



HAL
open science

Nouveau dispositif pour caractériser rapidement le retrait-gonflement des argiles

Jean-Bernard Kazmierczak, Tatiana Maison, Farid Laouafa, Patrice Delalain

► **To cite this version:**

Jean-Bernard Kazmierczak, Tatiana Maison, Farid Laouafa, Patrice Delalain. Nouveau dispositif pour caractériser rapidement le retrait-gonflement des argiles. Rapport Scientifique INERIS, 2013, 2012-2013, pp.73-75. ineris-01869472

HAL Id: ineris-01869472

<https://ineris.hal.science/ineris-01869472>

Submitted on 6 Sep 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Nouveau dispositif pour caractériser rapidement le retrait-gonflement des argiles

CONTRIBUTEURS



Jean-Bernard Kazmierczak



Tatiana Maison⁽¹⁾



Farid Laouafa



Patrice Delalain

Le retrait-gonflement des argiles est un phénomène naturel qui provoque des gonflements du sol lors des périodes pluvieuses et des tassements en cas de sécheresse. Lorsque ces mouvements ont lieu à proximité des fondations d'une maison individuelle, ils génèrent des tassements différentiels qui peuvent provoquer des désordres allant de la simple fissure à une altération fonctionnelle de l'habitation.

Des essais de laboratoire permettent déjà de caractériser ce phénomène. Ils consistent à observer sur des éprouvettes pluricentimétriques la réponse d'un échantillon de sol à une imbibition ou à un séchage. Mais la cinétique du phénomène est très lente, et ces essais peuvent durer plusieurs semaines.

Pour remédier à cet inconvénient et comprendre plus finement les phénomènes en jeu, l'INERIS a développé un nouveau dispositif qui s'appuie sur des observations au microscope électronique à balayage environnemental (MEBE) et sur des mesures très rapides.

Description de l'essai

L'essai consiste à faire varier au sein du MEBE **Figure 1**, en maintenant constante la température donnée (T) et la pression (P) dans la chambre, de manière à imposer un état hygrométrique connu (HR). À partir du diagramme de phases de l'eau (HR, T, P), on impose ainsi à l'échantillon des humidités relatives HR variant entre 0 % et 100 %.

NOTE

(1) Actuellement à l'Institut polytechnique LaSalle Beauvais.

Figure 1

Photographies du dispositif de caractérisation du retrait/gonflement des argiles.





➔ Pour chaque état hydrique caractérisé par HR, on observe la variation de la déformation surfacique et du poids de l'échantillon. Ces informations permettent de construire la courbe de variation de la déformation surfacique de l'échantillon ΔS (%) en fonction de la teneur en eau w (%) à partir des courbes $w=f(HR)$ (exemple en **Figure 2**) et $\Delta S=g(HR)$.

Dans cet essai, la variation de poids de l'échantillon étant uniquement liée à sa variation de teneur en eau (w), il devient alors possible de construire une courbe reliant la variation de volume de l'échantillon à sa variation de teneur en eau, sur la base d'un essai de très courte durée (une journée environ).

Évaluation du retrait/gonflement à l'échelle d'un massif de sol

Pour exploiter pleinement cette nouvelle « information » expérimentale ($\Delta S = f(W\%)$) et la relier au comportement du sol à l'échelle d'un ouvrage, un modèle analytique a été proposé. Il permet le calcul du tassement ou du gonflement d'un massif de sol soumis à des variations de teneur en eau.

Le principe de ce modèle est très simple. Il consiste à sommer analytiquement, sur toute l'épaisseur de la couche, les variations élémentaires de hauteur de chaque portion élémentaire de couche de sol. Ces variations élémentaires sont calculées sur la base de la variation de la teneur en eau à chaque profondeur du massif, via la courbe expérimentale $\Delta S = f(\Delta w\%)$ obtenue précédemment.

Le modèle analytique développé se base sur les différentes hypothèses. Il considère tout d'abord que le mécanisme de retrait et de gonflement des sols argileux suit le même chemin de déformation et qu'il est indépendant de l'échelle d'observation **[A, B, C]**, même si leur cinétique ne l'est pas. Il suppose par ailleurs que le phénomène de retrait ou de gonflement est peu dépendant de l'état de contrainte, dans la gamme de profondeur considérée (la pression de gonflement est considérée supérieure à l'état de contrainte aux faibles profondeurs).

Pour compléter la démarche engagée, une relation entre la variation de volume du sol en champ libre de toute contrainte et ses équivalents surfacique et linéique a pu être formulée (dans l'hypothèse d'une déformation œdométrique), et des profils types de pénétration de la sécheresse dans le sol ont été proposés.

Conclusion

Ces différentes hypothèses permettent de calculer, à chaque profondeur, la variation d'épaisseur de la couche considérée en fonction des conditions hydriques. L'intégration de ces variations sur toute la hauteur de la couche renseigne alors sur les amplitudes de retrait ou de gonflement prévisibles en surface (exemple en **Figure 3**). Un lien entre le comportement microscopique (MEBE) et macroscopique (échelle de l'ouvrage) est ainsi proposé. Il s'appuie sur les observations faites sur plusieurs argiles dans le cadre de travaux de recherche menés par Maison **[A, B, C]**.

Références

- [A]** Maison T., Laouafa F., Fleureau J.-M. (2008). *Analyse à l'échelle micro et macroscopique des mécanismes de retrait et de gonflement des sols argileux*. Laboratoire central des ponts et chaussées. SEC 2008. Symposium international Sécheresse et Constructions, 1-3 septembre 2008, Marne-la-Vallée. Paris, LCPC, 2008, pp. 155-161.
- [B]** Maison T., Laouafa F., Fleureau J.-M., Delalain P. (2009a). *Analyse aux échelles micro et macroscopique des mécanismes de dessiccation et de gonflement des sols argileux*. Actes du 19^e Congrès français de mécanique, 24-28 août 2009, Marseille.
- [C]** Maison T., Laouafa F., Fleureau J.-M., Delalain P. (2009b). *Microscopic analysis of shrinkage and swelling mechanisms in clayey soils/analyse microscopique des mécanismes de dessiccation et de gonflement des sols argileux*. Hamza M., Shahien M., El-Mossallamy Y. (Eds.). Proceedings of the 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 5-9 October 2009, Alexandria, Egypt, Amsterdam, IOS Press, 2009, pp. 660-663.
- Audiguier M., Geremew Z., Laribi S., Cojean R. *Caractérisation au laboratoire de la sensibilité au retrait-gonflement des sols argileux*. Rev. franç. Géotec, 2007, 120-121, pp. 67-82.
- Fleureau J.-M., Kheirbek-Saoud S., Soemiro R., Taibi S. *Behavior of clayey soils on drying-wetting paths*. Can. Geotech., 1993, J., 30, pp. 287-296.
- Kazmierczak J. B., Maison T., Delalain P., Laouafa F. « Dispositif et procédé de caractérisation d'un matériau ». Brevet 10-54771, 14 juin 2011.
- Makki L., Duc M., Droniuc N., Reiffsteck P., Maloula A., Magnan J. P. *Essai de retrait pour une meilleure classification de la sensibilité des sols à la sécheresse*, SEC2008, Paris, France, 1-3 septembre 2008, pp. 257-264, Éditions du LCPC.
- Maison T., Laouafa F., Delalain P. *Mise au point d'un dispositif expérimental pour l'analyse du retrait-gonflement des sols argileux*, Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris, 2013.
- Maison T., Laouafa F., Fleureau J.-M., Delalain P. (2010a). *Analyse au niveau microscopique du comportement hydrique d'agrégats argileux*, Journées nationales de géotechnique et de géologie de l'ingénieur (JNGG 2010), 7-9 juillet 2010, Grenoble.
- Maison T., Laouafa F., Fleureau J.-M. (2010b). *Volume changes of swelling clayey soils at microscopic scale level*, UNSAT 2010, 6-8 september 2010, Barceloneta, Spain.
- Montes-H. G. (2002.) *Étude expérimentale de la sorption d'eau et du gonflement des argiles par microscopie à balayage environnementale (ESEM) et l'analyse digitale d'images*, Strasbourg, École et observatoire des sciences de la terre.

Figure 2

Variation de la teneur en eau sous l'effet de l'humidification dans le MEBE pour une variété d'argile, la montmorillonite grecque, et en fonction du temps.

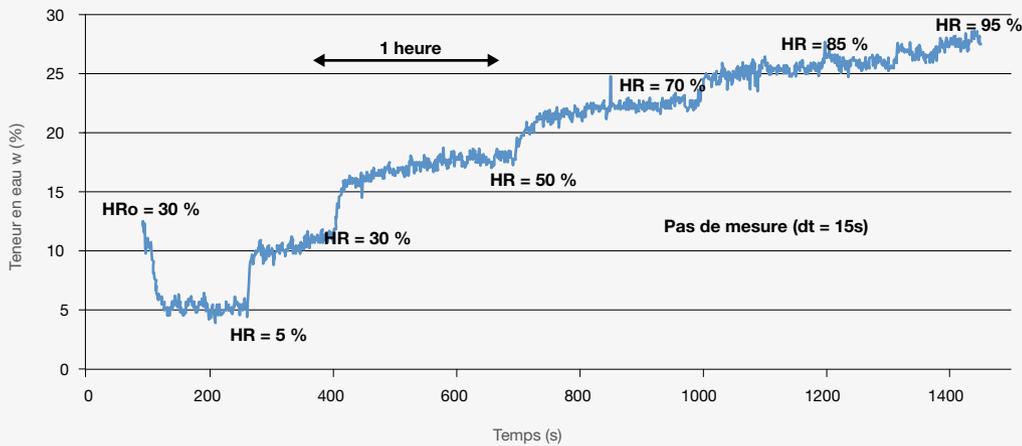
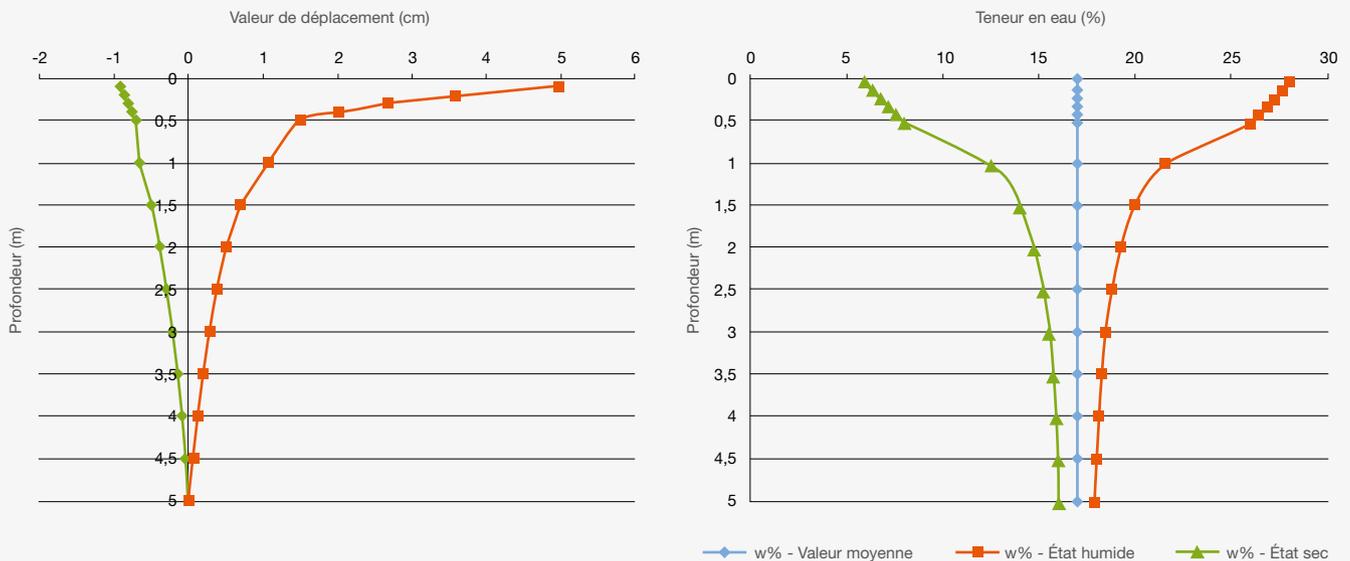


Figure 3

Estimation du retrait et du gonflement de la couche de montmorillonite grecque.



ABSTRACT

Every year, the shrinkage and swelling of clays induce serious damages on housing structures. Their understanding

and their quantifying constitute two important objectives to reduce damages. In this context, a new device was developed to characterise the shrinkage and swelling behaviour of clayey materials within an Environmental Scanning Electron Microscope (ESEM). It allows to determine the relationship between the volume variation of a micro-sample and its water content

variation in a very short time (a day). Associated with an analytical model based on standard profiles of drought penetration in the soil, this new test allows to estimate the amplitude of settlement and/or swelling at the house scale.