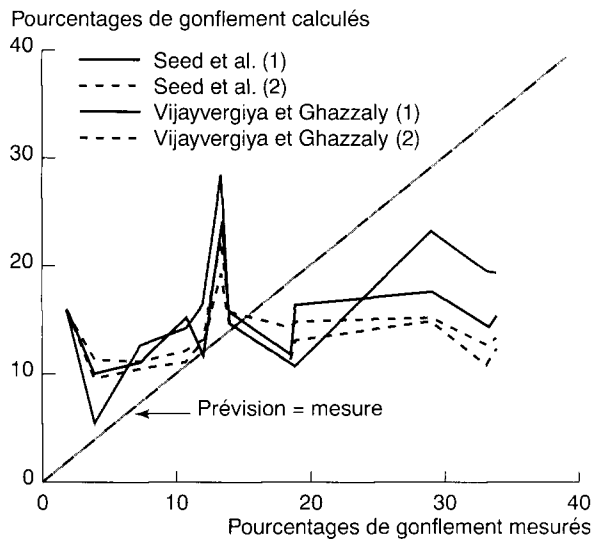
La figure 3 présente, en coordonnées linéaires sur les deux axes, les mêmes comparaisons que la figure 2, mais avec les formules de calcul modifiées du tableau III. Ces figures montrent que les prévisions ont été améliorées et que les points se trouvent maintenant de part et d'autre de la première bissectrice pour tous les modèles.

Les nouvelles expressions des modèles après analyse de régression diffèrent nettement des expressions initiales. En particulier, les relations de proportionnalité précédemment notées sont parfois inversées dans les expressions ajustées, ce qui donne à penser que les mécanismes décrits par ces relations peuvent être supplantés par d'autres dans certaines conditions.

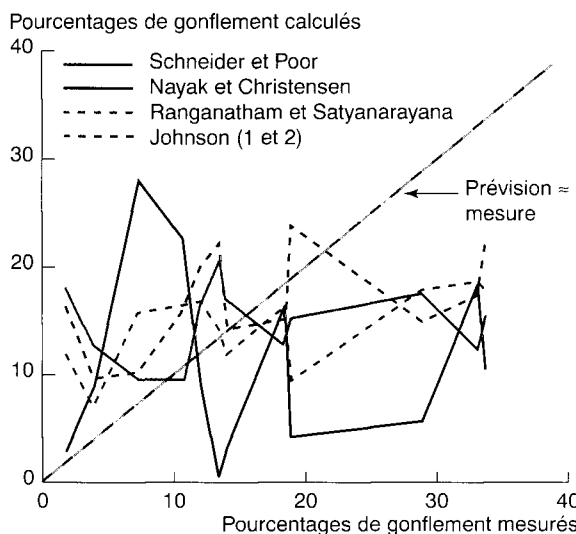
La différence entre les coefficients originaux et ceux qui ont été déduits de l'analyse de régression indique que le gonflement des sols d'In-Aménas est affecté par d'autres paramètres qui n'apparaissent pas dans les modèles.

TABLEAU III  
Expressions des modèles de prévision ajustées aux argiles d'In-Aménas

Modèle	Référence	Expression mathématique ajustée
Seed et al.-1	Seed et al. (1962)	$\varepsilon_{\text{gonf}} = 7,226 A_c^{-1,039} C_2^{0,1053}$
Seed et al.-2	Seed et al. (1962)	$\varepsilon_{\text{gonf}} = 224 I_p^{0,74}$
Ranganathan et Satyanarayana	Ranganathan et Satyanarayana (1965)	$\varepsilon_{\text{gonf}} = 0,3695 \left( \frac{I_R}{C_2 - n} \right)^{-0,1496} C_2^{0,912}$
Nayak et Christensen	Nayak et Christensen (1971)	$\varepsilon_{\text{gonf}} = 2,12 \cdot 10^{-5} I_p^{2,99} \frac{C_2}{w_0} - 0,5$
Vijayvergiya et Ghazzaly-1	Vijayvergiya et Ghazzaly (1973)	$\lg(\varepsilon_{\text{gonf}}) = \frac{4,87 \rho_d - 0,1385 w_L + 22,76}{19,5}$
Vijayvergiya et Ghazzaly-2	Vijayvergiya et Ghazzaly (1973)	$\lg(\varepsilon_{\text{gonf}}) = \frac{-0,084 w_L + 0,136 w_0 + 17,256}{12}$
Schneider et Poor	Schneider et Poor (1974)	$\lg(\varepsilon_{\text{gonf}}) = 1,441 - \frac{0,0716 I_p}{w_0}$
Johnson-1	Johnson (1978)	Pour $I_p < 40$ $\varepsilon_{\text{gonf}} = 50,786 - 1,484 I_p - 1,205 w_0 + 0,0711 w_0 I_p$
Johnson-2	Johnson (1978)	Pour $I_p > 40$ $\varepsilon_{\text{gonf}} = 34,25 - 0,3184 I_p + 3,363 w_0 - 0,069 w_0 I_p$



a. Modèles de Seed et al. (1 et 2) et de Vijayvergiya et Ghazzaly (1 et 2) ajustés aux sols d'In-Aménas.



b. Modèles de Schneider et Poor, de Nayak et Christensen, de Ranganatham et Satyanarayana et de Johnson (1 et 2) ajustés aux sols d'In-Aménas.

**Fig. 3 - Nouvelles relations entre les pourcentages de gonflement mesurés et calculés (après ajustement aux données du site d'In-Aménas)**

## Conclusions

L'étude rapportée dans cet article a permis d'analyser neuf modèles couramment utilisés pour prévoir le pourcentage de gonflement des sols, en les appliquant aux sols gonflants d'In-Aménas.

Une analyse paramétrique a permis de mettre en évidence la grande sensibilité des modèles étudiés aux paramètres utilisés, ce qui implique de réaliser les mesures de ces paramètres avec le plus grand soin possible. Cette observation conduit aussi à privilégier les modèles basés sur des paramètres faciles à déterminer en laboratoire.

Cette étude a montré, en outre, que les modèles de prévision ne sont pas automatiquement applicables à des sols différents de ceux qui ont servi à leur établissement.

En effet, les résultats des calculs effectués avec tous les modèles sont globalement différents des mesures. En particulier, ils sont exagérément supérieurs à celles-ci dans le cas des modèles faisant intervenir la teneur en eau initiale. Pour ces modèles, il est nécessaire de borner les valeurs de la teneur en eau par une teneur en eau minimale, la limite de retrait, et par une teneur en eau maximale, la limite de liquidité, afin de limiter les prévisions du gonflement à des valeurs comparables aux observations habituelles du gonflement.

L'ajustement par régression multiple des coefficients des modèles de prévision a permis une légère amélioration des résultats des calculs. Les coefficients des nouvelles expressions diffèrent totalement des coefficients originaux. Cette différence met en évidence l'effet exercé sur le caractère gonflant des sols par d'autres facteurs, comme la minéralogie de l'argile, la granulométrie et la nature des minéraux constituant la fraction non gonflante et l'agencement structurel des particules.

Le choix d'une méthode particulière s'adaptant aux sols d'In-Aménas n'est, par conséquent, pas évident. Cependant, les résultats donnés par les méthodes de Seed et al., à l'exception de quelques résultats erronés, paraissent être plus proches des valeurs mesurées.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ASTM D.4546-86 (1986), *One-dimensional swell or settlement potential heave of cohesive soils*, ASTM Standard Test Method, Annual Book of ASTM Standards, vol. 04.08, 7 pages.

DERRICHE Z. (1994), *Influence du fluide hydratant sur le gonflement d'une argile pure*, Comptes rendus du 7e Congrès de l'Association internationale de géologie de l'ingénieur. Lisbonne, vol. 2, pp. 437-443.

DIDIER G., LARÉAL P., GIELLY J. (1973), *Prévision du potentiel et de la pression de gonflement des sols*, Comptes rendus du 8e Congrès international de mécanique des sols et des travaux de fondations, Moscou, vol. 2.2, pp. 67-72.

HALITIM A. (1984), *Sols des régions arides de l'Algérie*. Office des publications universitaires, Alger. 384 pages.



JOHNSON L.D. (1978), *Predicting potential heave and heave with time in swelling foundation soils*, Technical Report S-78-7, US Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss.

KEBAILI M. (1993), *Évaluation des techniques de prédiction du gonflement des argiles expansives. Application aux argiles d'In-Aménas*, Thèse de Magister, École nationale polytechnique d'Alger, 107 pages.

KOMORNIK A., DAVID D. (1969), Prediction of swelling pressure of clays. ASCE, *Journal of the Soils Mechanics and Foundations Division*, vol. 95, SM1, pp. 209-225.

McDOWELL C. (1956), *Inter-relationship of load, volume change and layer thickness of soils to the behaviour of engineering structures*, Proceedings, Highway Research Board, vol. 35, pp. 754-770.

NAYAK N.V., CHRISTENSEN R.W. (1971), Swelling characteristics of compacted expansive soils, *Clays and Clay Minerals*, vol. 19, 4, pp. 251-261.

RANGANATHAM B.V., SATYANARAYANA B. (1965), *A rational method of predicting potential for compacted expansive clays*, Proceedings, 6th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Montréal, vol. 1, pp. 92-96.

SCHNEIDER G.L., POOR A.R. (1974), *The prediction of soil heave and swell pressures developed by an expansive clay*, Research Report TR-9-74, University of Texas, Construction Research Center, Arlington, Texas.

SEED H.B., WOODWARD R.J., LUNDGREN R. (1962), Prediction of swelling potential for compacted clays. ASCE, *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, vol. 88, SM3, pp. 53-87.

VIJAYVERGIYA V.N., GHAZZALY O.I. (1973), *Prediction of swelling potential for natural clays*, Proceedings, 3rd International Conference on Expansive Soils, Jerusalem, Jerusalem Academic Press, vol. 1, pp. 227-236.

## ABSTRACT

### Forecasting the swelling of In-Aménas clays

Z. DERRICHE - M. KEBAILI

The swelling of In-Aménas clay samples under loads in excess of the natural vertical pressure has been compared to the values predicted by nine models which estimate the extent of swelling on the basis of straightforward geotechnical parameters (plasticity index, natural water content, liquid limit, specific gravity, activity, shrinkage index, sampling depth). The study shows that predictions should be made preferably on the basis of relationships which have been calibrated for clay from the site in question rather than relationships which apply to other clays from other regions.