



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Études De Lithostabilisation De La Latérite Avec La Dolérite De Mansadala (Sud-Est Du Sénégal) Pour Une Utilisation En Couche De Base De Chaussée

Ndiaye Massamba, Enseignant-chercheur

École Supérieure Polytechnique (ESP) de Dakar, Dakar, Sénégal

Magnan Jean-Pierre, Professeur

UPE, IFSTTAR, Marne-la-Vallée, France

Cissé Lamine, Ingénieur

Agence des Travaux et de Gestion des Routes du Sénégal (AGEROUTE-Sénégal), Dakar, Sénégal

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n11p59](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n11p59)

Submitted: 22 February 2022

Accepted: 15 March 2022

Published: 31 March 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Massamba N., Jean-Pierre M., & Lamine C., (2022). *Études De Lithostabilisation De La Latérite Avec La Dolérite De Mansadala (Sud-Est Du Sénégal) Pour Une Utilisation En Couche De Base De Chaussée* European Scientific Journal, ESJ, 18 (11), 59.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n11p59>

Abstract

Les sols latéritiques actuellement rencontrés sur le territoire sénégalais répondent mal aux exigences de qualité fixées par les règles de 2015 de l'Agence des Travaux et de Gestion des Routes du Sénégal (AGEROUTE-Sénégal) pour leur emploi en couche de base routière. Pour les utiliser dans cette couche, un traitement est nécessaire dans la plupart des chantiers courants au Sénégal.

Cet article étudie le comportement de ces matériaux latéritiques modifiés par traitement mécanique ou lithostabilisation par ajout de concassé de dolérite en provenance de Mansadala au sud-est du Sénégal. L'ajout de 20 % ou 25 % de ce matériau très peu utilisé en technique routière au Sénégal semble permettre l'utilisation du graveleux latéritique étudié en couche de base.

Mots-clés: traitement mécanique, lithostabilisation, latérite, dolérite, couche de base.

Lithostabilization Studies of Laterite with Dolerite From Mansadala (South-Eastern Senegal) For Use in Pavement Base Courses

Ndiaye Massamba, Enseignant-chercheur

École Supérieure Polytechnique (ESP) de Dakar, Dakar, Sénégal

Magnan Jean-Pierre, Professeur

UPE, IFSTTAR, Marne-la-Vallée, France

Cissé Lamine, Ingénieur

Agence des Travaux et de Gestion des Routes du Sénégal (AGEROUTE-Sénégal), Dakar, Sénégal

Abstract

The lateritic soils currently encountered on Senegalese territory meet very little the quality requirements set by the 2015 rules of the Senegalese Road Works and Management Agency (AGEROUTE-Senegal) for their use as a road base layer. To use them in this layer, a treatment is necessary in most of the current construction sites in Senegal.

This article studies the behaviour of these lateritic materials, modified by mechanical treatment or lithostabilization by adding crushed dolerite from Mansadala in southern Senegal. The addition of 20% or 25% of this very little used material in road engineering in Senegal seems to make it possible to use the lateritic gravel studied as a base layer.

Keywords: mechanical treatment, lithostabilization, laterite, dolerite, base layer.

1. Introduction

L'utilisation des graveleux latéritiques en construction routière au Sénégal est conditionnée par les règles techniques définies dans le « catalogue de structures de chaussées neuves et guide de dimensionnement des chaussées » de l'Agence des Travaux et de Gestion des Routes du Sénégal (AGEROUTE-Sénégal) de 2015. Quand ils ne répondent pas à ces exigences, ces matériaux sont généralement traités au ciment pour les rendre aptes.

L'objet des travaux présentés dans cet article est d'étudier et de proposer la technique de traitement mécanique comme alternative au traitement au ciment, dans le but de valoriser et promouvoir certains types de matériaux jusqu'ici pas ou très peu utilisés en construction routière au Sénégal. Dans ce cadre, le comportement d'un graveleux latéritique prélevé dans la région de

Tambacounda (sud-est du Sénégal) et traité par ajout de concassé de dolérite a été étudié. Les résultats de ces études sont présentés dans ce qui suit.

2. Études de lithostabilisation de la latérite avec la dolérite de Mansadala (Sénégal) pour une utilisation en couche de base de chaussée

2.1. Localisation des prélèvements étudiés

Les matériaux étudiés proviennent de la région de Tambacounda du Sénégal (Figure 1).



Figure 1 : Origine des prélèvements utilisés pour les études de lithostabilisation

La carte géologique du Sénégal (Figure 2) indique l'âge et la nature des différentes roches présentes dans la région de Tambacounda, dont les plus anciennes datent du Birrimien (Précambrien moyen), d'autres de l'ère primaire et les autres de l'ère tertiaire. La dolérite de Mansadala, matériau d'origine volcanique, fait partie des roches du Birrimien.

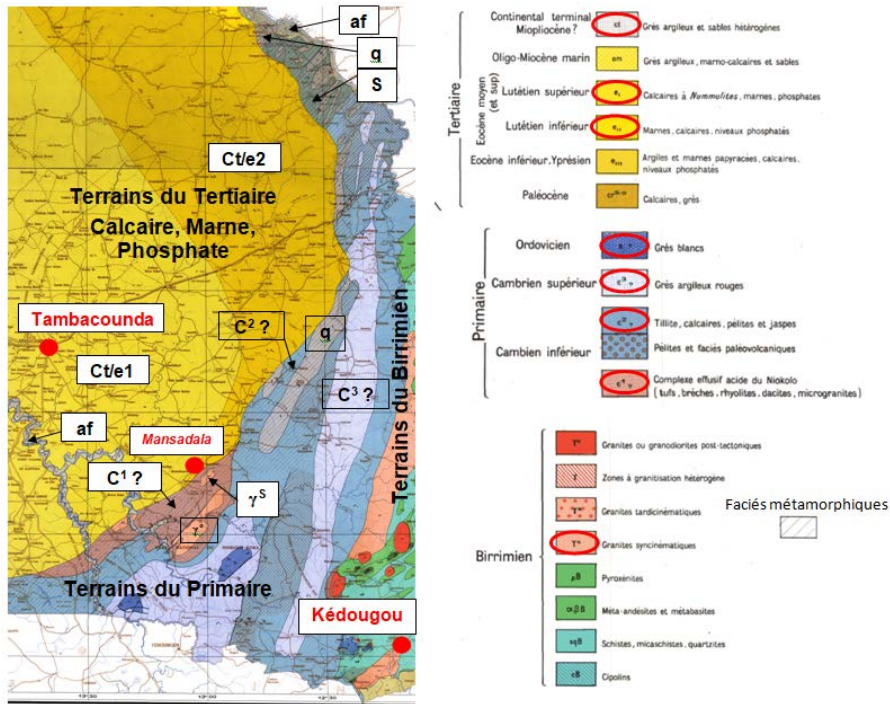


Figure 2 : Aperçu des différentes formations géologiques présentes dans la région de Tambacounda (extrait de la carte géologique du Sénégal établie par le BRGM en 1962)

2.2. Caractérisation géotechnique de la grave latéritique (GL) utilisée pour les études de lithostabilisation

Au Sénégal, le choix des matériaux devant constituer la couche de base se fait par référence aux spécifications du catalogue de structures de chaussées neuves et guide de dimensionnement des chaussées de l'Agence des Travaux et de Gestion des Routes du Sénégal (AGEROUTE-Sénégal) de 2015. Les critères de choix de ces matériaux sont :

- la granulométrie ;
- la valeur de l'indice de plasticité (I_P) et
- les valeurs des caractéristiques de compactage Proctor (w_{OPM} , ρ_{dOPM}) et CBR (I_{CBR}).

La figure 3 montre que la courbe granulométrique de la grave latéritique étudiée s'inscrit dans les fuseaux normatifs de l'AGEROUTE-Sénégal.

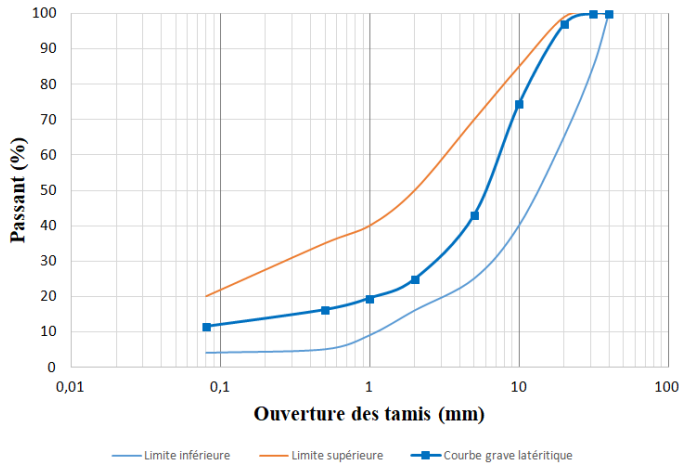


Figure 3 : Représentation de la courbe granulométrique de la grave latéritique étudiée dans le fuseau granulométrique recommandé par l'AGEROUTE-Sénégal pour une utilisation en couche de base de chaussée

Le tableau 1 montre également la conformité des caractéristiques d'indice de plasticité (I_p) et de compactage (w_{OPM} , ρ_{dOPM} et I_{CBR}) de la grave latéritique étudiée aux exigences fixées en couche de base par le catalogue de l'AGEROUTE-Sénégal.

Tableau 1 : Conformité des caractéristiques d'indice de plasticité et de compactage de la grave latéritique étudiée aux exigences fixées en couche de base par l'AGEROUTE-Sénégal

Caractéristiques de la latérite étudiée	Indice de plasticité (I_p)	Essai Proctor		I_{CBR} à 4 jours d'immersion (%)
		w_{OPM} (%)	ρ_{dOPM} (g/cm ³)	
	11,60	9,5	2,052	53
Spécifications AGEROUTE-Sénégal	< 15	-	> 2	- > 60 si trafic faible (NE < 10 ⁷) - > 80 si trafic fort (NE > 10 ⁷)
NE = nombre de cycles de chargement des pneumatiques des véhicules				

Ces résultats montrent que les valeurs d'indice de plasticité et de densité sèche sont toutes conformes aux règles fixées par l'AGEROUTE.

Ils montrent également que la valeur de l'indice CBR (I_{CBR}) obtenue sur le prélèvement est inférieure aux valeurs de 60% (si le trafic est faible) et de 80% (si le trafic est fort) recommandées et qu'il est nécessaire de l'améliorer pour qu'il puisse être utilisé en couche de base.

Dans le cadre de cette étude, la technique de la lithostabilisation avec la dolérite de Mansadala, très présente dans la région de Tambacounda, a été adoptée. Les caractéristiques géotechniques de ce matériau puis les résultats des études de lithostabilisation sont présentées dans ce qui suit.

2.3. Caractéristiques géotechniques de la dolérite de Mansadala (sud-est du Sénégal)

En vue de son utilisation pour lithostabiliser la latérite, les essais suivants ont été réalisés sur la dolérite concassée :

- essai d'analyse granulométrique (norme NF P 94-056) ;
- essai d'équivalent de sable (norme NF EN 933-8) ;
- essai Los Angeles (norme NF EN 1097-2) ;
- essai Micro-Deval en présence d'eau (norme NF EN 1097-1) et
- essai de coefficient d'aplatissement (norme NF EN 933-3).

Les résultats de l'analyse granulométrique montrent que la courbe granulométrique obtenue rentre dans le fuseau normatif prescrit par le catalogue de l'AGEROUTE-Sénégal pour les graves non traitées 0/31,5 (Figure 4).

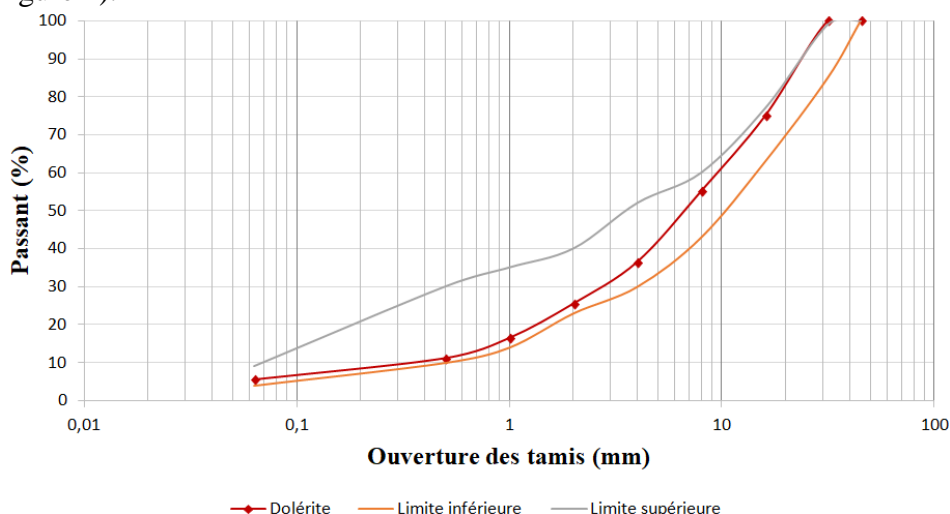


Figure 4 : Représentation de la courbe granulométrique de la dolérite dans le fuseau prescrit par le catalogue l'AGEROUTE-Sénégal pour une utilisation des concassés 0/31,5 en couche de base

Les résultats obtenus montrent également, comme on peut le voir dans le tableau 2, que le concassé de dolérite étudié est propre et présente de bonnes résistances à la fragmentation et à l'usure puisque ses coefficients Los Angeles et Micro-Deval sont respectivement inférieurs aux valeurs de 25% et de 20% exigées pour une utilisation en couche de base. Son coefficient d'aplatissement de 25,6% est inférieur au maximum de 30% recommandé et montre donc que la forme des granulats de dolérite est acceptable pour une utilisation en couche de base.

Tableau 2 : Conformité des caractéristiques mécaniques de la dolérite avec les valeurs recommandées par le catalogue des chaussées neuves du Sénégal de l'AGEROUTE-Sénégal de 2015

Caractéristiques de la dolérite d'ajout	Équivalent de sable (ES)	Los Angeles (LA)	Micro-Deval en présence d'eau (MDE)	Coefficient d'aplatissement (CA)
		70,00	22,07	7,525
Spécifications AGEROUTE-Sénégal	> 50	< 25	< 20	≤ 30

Au regard de ses caractéristiques, le concassé de dolérite pourrait donc être utilisé pour améliorer les performances de la grave latéritique présentée à la section 2.2.

2.4. Étude des performances de la latérite lithostabilisée avec la dolérite de Mansadala (Sénégal)

Dans le but d'apprécier l'influence de l'ajout de concassés de dolérite sur ses propriétés physiques et mécaniques, le graveleux latéritique étudié a été amélioré avec le concassé de dolérite de classe 0/31,5 dans les proportions de 20 %, 25 %, 30 % et 35 %. Chaque formule testée a fait l'objet d'une analyse granulométrique et a été aussi soumise aux essais des limites d'Atterberg, Proctor et CBR.

L'ajout de dolérite a permis de modifier la courbe granulométrique de la latérite étudiée et d'inscrire toutes les courbes des mélanges (latérite + dolérite) dans le fuseau des matériaux pour couche de base de l'AGEROUTE-Sénégal (Figure 5).

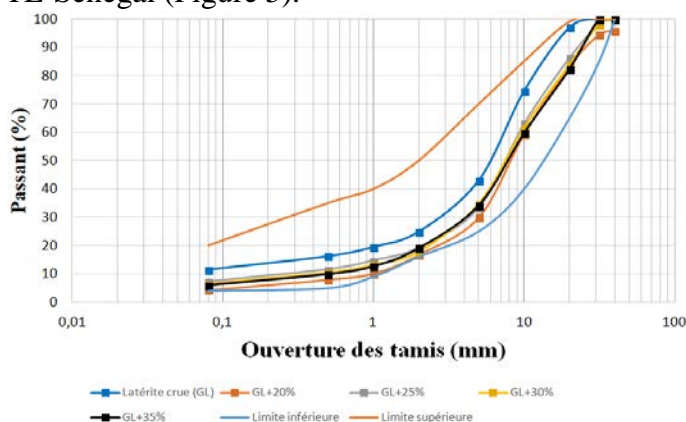


Figure 5 : Représentation des courbes granulométriques des mélanges (latérite + dolérite) sur le fuseau granulométrique du catalogue de structures de chaussées neuves de l'AGEROUTE-Sénégal pour l'utilisation des graveleux latéritiques en couche de base

L'ajout de la dolérite a également produit une évolution des caractéristiques de plasticité et de compactage Proctor et CBR de la latérite étudiée.

2.4.1. Influence de l'ajout de la dolérite sur la plasticité de la latérite étudiée

La figure 6 montre l'évolution de la plasticité du graveleux latéritique étudié en fonction du pourcentage d'ajout du concassé de dolérite 0/31,5. La droite de régression de ces résultats montre que l'indice de plasticité (I_P) diminue quand le pourcentage de dolérite ajoutée augmente.

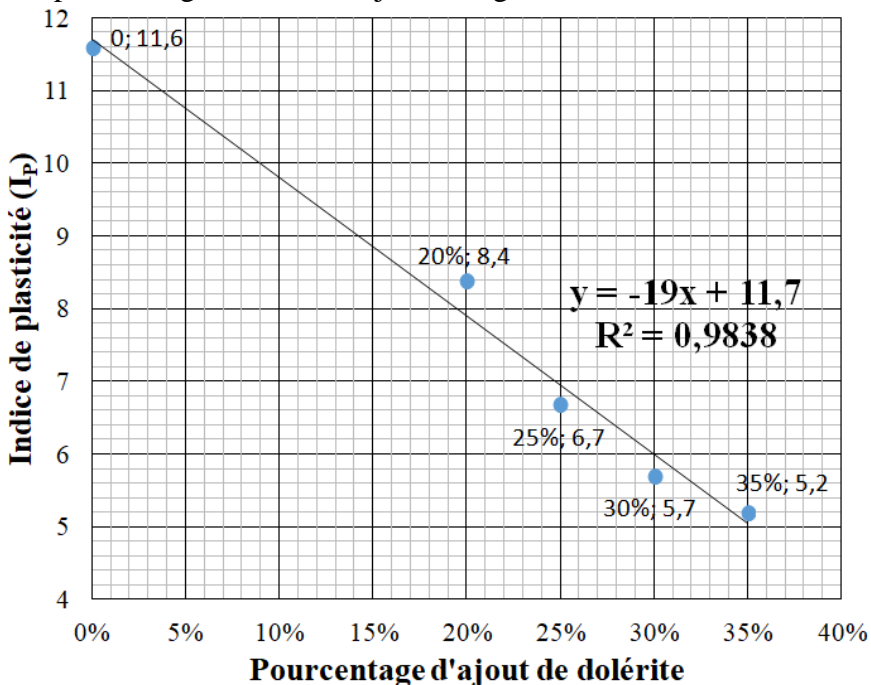


Figure 6 : Évolution de la plasticité en fonction du taux d'ajout de dolérite

Ces résultats confirment les constatations similaires faites par Ahouet et al. en 2019.

Il ressort également de cette analyse que toutes les valeurs d'indice de plasticité (I_P) sont inférieures à la valeur limite de 15 recommandée par le catalogue de l'AGERROUTE-Sénégal de 2015 pour une utilisation de ces mélanges en couche de base.

2.4.2. Influence de l'ajout de la dolérite sur les caractéristiques de compactage Proctor de la latérite étudiée

L'effet de l'ajout de dolérite sur les caractéristiques Proctor (w_{OPM} , ρ_{dOPM}) du graveleux latéritique a été étudié. La figure 7 montre l'évolution de la teneur en eau optimale Proctor (w_{OPM}) en fonction du taux d'ajout du

concassé de dolérite 0/31,5. L'allure de la courbe obtenue montre que toutes les valeurs des teneurs en eau optimale des mélanges (latérite étudiée + dolérite) sont inférieures à la valeur de la teneur en eau optimale de 9,5 % obtenue sur le graveleux latéritique étudié. Ces constatations montrent que toutes les valeurs de teneur en eau des mélanges se situent du côté sec de la courbe Proctor de la latérite étudiée.

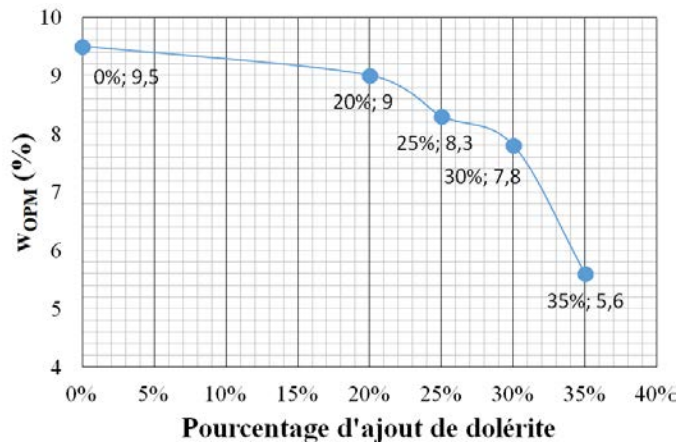


Figure 7 : Évolution de la teneur en eau optimale Proctor (W_{OPM}) en fonction du taux d'ajout du concassé de dolérite 0/31,5

L'évolution de la densité sèche optimale Proctor (ρ_{dOPM}) en fonction de l'augmentation du pourcentage d'ajout du concassé de dolérite est quant à elle montrée par la figure 8. L'allure de la courbe obtenue indique que les valeurs des densités sèches maximales des différents mélanges augmentent en fonction du taux d'ajout de dolérite jusqu'à un pourcentage d'ajout de 30%. Au-delà de cette valeur de 30 %, la densité sèche obtenue à 35 % d'ajout diminue mais reste supérieure à la valeur de 2,052 de la latérite étudiée. Cette augmentation de la densité sèche est due au renforcement du squelette granulométrique des mélanges avec l'ajout des concassés.

Ces constatations confirment les résultats déjà obtenus par Ahouet et al. en 2019 et par Babaliye et al. en 2020.

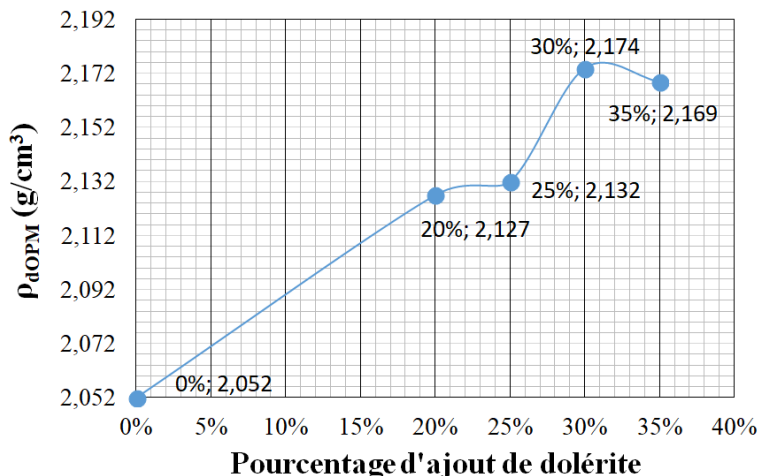


Figure 8 : Évolution de la densité sèche optimale Proctor (ρ_{dOPM}) en fonction du taux d'ajout du concassé de dolérite 0/31,5

Il ressort de cette analyse que toutes les valeurs de densité sèche optimale Proctor (ρ_{dOPM}) sont supérieures à la valeur limite de 2 recommandée par le catalogue de l'AGEROUTE-Sénégal de 2015 pour une utilisation de ces mélanges en couche de base.

2.4.3. Influence de l'ajout de la dolérite sur les caractéristiques de compactage CBR de la latérite étudiée

Les essais conduits ont permis de tracer l'évolution des valeurs de l'indice CBR (I_{CBR}) à 95 % de l'optimum Proctor modifié (OPM) des échantillons testés (Figure 9). Cette figure montre une courbe évolutive dont les valeurs d'indice CBR (I_{CBR}) augmentent jusqu'à une valeur d'ajout de dolérite de 30 %. Au-delà de cette valeur de 30 %, la portance observée à 35 % d'ajout de dolérite diminue. Ces constatations confirment les résultats observés sur la base de la densité sèche.

Elles confirment également les observations faites par Ahouet et al. en 2019 sur la lithostabilisation d'un graveleux latéritique par ajout d'une grave alluvionnaire concassée 0/31,5.

Il ressort également de cette analyse que la relation de la densité sèche avec l'indice CBR est non linéaire et présente un saut pour une densité de 2,13 g/cm³ (Figure 10).

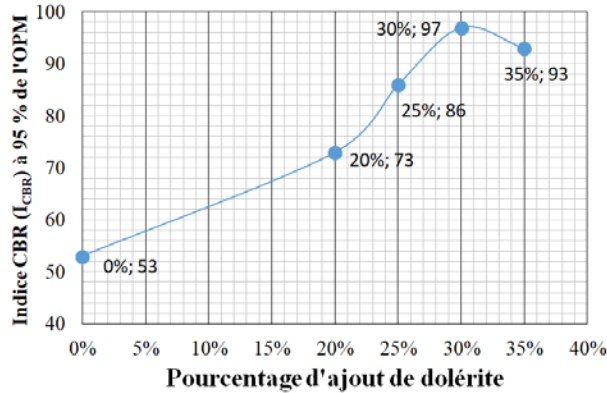


Figure 9 : Évolution des valeurs d'indice CBR (I_{CBR}) à 95 % de l'optimum Proctor modifié (OPM) en fonction du taux d'ajout du concassé de dolérite 0/31,5

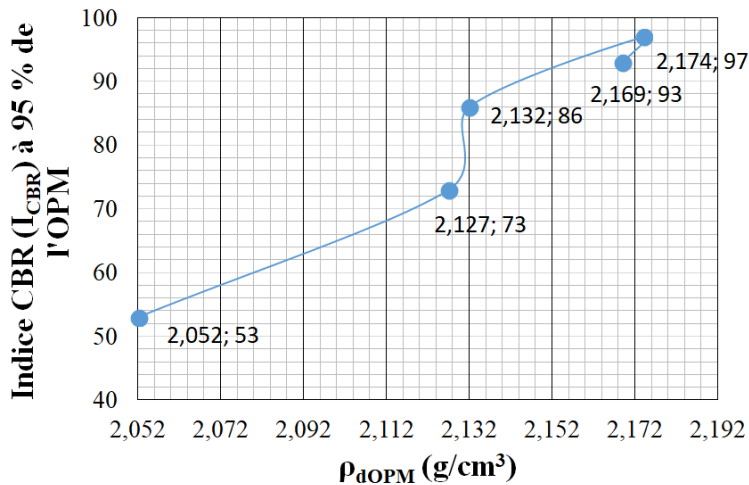


Figure 10 : Évolution des valeurs d'indice CBR (I_{CBR}) à 95 % de l'optimum Proctor modifié (OPM) en fonction des valeurs de la densité sèche optimale Proctor (ρ_{dOPM})

Il ressort enfin de cette analyse que les ajouts de 20 % et de 25 % de dolérite répondent à la fois aux exigences fixées par l'AGEROUTE-Sénégal pour un emploi en couche de base pour trafic faible ($NE < 10^7$ cycles de chargement) et pour un emploi en couche de base pour trafic fort ($NE > 10^7$ cycles de chargement).

3. Conclusions

Ces études montrent que l'ajout de 20 % et 25 % de concassé de dolérite permet de rendre utilisable la grave latéritique étudiée en couche de base. Elles confirment également les constatations faites antérieurement par plusieurs auteurs sur la possible d'améliorer les performances des graveaux latéritiques par ajout d'un autre matériau granulaire (Ndiaye, 2013).

Ces études devront être complétées par des observations sur des routes expérimentales afin de mieux comprendre le comportement de ces matériaux lithostabilisés et de mieux définir les conditions et les dispositions à prendre pour leur bonne mise en place sur les chantiers.

References :

1. AGEROUTE-Sénégal (2015). *Catalogue de structures de chaussées neuves et guide de dimensionnement des chaussées au Sénégal*. 205 pages.
2. Ahouet L., Elenga R. G., Bouyila S., Ngoulou M., Kengue E. (2019). *Amélioration des propriétés géotechniques du graveleux latéritique par ajout de la grave alluvionnaire concassée 0/31,5*. Revues RAMReS-Sciences Appliquées et de l'Ingénieur, volume 3(1), 6 pages.
3. Babaliye O., Houanou K. A., Vianou A., Tchehouali A., Foudjet A. E. (2020). *Litho stabilization of the lateritic gravelly by granite crushed for their use in flexible pavement in Benin*. International Journal of Advanced Research (IJAR), 9 pages.
4. BRGM (1962). *Carte géologique du Sénégal*. Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), 1 page.
5. Ndiaye M. (2013). *Contribution à l'étude de sols latéritiques du Sénégal et du Brésil*. Thèse de doctorat de l'Université Paris-Est et de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 160 pages.
6. Ndiaye M., Magnan J.-P., Cissé I. K., Cissé L. (2013). *Étude de l'amélioration de latérites du Sénégal par ajout de sable*. Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées n° 280-281, 15 pages.
7. Norme NF EN 933-8 *Reconnaissance et essai - Équivalent de sable*.
8. Norme NF EN 1097-2 *Résistance à la fragmentation - Los Angeles*.
9. Norme NF EN 1097-1 *Résistance à l'usure - Micro Deval*.
10. Norme NF EN 933-3 *Détermination de la forme des granulats - Coefficient d'aplatissement*.
11. Norme NF P 94-051 *Sols - Reconnaissance et essais - Détermination des limites d'Atterberg - Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau*.
12. Norme NF P 94-056 *Sols - Reconnaissance et essais - Analyse granulométrique - Méthode par tamisage à sec après lavage*.
13. 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*.
14. Norme NF P 94-093 *Sols - Reconnaissance et essais - Détermination des références de compactage d'un matériau - Essai Proctor modifié - Essai Proctor normal*.