

Évaluation du module des graveleux latéritiques non traités à partir des courbes effort-déformation de l'essai CBR

[Evaluation of the modulus of untreated lateritic gravel from the stress-strain curves of the CBR test]

Massamba Ndiaye¹, Jean-Pierre Magnan², and Lamine Cissé³

¹École Supérieure Polytechnique (ESP) de Dakar - BP 5085, Dakar-Fann, Dakar, Senegal

²Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR), 14-20 Boulevard Newton - 77447 Marne-la-Vallée Cedex 2, France

³Agence des travaux et de Gestion des Routes (AGEROUTE), Rue F x David Diop, Fann Résidence, BP 25 242, Dakar, Senegal

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Natural lateritic gravels are the most frequent materials in French-speaking subtropical Africa and the most used for the construction of road infrastructures. However, some difficulties are often noted in practice, in the dimensioning phase, on the choice of the modulus of these materials which is often done using the empirical relation $E = 5 * I_{CBR}$ of CEBTP. The results obtained within the framework of the present study suggest that this relation gives modulus values higher than those obtained by exploiting the linear parts of the curves stress-strain CBR. This would lead to undersizing the pavement by applying this relationship.

KEYWORDS: dimensioning, pavement, modulus, stress-strain curve, CBR test.

RESUME: Les graveleux latéritiques naturels représentent les matériaux les plus présents en Afrique francophone noire et les plus utilisés pour la construction des infrastructures routières. Cependant, certaines difficultés sont souvent notées dans la pratique, en phase dimensionnement, sur le choix du module de ces matériaux qui est souvent approché par la relation empirique $E = 5 * I_{CBR}$ du CEBTP.

Les résultats présentés dans le cadre de cette présente étude laissent penser que cette relation donne des valeurs de module supérieures à celles obtenues en exploitant les parties linéaires des courbes effort-déformation CBR. Cela conduirait à sous-dimensionner les chaussées par application de cette relation.

MOTS-CLEFS: dimensionnement, chaussée, module, courbe effort-déformation, essai CBR.

1 INTRODUCTION

Le choix du module des matériaux est une étape importante pour le dimensionnement des ouvrages routiers. L'estimation des modules a un impact important sur la définition des épaisseurs des différentes couches et joue ainsi sur la durabilité de l'ouvrage.

Cette étude est une contribution à la détermination du module des graveleux latéritiques à partir des courbes effort-déformation d'essais simples tels que l'essai CBR. Elle vise aussi à améliorer les pratiques actuelles où l'exploitation de ces courbes n'est pas systématique.

2 DÉTERMINATION DU MODULE DES GRAVELEUX LATÉRIQUES À PARTIR DES COURBES EFFORT-DÉFORMATION CBR

Les données utilisées dans le cadre de cette étude proviennent de deux carrières latéritiques du Sénégal: Sindia (14 prélèvements) et Lam-Lam (10 prélèvements).

L'utilisation de ces matériaux est définie par deux paramètres: le module (E) et le coefficient de Poisson (ν). Ces deux paramètres sont utilisés comme paramètres d'entrée dans l'outil de dimensionnement des structures de chaussée Alizé.

Si aucune difficulté n'est notée dans la pratique pour le choix du coefficient de Poisson (ν), qui est généralement pris égal à 0,35 pour les matériaux naturels non traités, il n'en est pas de même pour le choix du module. Sa valeur découle, dans la pratique [1], d'un calcul à partir de la relation $E = 5 \cdot I_{CBR}$ sans chercher à exploiter les courbes effort-déformation de cet essai.

L'exploitation de ces courbes montre des formes non linéaires caractéristiques du comportement élasto-plastique de ces matériaux (Figure 1).

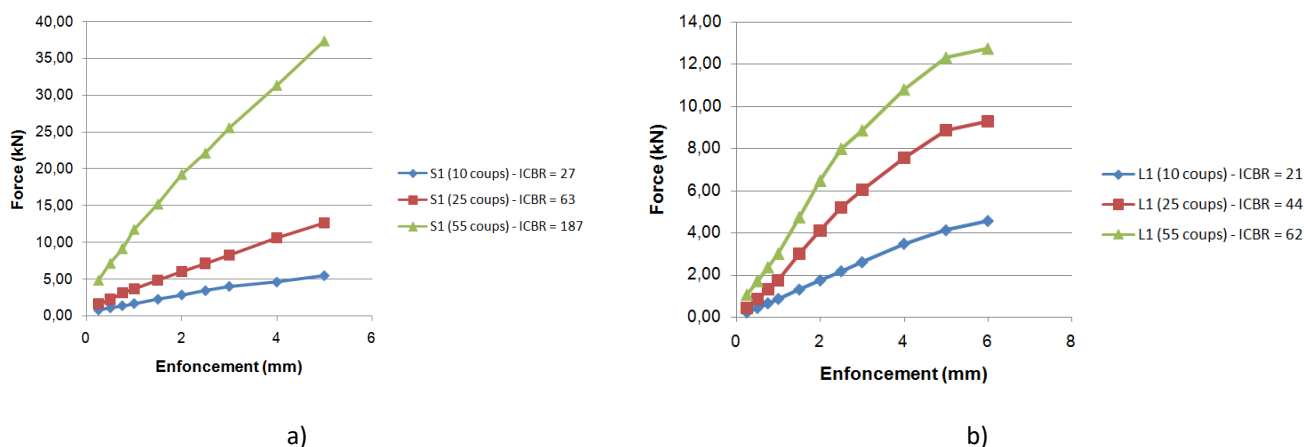


Fig. 1. Courbes effort déformation CBR: prèlèvement S1 de Sindia; b) prèlèvement L1 de Lam-Lam

La forme des courbes a été prise en compte dans la détermination de la valeur de l'indice CBR. Cette dernière est calculée en prenant le maximum entre une valeur déterminée sur la partie linéaire avec un enfoncement du piston de 2,5 mm et d'une valeur déterminée sur la partie non linéaire correspondant à un enfoncement de 5 mm [2].

Les courbes de la figure 1 indiquent clairement que la rigidité des échantillons compactés augmente avec le nombre de coups appliqués (10 coups, 25 coups et 55 coups) pour les compacter.

Pour traduire cette rigidité, les relations de l'essai de plaque et de Van Niekerk seront utilisées pour évaluer le module. Les valeurs trouvées seront ensuite comparées avec celles de la relation : $E = 5 \cdot I_{CBR}$ du CEBTP. (1)

La relation de l'essai de plaque est définie comme suit:

$$E_{\text{plaque}} = \frac{\pi \cdot d}{4} \cdot (1 - \nu^2) \cdot K \quad (2)$$

où E_{plaque} est le module élastique (en MPa); d, le diamètre du piston CBR égal à 0,0496 m; ν, le coefficient de Poisson pris égal à 0,35 pour les matériaux non traités et K, le coefficient de déformabilité (en kN/m^3).

Ce dernier sera assimilé à la pente de la partie quasi linéaire de chaque courbe pour des enfoncements allant de 0 à 2,5 mm et sera calculé à partir de la relation suivante:

$$K = F_{2,5 \text{ mm}} / (S \cdot e) \quad (3)$$

où $F_{2,5mm}$ est la force correspondant à un enfoncement du piston de 2,5 mm (en kN); S , la surface du piston CBR et e , l'enfoncement de 2,5 mm soit 0,0025 m.

Avec ces hypothèses, la relation [2] devient finalement:

$$E_{\text{plaque}} = 0,03417 * K \tag{4}$$

La relation de Van Niekerk (2002) [3] est dérivée des travaux d'Opiyo (1995) et s'appuie sur une distribution conique des contraintes sous le piston, dans le moule CBR (Figure 2).

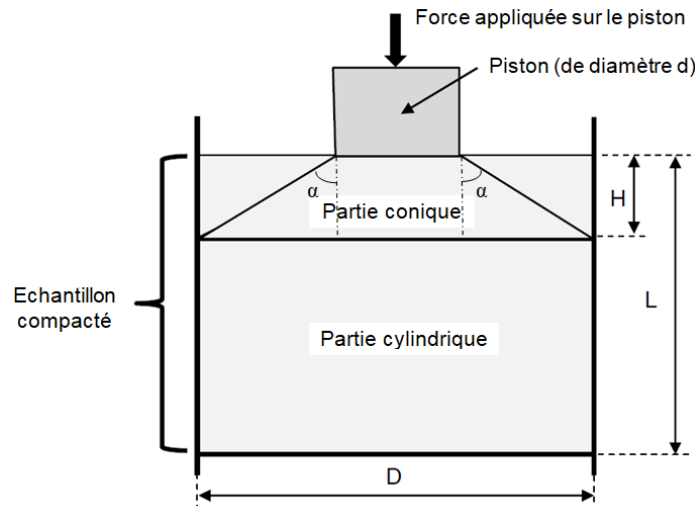


Fig. 2. Répartition des contraintes dans le moule CBR [4]

Elle est donnée, en MPa, par la relation suivante:

$$E_{\text{Niekerk}} = \frac{q * d}{e * D} \left(H + \frac{d * (L - H)}{D} \right) \tag{5}$$

Où q est la contrainte engendrée par le piston CBR (en MPa); D , le diamètre du moule CBR pris égal à 0,152 m; L , la hauteur de l'éprouvette prise égale à 0,116 m et H , la hauteur de la partie conique.

Cette équation montre, cependant, que le module ne peut être calculé que si H est connue. Cela nécessite de déterminer ou d'estimer l'angle de diffusion des contraintes α [3].

Pour les graveleux latéritiques, la valeur de cet angle a été supposée égale à 45 degrés, ce qui donne:

$$H = (D - d) / 2 = (0,152 - 0,0496) / 2 = 0,0512 \text{ m et } E_{\text{Niekerk}} = 0,02361 * K \tag{6}$$

La comparaison des relations [4] et [6] montre que les modules estimés par la relation de van Niekerk sont environ 30% plus faibles que ceux estimés par l'essai de plaque. Cette comparaison montre aussi que les valeurs calculées par la relation $E = 5 * I_{\text{CBR}}$ sont supérieures de 14% à 19% à celles de l'essai de plaque (figure 3).

Les relations ainsi trouvées entre le module E et l'indice CBR s'écrivent sous la forme $E = a * I_{\text{CBR}} + b$ et posent la question de la pertinence de l'utilisation de la relation $E = 5 * I_{\text{CBR}}$ puisqu'une valeur d'indice CBR nulle n'a pas de sens.

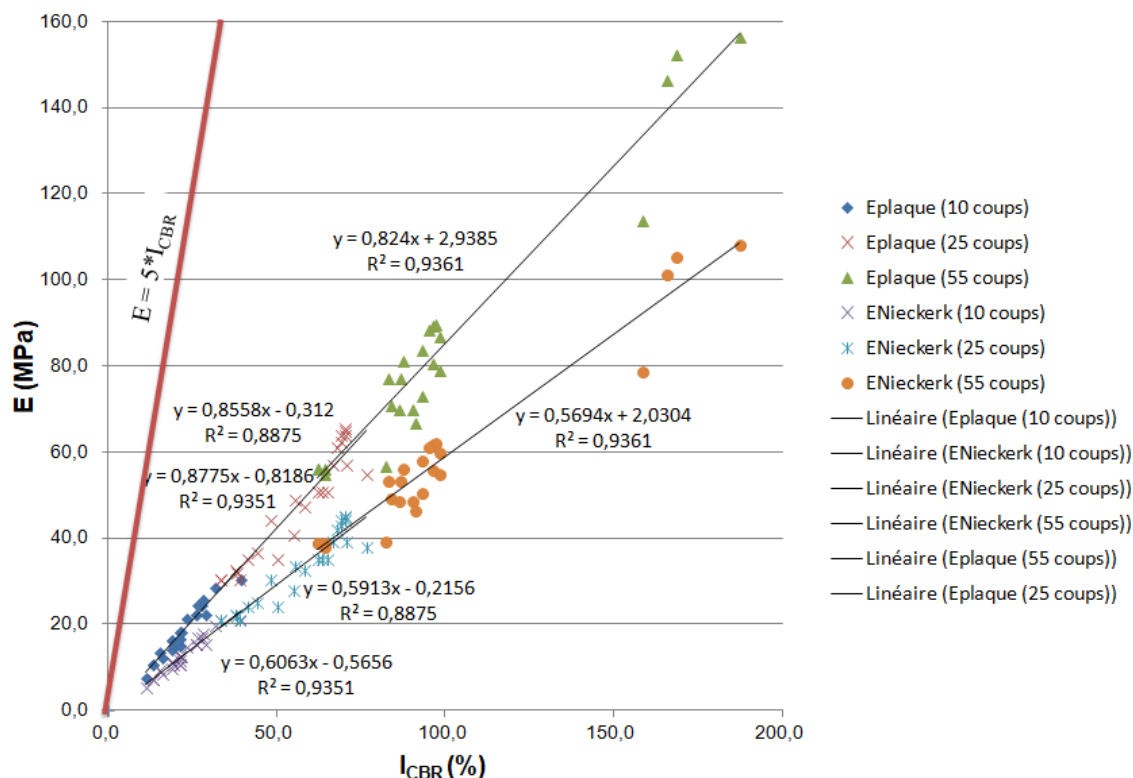


Fig. 3. Corrélations entre les valeurs de module E et d'indices CBR de l'ensemble des données étudiées

Avec ces résultats, une assez bonne corrélation a été notée, pour les latérites de Sindia, entre le module E et la limite de liquidité (w_L) puis entre le module E et l'indice de plasticité (I_p). Ces observations ne sont confirmées pour les latérites de Lam-Lam qu'à 25 coups. Une bonne corrélation a été aussi notée entre le module E et la teneur en eau optimale Proctor modifié (w_{OPM}) pour les latérites de Lam-Lam à 10 et 25 coups (Tableau 1).

Tableau 1. Corrélations entre le module E et les paramètres w_L , I_p et w_{OPM}

Carrières	Modules		w_L	I_p	w_{OPM}
Sindia	Essai plaque et Niekerk (*)	10 coups	-0,522	-0,627	0,281
		25 coups	-0,660	-0,670	0,010
		55 coups	-0,455	-0,466	0,082
Lam-Lam	Essai plaque et Niekerk (*)	10 coups	0,290	0,243	0,501
		25 coups	0,596	0,467	0,609
		55 coups	0,257	0,183	0,061

(*) les coefficients de corrélations indiqués dans le tableau sont les mêmes pour la relation d'essai de plaque et la relation de Van Niekerk.

3 CONCLUSION

Les analyses effectuées dans cette étude portent de bonnes perspectives pour la détermination des caractéristiques réelles des matériaux graveleux latéritiques utilisées pour le dimensionnement des chaussées, à condition d'être comparées à des modules mesurés dans des chaussées réelles réalisées avec les mêmes matériaux. Ce travail a été entrepris.

Les valeurs des modules trouvées expérimentalement en laboratoire suite à l'exploitation des courbes effort-déformation de l'essai CBR sont inférieures dans l'ensemble à celles données par la relation $E = 5 * I_{CBR}$ recommandée par le CEBTP de 1984, ce qui conduirait à un sous-dimensionnement des chaussées en utilisant cette relation.

Ces études devront être appliquées aux valeurs d'indices CBR immédiats, qui correspondent le mieux aux conditions de chantier, afin de confirmer les relations du type $E = a * I_{CBR} + b$ obtenues par les présents travaux.

REFERENCES

- [1] CEBTP, Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux, Ministère de la coopération de la république française, 1984.
- [2] NORME NF P 94-078, Sols - Reconnaissance et essais - Indice CBR après immersion - Indice CBR immédiat - Indice Portant immédiat - Mesure sur échantillon compacté dans le moule CBR, 1997.
- [3] VAN NIEKERK A., Mechanical behavior and performance of granular bases and sub-bases in pavements, Technical University of Delft, 2002.
- [4] MAGNAN J.P., NDIAYE M., Deformability characteristics of compacted lateritic gravels, as obtained from soaked CBR tests, Transportation Geotechnics, vol 5, 2015.