



HAL
open science

Compactage des sols cultivés par les engins agricoles : évolution de la succion au cours de la compression

Kai Cui, Pauline P. Defossez, Yu-Jun Cui, Guy Richard

► To cite this version:

Kai Cui, Pauline P. Defossez, Yu-Jun Cui, Guy Richard. Compactage des sols cultivés par les engins agricoles : évolution de la succion au cours de la compression. 9. Journées Nationales de l'Etude des Sols, Apr 2007, Angers, France. hal-02757992

HAL Id: hal-02757992

<https://hal.inrae.fr/hal-02757992>

Submitted on 4 Jun 2020

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.

Compactage des sols cultivés par les engins agricoles : évolution de la succion au cours de la compression

Kai Cui¹, Pauline Défossez¹, Yu-Jun Cui², Guy Richard³

1: INRA, Unité d'Agronomie, UR1158, rue F. Christ, F-02007 Laon. kai.cui@laon.inra.fr

2: ENPC, Cermes, 6 et 8 Avenue Blaise Pascal, Cité Descartes - Champs sur Marne, 77455 Marne la vallée CEDEX 2.

3: INRA, Unité de Science du Sol d'Orléans, 2163 Avenue de la pomme de pin, BP 20619 Ardon, 45166 Olivet CEDEX.

Introduction

Le tassement des sols cultivés par le passage des engins agricoles modifie leur structure et de ce fait leurs propriétés de transfert (hydriques et gazeux) et mécaniques. Il a donc des conséquences importantes sur la production végétale et l'environnement. Des codes de calcul en éléments finis, comme le code PLAXIS, peuvent être utilisés pour prévoir le tassement d'un sol cultivé en fonction de ses propriétés mécaniques. Celles-ci dépendent de l'état structural (porosité) et hydrique (succion) du sol au moment du passage de l'engin. L'utilisation des lois de comportement mécanique du code PLAXIS suppose que la succion du sol soit constante au cours de la compression. Nous avons cherché à évaluer le domaine de validité de cette hypothèse en analysant les variations de la succion d'un sol cultivé au cours de la compression pour les conditions représentatives au champ lors du passage des engins agricoles : succions initiales faibles (10-100 kPa), contraintes appliquées faibles (< 500 kPa) et temps d'application des contraintes courts (0,1 s).

Matériels et méthodes

Nous avons réalisé des essais mécaniques de compression uniaxiale à l'aide d'un oedomètre permettant une mesure continue de la succion capillaire dans le sol. Dans la cellule oedométrique qui contient le sol est inséré un tensiomètre en contact direct avec l'échantillon de sol. On mesure l'évolution de la succion lors de l'application de différents paliers de contraintes mécaniques (Figure 1a). Le haut de la cellule est un chapeau amovible posé simplement sur l'échantillon sur lequel on vient fixer une membrane qui évite l'évaporation. Par contact entre ce chapeau et un piston, on impose une contrainte verticale par pression pneumatique. Le tensiomètre a été inséré à la base de la cellule en contact avec le sol. Ce dispositif a été développé par le Cermes (Mantho, 2005) (Figure 1b) pour des applications géotechniques. Il permet de mesurer des succions jusqu'à 1,5 MPa. Les variations de la succion au cours d'une compression ont été suivies sur des échantillons remaniés d'un horizon de labour de texture limoneuse (200 g kg⁻¹ d'argile et 700 g kg⁻¹ de limon) tamisé < 2 mm provenant d'un Néoluvisol. Les mesures ont été réalisées pour différents teneurs en eau initiales (0,198 ; 0,16 et 0,143 g g⁻¹) ; celles-ci ont été obtenues en humectant du sol sec par pulvérisation d'eau déminéralisée. Les échantillons (h = 2,4 cm, diamètre = 7 cm) ont été fabriqués à une masse volumique initiale de 1,1 g cm⁻³. Ces échantillons ont alors subi un essai de compression consistant en une succession de paliers de contraintes verticales σ variant de 10 à 800 kPa. Le temps d'application de chaque contrainte correspondait au temps d'équilibre de la valeur de la succion du sol mesurée par le tensiomètre (environ 40 min). Pour chaque teneur en eau, on a réalisé trois essais de compression par palier.

Résultats

Les résultats montrent une évolution de la succion avec le niveau de contrainte similaire pour les différents teneurs en eau initiales (Figure 2) : la succion augmente légèrement ou reste constante avec la contrainte jusqu'à une valeur seuil de contrainte au-delà

de laquelle on observe une diminution de la succion. Ce seuil décroît avec la teneur en eau initiale du sol (200 kPa pour $0,198 \text{ g g}^{-1}$, 400 kPa pour $0,16 \text{ g g}^{-1}$). Pour la teneur en eau la plus faible ($0,143 \text{ g g}^{-1}$), on n'observe pas de diminution de la succion dans la gamme des contraintes appliquées ($\leq 800 \text{ kPa}$). Ces résultats peuvent s'interpréter par une compétition entre une redistribution de l'eau vers des pores plus petits et une augmentation du taux de saturation. Cette interprétation nécessite d'être confirmée par des mesures complémentaires notamment sur des échantillons de structures différentes (par exemple fabriqués à partir d'un sol tamisé $< 400 \mu\text{m}$) et par une caractérisation de la distribution de la taille des pores par porosimètre au mercure à différentes contraintes.

Ces premiers résultats montrent que la succion du sol varie peu au cours de la compression dans la gamme des contraintes appliquées et pour des succions initiales du sol $> 20 \text{ kPa}$. Ils confirment ainsi l'hypothèse généralement admise en modélisation du compactage des sols agricoles que la succion du sol est pratiquement constante au cours de la compression. Des modèles mécaniques à succion constante (comme les modèles dans le code PLAXIS) semblent donc bien adaptés pour prévoir les déformations dans cette gamme de contraintes et de succion du sol correspondant aux conditions au champ lors du passage des engins agricoles sur un sol cultivé.

Référence

Mantho, A.T., 2005. Echanges sol-atmosphère application à la sécheresse. Thèse de doctorat, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 250p.

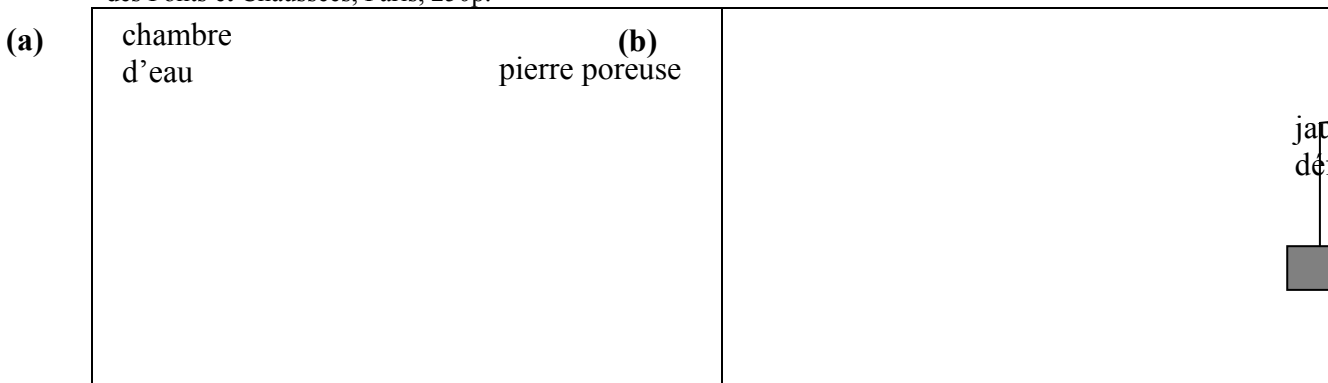


Figure 1: Schéma de la cellule oedométrique avec mesure de succion in situ (a); schéma du tensiomètre (b)

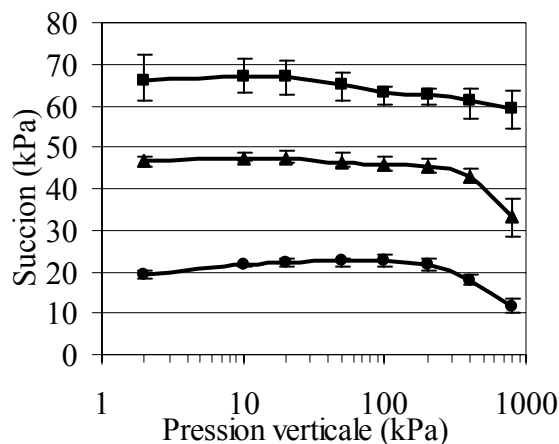


Figure 2: La variation de la succion au cours de la compression pour différentes teneurs en eau initiales: $0,198 \text{ g g}^{-1}$ (cercles), $0,16 \text{ g g}^{-1}$ (triangles), $0,143 \text{ g g}^{-1}$ (carrés). Les barres sont les erreurs entre trois différentes répétitions.