

DETERMINATION DE LA TENEUR EN EAU D'UN SOL DANS UN SACHET EN PLASTIQUE

1. Introduction

A l'état naturel tous les sols contiennent de l'eau. La connaissance de la teneur en eau offre une base importante pour la classification des sols cohérents ; le comportement de ces sols dépend étroitement de leur teneur en eau.

La mesure de la teneur en eau d'un sol en laboratoire par la méthode de l'étuvage représente probablement l'essai le plus utilisé en géotechnique. L'essai a l'avantage d'être valable de la même manière pour les sols intacts, remaniés et reconstitués. Il est considéré très fiable parce qu'il est facilement reproductible.

La teneur en eau peut être déterminée pour un sol à l'état naturel ou sous des conditions imposées en laboratoire. En effet, la détermination de la teneur en eau d'un sol par la méthode de l'étuvage fait partie intégrante de la procédure de plusieurs essais d'identification comme les limites de consistance, la mesure de la succion et d'essais mécaniques comme le compactage.

La méthode est normalisée dans la BS (British Standard) N° 1377 chez les anglais et dans la norme française NF P. 94-050, qui est en vigueur dans les laboratoires nationaux.

L'expérience montre que malgré la grande fiabilité de la méthode, des valeurs erronées de la teneur en eau naturelle peuvent être obtenues lorsque l'échantillon utilisé n'est pas représentatif du sol testé ou, ce qui est plus fréquent, lorsque les méthodes de transport et de stockage des échantillons jusqu'à la réalisation de l'essai ne préservent pas les conditions d'humidité du sol. En effet, lorsqu'elles sont mal protégées, les éprouvettes peuvent selon la situation sécher ou prendre de l'eau pendant la période qui précède la réalisation de l'essai.

On introduit et on analyse dans ce travail une légère déviation à la procédure d'essai classique de la détermination de la teneur en eau d'un sol par la méthode de l'étuvage. On propose l'utilisation de sachets en plastique en remplacement des boîtiers, vases et coupelles à peser préconisés dans les normes en vigueur. On estime que la petite déviation proposée est particulièrement avantageuse pour la mesure de la teneur en eau naturelle des sols.

2. La procédure d'essai normalisée

Dans la procédure d'essai normalisée, qu'elle soit anglaise ou française, on utilise les définitions qu'il convient de rappeler ici :

- La teneur en eau pondérale : C'est le quotient de la masse d'eau libre contenue dans un échantillon de sol par la masse de ses grains solides.
- La teneur en eau naturelle d'un sol : C'est la teneur en eau d'un sol tel que prélevé sur site, déterminée conformément à la norme lorsque les conditions de prélèvement sur site, de transport et de conservation de l'échantillon n'ont entraîné aucune modification de cette teneur en eau.

2.1. Les méthodes standards de détermination de la teneur en eau

L'échantillon de sol destiné à l'essai est pesé humide puis placé dans une étuve. Après dessiccation complète de l'eau libre une deuxième pesée est réalisée. La différence entre les deux pesées donne la masse d'eau libérée par évaporation. La quantité de matériau à soumettre à l'essai est choisie en rapport avec la dimension des éléments qu'il contient. Pour la réalisation des pesées on doit utiliser des coupelles ou des vases à peser en matériau non altérable à l'humidité et à la chaleur. Dans la norme anglaise on impose, pour la réalisation des pesées, l'utilisation de boîtiers avec couvercles.

La deuxième pesée doit se faire après refroidissement de l'échantillon dans un dessiccateur dans lequel l'air est maintenu sec au moyen d'un gel de silice ou tout autre absorbant. Peser l'échantillon chaud est susceptible d'introduire des imprécisions sur une balance ultra sensible. Par ailleurs, l'échantillon ne devrait pas être autorisé à refroidir à l'air libre. Parce qu'à l'état sec, l'échantillon pourrait absorber de l'humidité de l'atmosphère, ce qui peut introduire une erreur dans la valeur de la teneur en eau.

L'expérience avec la méthode reconnaît deux problèmes inhérents à la procédure d'essai conventionnelle :

- les conditions de prélèvement sur le site, de

Z.DERRICHE
Ecole National des Travaux
Publics - Alger.

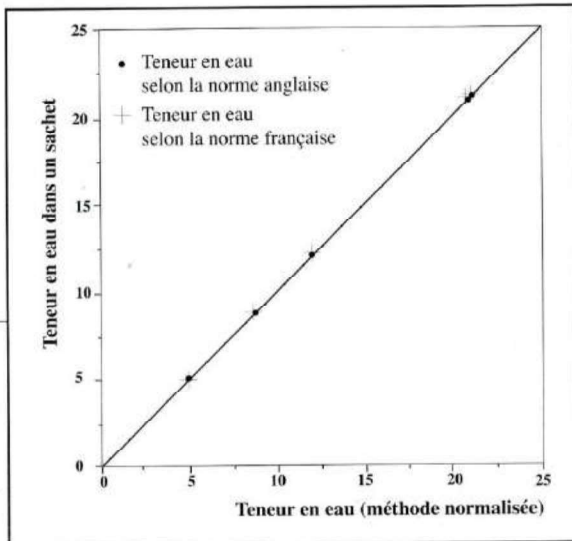
RÉSUMÉ

La mesure de la teneur en eau d'un sol représente l'essai le plus utilisé en géotechnique. L'essai de laboratoire standard utilise la méthode de l'étuvage. Avec cet essai, on tire la masse d'eau contenue dans un échantillon de sol par la différence des pesées de l'échantillon avant et après étuvage. L'expérience avec la méthode montre que celle-ci peut, sous certaines conditions, donner des résultats erronés de la teneur en eau. Dans ce travail on introduit un petit écart à la procédure standard qui permet de lever ce problème. On propose de réaliser la mesure de la teneur en eau d'un sol dans un sachet en plastique du type utilisé dans la congélation des aliments. On présente les normes en vigueur et la nouvelle procédure qu'on teste sur un petit programme expérimental. Enfin on réalise une évaluation de la nouvelle méthode et on donne des indications pour des investigations futures à même d'inscrire la procédure comme norme dans les laboratoires.

MOTS CLÉS

teneur en eau • humidité • eau • étuvage • norme • essai • laboratoire • polymère.

Figure 1 : Evaluation de la procédure de la teneur en eau dans un sachet en plastique



transport et de conservation jusqu'à la réalisation de l'essai entraînent une modification inévitable de la teneur en eau du sol,

- le refroidissement de l'échantillon de sol à la sortie de l'étuve ne peut pas se faire sans une absorption notable d'humidité.

Néanmoins lorsque ces deux problèmes sont maîtrisés, la procédure d'essai standard peut être considérée très fiable. On introduit ci-après une légère déviation à la norme standard qui permet de s'affranchir sans frais de ces deux problèmes. On propose de considérer la détermination de la teneur en eau du sol en introduisant en remplacement au vase à peser un sachet en plastique du type utilisé pour la congélation des aliments.

Cette idée a été mise en avant pour la première fois par Greenwood et Norris (1999), elle est testée et confirmée ici avec des sachets de congélation produits localement.

2.2 La teneur en eau d'un sol dans un sachet

Les sachets de congélation sont le résultat d'une technologie qui allie aux polymères certains additifs qui confèrent à la matière plastique une robustesse et une température de fusion parfois supérieure à 120°C. Les sachets utilisés pour la congélation de la nourriture sont en polypropylène. Ils peuvent supporter sans s'altérer des températures de l'ordre de 120°C. ce qui les rend capables de survivre à l'opération d'étuvage qui s'effectue normalement aux alentours de 105-110°C.

Afin de tester la faisabilité de la nouvelle méthode, on a testé la performance de deux marques de sachets disponibles à bon prix sur le marché local : les premiers sont blancs transparents et les autres jaunes fumés.

Mesurer la teneur en eau d'un sol dans un sachet de congélation revient tout simplement à :

- mettre l'échantillon de sol soumis à l'essai dans un sachet de masse connue qui est immédiatement étiqueté et scellé,
- réaliser la première pesée, sachet fermé, aussi tôt que cela est possible.
- mettre le sachet à l'étuve et l'ouvrir pour per-

mettre le départ de l'eau par dessiccation,

- sortir le sachet à la fin de l'étuvage, après avoir pris le soin de le fermer, et le laisser refroidir quelques instants avant de réaliser la deuxième pesée.

Lorsqu'elle est importante, la masse propre du sachet peut être déduite lors des calculs de la teneur en eau.

2.3 Test de la nouvelle Méthode

Avant de lancer les essais avec la nouvelle méthode, on a testé les sachets choisis dans le but de montrer que la matière des sachets est inaltérable à l'humidité et à la chaleur de l'étuvage. On a étuvé les sachets pendant des périodes allant parfois jusqu'à 24 heures à des températures variant de 20 à 120 °C. Jusqu'à la température de 115 °C on n'a noté aucune différence significative ni dans le poids du sachet ni dans sa texture. Pour les températures entre 115 et 120° C les sachets ont accusé une légère diminution de poids.

A 120°C les sachets se sont complètement ramollis indiquant l'approche de la température de fusion de la matière plastique des sachets. Les résultats de cette expérience ont permis de retenir les sachets testés pour la réalisation des essais de la teneur en eau.

Quatre échantillons d'un sol argileux ont été reconstitués à différentes teneurs en eau. Les échantillons de sol ont été hydratés avec les quantités d'eau requises, ont été malaxés vigoureusement puis ont été couverts et stockés 48 heures pour maturation.

Pour les besoins de l'expérimentation, on a déterminé la teneur en eau de ces échantillons de sol suivant 3 procédures différentes :

- la procédure normalisée BS,
- la procédure française
- la méthode du sachet telle que décrite ci-dessus.

Les résultats de cette expérimentation sont rassemblés dans la figure (1) ci-dessus.

Les résultats de la figure 1 ne montrent aucune différence significative entre les teneurs en eau dans un sachet et les valeurs obtenues suivant les procédures standards. On remarque néanmoins que les teneurs en eau dans un sachet sont beaucoup plus proches des valeurs standards anglaises qu'elles ne le sont des valeurs standards françaises. Ceci peut s'expliquer par le fait que dans la norme anglaise avant d'être peser, les échantillons sont autorisés à refroidir dans des boîtiers avec couvercles fermés. Tout comme pour la méthode du sachet, les échantillons sont sortis de l'étuve dans les sachets fermés. Ils refroidissent et sont pesés dans les sachets fermés. Dans la norme française, l'échantillon n'étant pas dans un boîtier mais dans une coupelle en verre ou en métal, peut absorber à sa sortie de l'étuve une quantité d'humidité de l'atmosphère ce qui se traduit finalement par des valeurs plus faibles de la teneur en eau.

3. Avantages et inconvénients de la nouvelle méthode

L'avantage le plus saillant de la nouvelle méthode se manifeste dans la détermination de la teneur en eau des sols à l'état naturel. Avec cette méthode, l'échantillon de sol destiné à l'essai ne doit plus être acheminé au laboratoire et stocké avant de subir l'essai. Il est mis dans un sachet qui est rapidement étiqueté, scellé et pesé sur site avant d'être envoyé au laboratoire pour étuvage.

Cette manière d'opérer permet d'éviter les modifications de la teneur en eau normalement dues au transport et stockage de l'échantillon jusqu'à la réalisation de l'essai. La pesée humide se faisant sur site il n'y a aucune urgence à étuver les échantillons puisque les pertes d'eau ultérieures n'ont aucune incidence sur la mesure de la teneur en eau. Des précautions doivent néanmoins être prises pour s'assurer de la sauvegarde de l'intégrité de l'échantillon. Il faudra veiller à ce que le sachet ne se déchire pas pendant le transport et le stockage de l'échantillon. Utiliser un double sachet pourrait aider dans cette direction.

A sa sortie de l'étuve, l'échantillon de sol ne risque pas d'absorber de l'humidité de l'atmosphère puisqu'il est autorisé à refroidir dans le sachet fermé.

De l'avis personnel de l'auteur, l'utilisation du sachet trouve tout son sens dans les pesées en rapport avec la détermination de la succion du sol par la méthode du papier filtre. La pesée du papier filtre à sa sortie de l'étuve ne peut se faire avec précision que si celui-ci est récupéré et pesé dans un sachet fermé. Dans ce cas particulier d'essais, l'absorption par le papier de 0.1 gramme d'eau peut fausser complètement les données.

Un autre avantage de la méthode du sachet est la facilité avec laquelle on peut manipuler les échantillons à leur sortie de l'étuve. Avec l'utilisation des sachets, l'opérateur ne risque pas de se brûler les doigts comme c'est le cas avec les coupelles ou boîtiers en verre ou en métal, parce que le sachet ne chauffe pas.

Enfin, il ne faut pas oublier que l'utilisation du sachet dans la détermination de la teneur en eau peut réaliser une économie de temps si l'on considère qu'avec les sachets, il n'y a plus nécessité de nettoyer les coupelles et vases à peser à la fin des essais.

Il n'en demeure pas moins qu'avant de pouvoir considérer l'insertion du sachet dans la norme en vigueur dans les laboratoires, il est impératif que la méthode soit étudiée et testée suffisamment pour pouvoir saisir son apport net dans la réalité de l'essai. Dans ce contexte, une étude est nécessaire pour s'assurer qu'il n'y a aucune réaction parasite possible entre la matière du sachet et les constituants chimiques éventuels du sol.

4. Conclusion

Dans cette étude on a proposé une petite déviation à la procédure normalisée pour la détermination de la teneur en eau du sol par la méthode de l'étuvage ; l'utilisation d'un sachet de congélation en remplacement des coupelles et vases à peser. On a montré que la nouvelle méthode mérite de l'intérêt : elle est faisable et offre des avantages certains par rapport à la méthode classique. ■

BIBLIOGRAPHIE

- [1] J.A. Brydson. *Plastics Materials* [Les matières plastiques] Butterworth-Heinemann, 6th Revised Ed. 896 p., 1995
- [2] B.S. 1377 "Methods of tests for soils for Civil Engineering purposes" [Méthodes d'essais pour le Génie Civil]. British Standards Institution. 1990
- [3] J.R Greenwood, J.E. Norris "Moisture in the bag, a simplified procedure for the determination of soil moisture by oven drying" [Teneur en eau dans un sachet, une méthode simplifiée pour la détermination de la teneur en eau par étuvage]. *Ground Engineering* June 99. pp. 32-33., 1999.
- [4] K.H. Head, "Soil Classification and compaction tests" [Classification et compactage des sols] In *Manual of soil laboratory testing* Vol. 1. Pentech Press London Second Ed. 747p., 1992.
- [5] NF.P 94-050. "Détermination de la teneur en eau pondérale des sols - méthode par étuvage". Association Française de Normalisation, 1994.