



## ETUDE DE LA STABILISATION DE LATERITE PAR LES LIANTS, VEGETAUX LOCAUX ET ADDITIF POUR LA CONSTRUCTION ROUTIERE

### STUDY OF STABILIZATION OF LATERITY BY BINDERS, LOCAL PLANTS AND ADDITIVES FOR CONSTRUCTION ROAD

| Dolin Flermond Ratsifarehandahy <sup>1\*</sup> | Mamiharijaona Ramaroson <sup>1</sup> | Rajaonah Rabevala <sup>1</sup> | et | Randriamalala Tiana Richard <sup>2</sup> |

<sup>1</sup> Université d'Antsirananana | Ecole Supérieur Polytechnique | Laboratoire de Métallurgie et Chimie | B.P.: 0, 201, ANTSIRANANA | MADAGASCAR |

<sup>2</sup> Chef de Département de Recherche, Développement ET Matériaux au LNTPB Madagascar |

| Received August 02, 2020 |

| Accepted August 10, 2020 |

| Published September 17, 2020 |

| ID Article Ramaroson-Ref.3-ajira040920 |

#### RESUME

**Contexte :** L'utilisation en construction routière des graveleuses latéritiques présentes un intérêt évident dans les pays tropicaux et tout particulièrement au Madagascar. La valorisation des sols naturels de la ville d'Ambakirano Ambilobe Madagascar de projet routier est indispensable par l'utilisation d'un liant végétale avec additif, dont les caractéristiques sont comparées aux spécifications du CEBTP de 1972 pour les routes à faible trafic en zone tropicale. **Objectif :** Utilisation d'un nouveau matériau pour la construction routière. **Méthode :** Des prélèvements des échantillonnages de sols sur site dans l'emprunt d'Ambakirano en vue de caractériser les paramètres géotechniques du matériau à l'état brut et amélioration au liant végétaux. Nous avons utilisé la teneur en liants (2%, 4% et 6%). Les études expérimentales confirment la pertinence d'un mélange voisin de 4% pour le CBR3C PLUS et la CBR2CA PLUS et 5% pour la CBR2A PLUS et permettra d'améliorer efficacement les propriétés géotechniques de ces matériaux pour une application en couche de forme et couche de fondation. Nous avons fait la vérification de calcul à l'ALIZE 3 pour vérifier les contraintes de différentes couches. **Résultat :** Nous avons obtenus pour la teneur en liant de 4% au CBR3C PLUS une augmentation de trois fois plus en CBR par rapport au sol initial, il réduit le gonflement et l'Indice de Plasticité IP. Le CBR2C PLUS augmente beaucoup la résistance à la compression et à la traction par contre le gonflement est constant. Par conséquent l'épaisseur de la couche non traitée de 50cm est réduite à 20 cm couche traitée. **Conclusion :** on a constaté que les liants végétaux augmentent la CBR, la résistance à la compression et en traction, il réduit l'indice de plasticité, c'est un produit hydrophobe ; il est écologique. L'utilisation de ce liant permet de réduire l'épaisseur de la couche de fondation traitée par rapport à la couche de fondation non traitée de la route étudiée.

**Mots clés :** sols, liant végétal, couche de fondation, essai de compression.

#### ABSTRACT

**Context:** The use in road construction of lateritic gravels is of obvious interest in tropical countries and particularly in Madagascar. The valuation of the natural soils of the city of Ambakirano Ambilobe Madagascar road project is essential by the use of a vegetable binder with additive, the characteristics of which are compared to the specifications of the CEBTP of 1972 for low traffic roads in tropical zones. **Objective:** Use of a new material for road construction. **Method:** Taking soil samples on site in the Ambakirano in order to characterize the geotechnical parameters of the material in the raw state and improvement with the plant binder. We used the binder content (2%, 4% and 6%). Experimental studies confirm the relevance of a mixture close to 4% for CBR3C PLUS and CBR2CA PLUS and 5% for CBR2A PLUS and will effectively improve the geotechnical properties of these materials for an application in subgrade and layer foundation. We did the design check at ALIZE 3 to check the stresses of different layers. **Result:** For the binder content of 4% in CBR3C PLUS, we obtained a three-fold increase in CBR compared to the initial soil; it reduces swelling, the IP Plasticity Index. The CBR2C PLUS greatly increases the compressive and tensile strength, on the other hand the swelling is constant. Therefore the thickness of the untreated layer of 50cm is reduced to 20cm of the treated layer. **Conclusion:** it has been observed that the plant binders increase the CBR, the compressive and tensile strength; it reduces the hydrophobic plasticity index; it is ecological. The use of this binder reduces the thickness of the foundation layer of the road under study.

**Mots clés :** soils, vegetable binder, Foundation layer, compression test

## 1. INTRODUCTION

Le besoin universel de protéger l'environnement et de bien gérer les ressources naturelles, nécessite d'établir des nouvelles lois et d'adapter des nouveaux concepts. La valorisation des matériaux naturels et le recyclage des déchets sont un moyen efficace face aux contraintes d'ordres économiques et écologiques de ces dernières années. Depuis plusieurs décennies, Les sols les plus utilisés en construction routière en Afrique, au sud du Sahara, sont des sols latéritiques. Certaines classes de ces sols sont utilisées en corps de chaussées (couches de base, couches de fondation et couche de forme) [LYO 71], [CEB 84]. La stabilisation de la latérite par différentes technologies permet d'augmenter les performances mécaniques et les propriétés de durabilité. Les études entreprises par quelques chercheurs ont permis de confirmer ces améliorations.

Les études de la qualité et les conditions d'utilisation de graveleux latéritiques de la carrière de Sindia (région de Thiès) ont été utilisés en géotechnique routière dans la partie occidentale du Sénégal. La faible valeur de portance,

de la résistance à la compression simple et du module d'élasticité, compatibles à une utilisation en couche de fondation d'une chaussée routière, sont les aspects les plus caractéristiques du matériau cru (brut). Les études expérimentales confirment la pertinence de l'emploi des éprouvettes 10/20 pour les essais d'écrasement et font apparaître qu'un traitement au ciment (avec un mélange voisin de 4 %) permettrait d'améliorer efficacement les propriétés géotechniques de ces matériaux pour une application en couche de base. Un calcul de dimensionnement intégrant les résultats expérimentaux illustre la possibilité d'une utilisation de ces matériaux pour l'élaboration d'une structure de chaussée de type T3+ ou T2- [1].

Les études des mélanges des latérites avec des matériaux granulaires comme du sable ou des matériaux concassés permettent d'améliorer leurs propriétés pour les rendre compatibles avec une utilisation routière. Il rend compte des essais effectués sur deux latérites du Sénégal, traitées par ajout de sable de dune, et dont les caractéristiques sont comparées aux spécifications du CEBTP de 1972 pour les routes à faible trafic en zone tropicale. La litho stabilisation avait pour objectif de diminuer l'indice de plasticité, tout en conservant la valeur de l'indice CBR et en vérifiant que la courbe granulométrique reste dans le fuseau spécifié pour une utilisation en couche de fondation ou couche de base de route à faible trafic. L'étude montre que l'indice CBR réagit différemment d'une latérite à l'autre et commente l'évolution possible des spécifications pour tenir compte de l'expérience des dernières décennies [2].

L'étude de présentation des résultats d'une étude minéralogique et géotechnique de sols latéritiques du Niger utilisés en construction routière nous montre qu'il existe une technique d'amélioration des sols latéritiques à partir d'un traitement utilisant des nodules de ces sols latéritiques pris in situ. Cette technique entre dans le cadre des méthodes communément appelées "méthodes de litho-stabilisation". L'amélioration des paramètres géotechniques et de portance des matériaux latéritiques par les nodules est discutée à la lumière d'observations chimiques et minéralogiques à l'aide d'un Microscope Electronique à Balayage Environnemental (MEB-E) couplé à un spectromètre à rayons X à dispersion d'énergie [3].

Madagascar est parmi les pays tropicaux de même formation géologique et présentant un problème afférent pour la construction de la route. La route nationale RN5a reliant Ambilobe Vohemar est à majorité Limoneux Argileux à faible performance mécanique. Elle est une route à trafic plus important, RN5a relie deux régions, c'est une région à intérêt économique très important pour Madagascar (Vanille, Cacao, riz, Coco, produit de mer...). Actuellement cette zone est inaccessible pendant la saison de pluie. Le projet de réhabilitation nous incite à faire affronter le problème de la plus-value de transport dû au manque de bons matériaux à l'environnement. Pour cette raison, nous avons essayé de faire l'étude de stabilisation de sols aux à l'entour avec des liants végétaux produits localement dont les matières premières sont en opulences dans cette région.

## 2. MATERIELS AND METHODES

### 2.1 Matériels

On a utilisé de latérite sur l'emprunt d'Ambakirano situé à 16,50km d'Ambilobe vers la RN5a. Les caractéristiques qu'elle offre de façon naturelle, tant sur le plan physico-chimique que sur le plan économique trouve un éventail toujours croissant de domaines de stabilisation.



Figure 1: Latérite d'Ambakirano Ambilobe Madagascar.

Tableau 1 : Résultat des analyses chimiques des échantillons prélevés à Ambakirano (Auteur. 2020)

N° Echantillon	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Perte au feu
01	31,55	26,94	26,11	4,50	0,23	0,08	0,51	11,29
02	31,4	25,93	23,75	4,20	0,21	0,09	0,53	12,11

### 2.2 Méthode

Un échantillonnage de latérite a été effectué dans l'emprunt d'Ambakirano pour faire des essais au laboratoire en vue de caractériser les paramètres géotechniques du matériau à l'état brut et après amélioration au CBR3C PLUS et au CBR2A PLUS. Les travaux ont consisté à des essais normalisés d'identification et de comportement mécanique au laboratoire LNTPB Madagascar. Les études expérimentales confirment la pertinence de l'emploi des éprouvettes 10/20 pour les essais d'écrasement et font apparaître qu'un traitement au CBR3C PLUS, CBR2A PLUS et au CBR2AC PLUS

(avec un mélange voisin de 4%) permettrait d'améliorer efficacement les propriétés géotechniques de ces matériaux pour une application en couche de forme et couche de fondation.

### 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

#### 3.1 Essais sur les matériaux bruts

**Essais d'identification.** Les résultats sont récapitulés dans le Tableau 2. La teneur en eau naturelle (3%) témoigne d'un faible état d'humidité du terrain [1]. Les résultats de l'analyse granulométrique (Figure 2) indiquent un pourcentage de fines inférieur à 22%.

Cette fraction fine est constituée essentiellement de particules minérales associées à la matière organique (environ 4,12 %). Les résultats des essais aux limites d'Atterberg figurés dans le Tableau 2 ( $WL = 48,4$  ;  $WP = 35,7$  ;  $IP = 12$ ) classent cette fraction fine dans la catégorie des argiles inorganiques moyennement plastiques de l'abaque de plasticité de Casagrande. D'autre part, les valeurs de bleu mesurées sont voisines à 1,5 indiquant une faible capacité d'adsorption de celle-ci [5,6] ; en d'autres termes, on peut admettre la présence d'une faible fraction d'argiles gonflantes au sein des fines. La valeur numérique du diamètre équivalent  $D_{10}$  de la fraction 10 - 20 mm est passée de 10,5 mm à 0,6 mm à l'issue de l'essai de compactage, dévoilant ainsi une grande fragmentabilité du matériau ( $FR = 16,5$ ). D'autre part, elle est passée de 10,5 mm à 7 mm après l'essai d'immersion-séchage, témoignant ainsi d'une propension modérée du matériau brut à se dégrader (dégradabilité,  $DG = 1,5$ ). Ceci indique un pourcentage de fines inférieur à 22% [5,6].

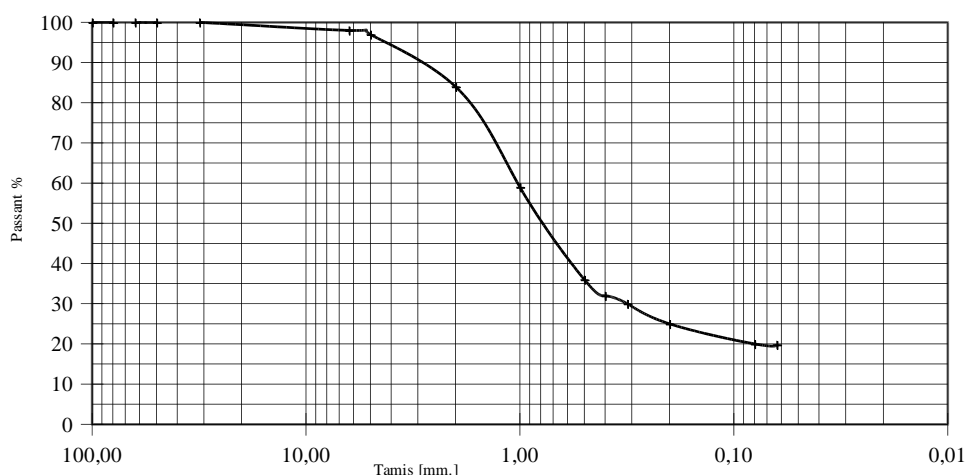


Figure 2 : Courbe granulométrique cumulative du matériau.

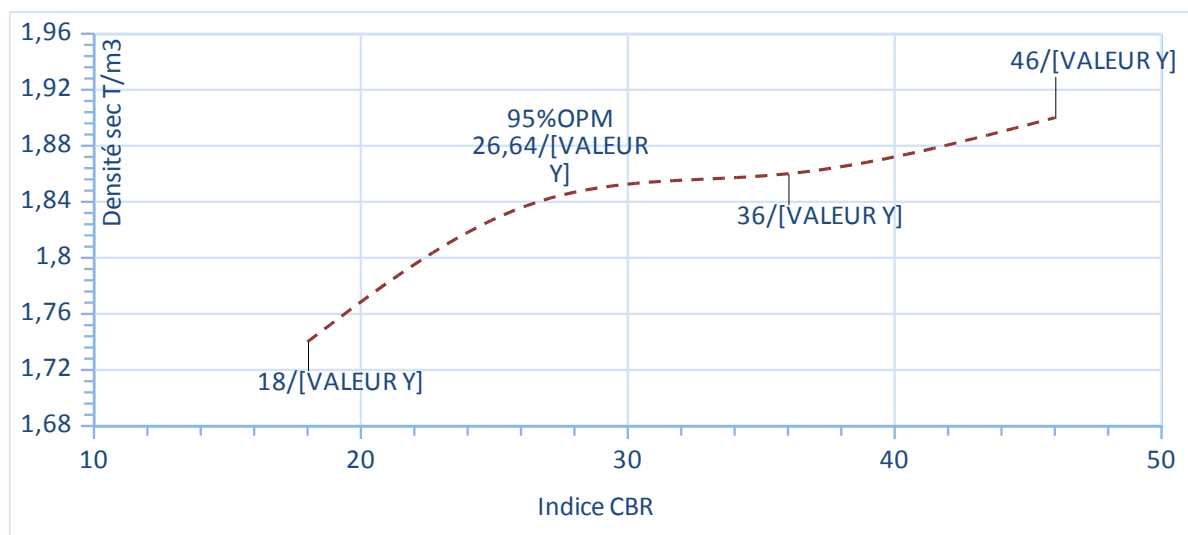
Tableau 2 : Principaux résultats des essais d'identification.

Type d'essai	unités	Résultats des essais
Teneur en eau W	W %	3%
Granulométrie	$\phi$ Tamis (mm)	% Passant
	2	25
	0,08	8 %
Valeur de Bleu de Méthylène	VBS	1,5
Limites d'Atterberg	WL	48,4
	WP	35,7
	IP	12
	IC	2,0
Proctor modifié	$\gamma_d$	1,92 (T/m <sup>3</sup> )
	W	12,1 (%)
CBR	$\gamma_d$ à 95% OPM	1,94 (T/m <sup>3</sup> )
	CBR immédiat	42
	CBR imbibition	27
Fragmentabilité	FR	16,5
Dégradabilité	DG	1,5
Teneur en matière organique	MO	4,12 (%)

**WL** : Limite de liquidité ; **WP** : Limite de plasticité ; **Ip** : Indice de plasticité ; **W** : Teneur en eau initiale ; **IC** : Indice de consistance ;  $\gamma_d$  : densité maximale ; **FR** : Fragmentabilité ; **DG** : Teneur en matière organique ; **WL** : Limite de liquidité ; **WP** : Limite de plasticité ; **W** : Teneur en eau initiale ; **DG** : Dégradabilité ; **MO** : Matière Organique

**Essais de comportement mécanique.** Les résultats de l'essai Proctor (Tableau 2) révèlent que la masse volumique sèche maximale 1,92 (T/m<sup>3</sup>) est obtenue pour une teneur en eau optimale de 12,1 (%). Ce qui indique qu'une bonne mise en œuvre du matériau pourrait améliorer sa résistance au cisaillement [5]. La valeur de l'indice de CBR immédiat est de 42. La Figure 3 donne les caractéristiques de la courbe des essais CBR après 4 jours d'imbibition.

L'indice portant CBR déterminé à 95% de l'OPM est de 26,64, une valeur qui est en dessous de la spécification (**CBR > 30**) pour la couche de fondation généralement requise d'une route à faible trafic [5, 6, 8]. Ces résultats montrent de fait une faible portance du matériau brut, et donc leur possibilité d'utilisation en couche de forme routière.



**Figure 3 :** Courbe des essais CBR sur l'échantillon brut après immersion (4 jours dans l'eau).  
CBR : California Bearing Ratio.

**Tableau 3 :** Résultats des essais de comportement mécanique sur deux échantillons (E1 et E2).

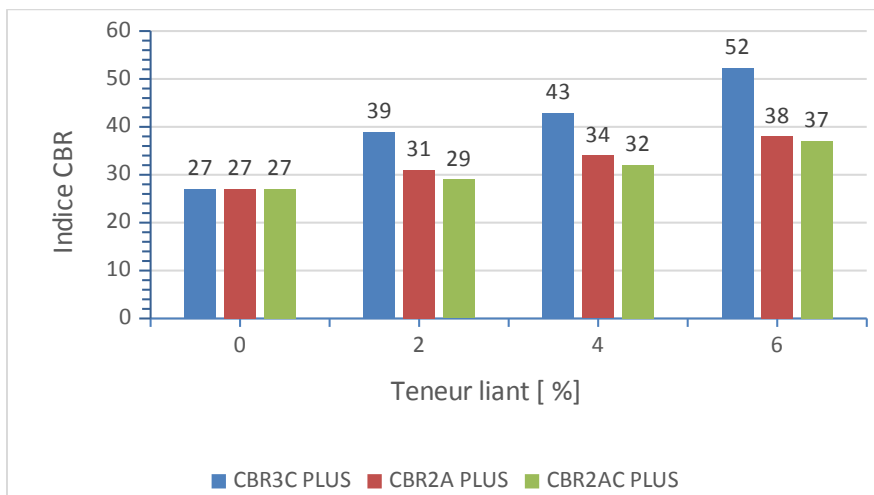
Paramètres	Eprouvettes	
	E1	E2
<b>Compacité</b>	94,65 %	95,0%
<b>Résistance à la compression simple (RC)</b>	0,41 MPa	0,45 MPa
	(Moyenne = 0,43 MPa)	
<b>Module d'élasticité (EC) à 30%</b>	115 MPa	140 MPa
	(Moyenne = 127,5 MPa)	

Ces valeurs s'accordent avec celles obtenues par les auteurs de carrières de latérites du Sénégal occidental, [4, 7, 8], dont les études ont montré la nécessité absolue d'un traitement au CBR3C PLUS et CBR2A PLUS te CBR2AC PLUS de ces latérites pour améliorer leur portance. Cet aspect est abordé au paragraphe suivant.

### 3.2 Essais sur les matériaux traités aux liants végétaux

**Essais de comportement.** Les résultats des essais Proctor et CBR réalisés sur les échantillons de matériau traité au CBR3C PLUS et CBR2A PLUS te CBR2AC PLUS aux doses de **(0, 2, 4 et 6%)** sont présentés sur le graphique ci-dessous.

Les valeurs de CBR après imbibition montrent une augmentation en fonction de la dose des liants. Nous n'observons également que la condition généralement requise pour une utilisation en couche de fondation (indice CBR > 30 après 4 jours d'imbibition) [5] et [6]. On a déjà obtenu une CBR, par rapport à la spécification supérieure à 30, avec 2% de liant mais l'idéal est avec un traitement de 4%. En outre, les gonflements sont diminués.



**Figure 4 :** Evolution du CBR en fonction de la dose en CBRC3 PLUS, CBRC2 PLUS et CBR2AC PLUS de l'échantillon

L'indice de plasticité et le gonflement sont améliorés par l'utilisation de ce liant. Le résultat sont récapitulé dans le tableau 6.

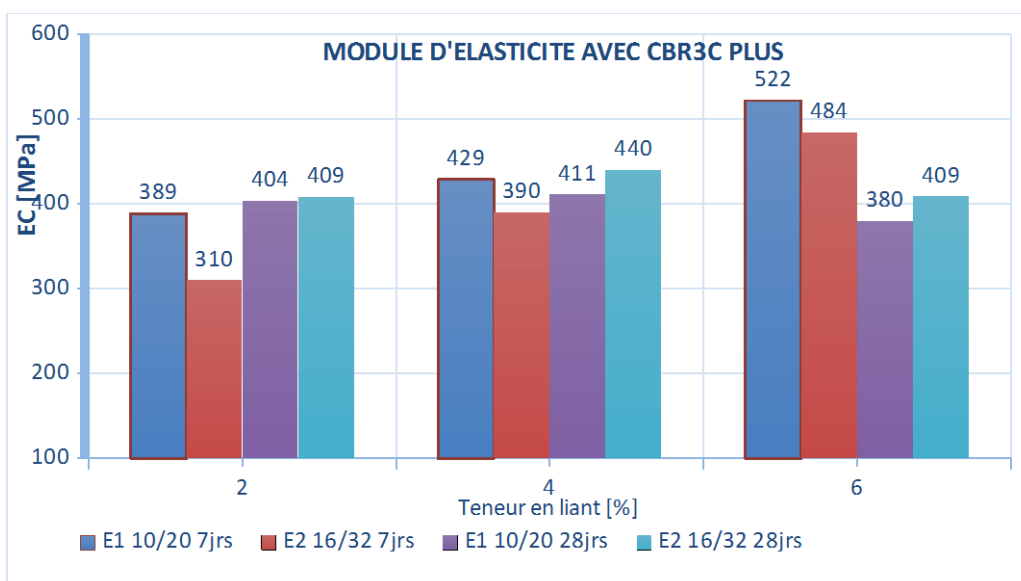
**Tableau 4 :** Résultats de l'indice de plasticité et le gonflement.

Teneur en liant [%]	Liant1				Liant2				Liant1+Liant2			
	0%	2%	4%	6%	0%	2%	4%	6%	0%	2%	4%	6%
Indice de plasticité IP	12	10	9	8	12,1	13,4	13,2	13,3	12	10,5	9,2	8,5
Gonflement (%)	0,48	0,42	0,38	0,31	0,48	0,45	0,43	0,41	0,48	0,46	0,42	0,40

La mesure du module d'Young ont permet d'obtenir le résultat suivant.

**Tableau 5 :** Valeurs de module d'Young.

Module d'Young EC à 25°C (MPa)										
		Liant1			Liant2			Liant1+Liant2		
Age	Type d'éprouvette	2%	4%	6%	2%	4%	6%	2%	4%	6%
7 jours	Dimension 10/20	388,9	428,9	522,1	385,6	414,1	480,8	214,6	365,52	341,8
	Dimension 16/32	153,9	533,2	484,5	259,2	374,3	404,8	169,9	386,32	346,8
28 jours	Dimension 10/20	403,7	411,4	379,7	298,7	341,4	339,68	341,7	404,08	427,6
	Dimension 16/32	408,6	540,2	408,9	324,7	352,2	368,96	316,6	336,16	376,9



**Figure 5 :** Relation entre valeurs du module d'élasticité et doses en CBR3C PLUS des échantillons testés (éprouvettes 10/20 et 16/32 à 7 et 28 jours d'âge.



Compte tenu des résultats obtenus le paramètre suivant a été calculé

**Tableau 6** : Paramètres d'entrée pour le modèle de dimensionnement routier envisagé.

Couche	Matériau	Epaisseur (m)	Module E à 25°C (MPa)	Coefficient de Poisson $\nu$
Revêtement	Béton bitumineux	0,06	1760	0,35
Couche de base	Graveleux latéritiques	0,25	12000	0,25
Couche de Fondation	Latérite + 2% Cactus	0,20	389	0,35
	Latérite + 4% Cactus	0,20	429	0,35
	Latérite + 6% Cactus	0,20	522	0,35
Plateforme ou sol-support	Plateforme de type PF3 ; CBR = 30	Infinie	150	0,35

CBR : California Bearing Ratio ; PF3 : Plateforme type 3.

### 3.3 Elaboration d'un modèle de structure de chaussée

La méthode ALIZE 3 a été appliquée pour un dimensionnement routier fondé sur les résultats issus des études expérimentales réalisées sur le matériau de l'emprunt d'Ambakirano. Les paramètres d'entrée du modèle de la structure envisagée sont récapitulés dans le Tableau 6.

Le Tableau 7 reproduit les résultats du calcul pour cette modélisation. Les résultats démontrent que la valeur de la déformation horizontale à la base du revêtement bitumineux ( $\epsilon_t$ ), celle de la contrainte de traction à la base de la couche de base ( $\sigma_t$ ) ainsi que celle de la déformation verticale à la base de la couche de fondation ( $\epsilon_z$ ) sont toutes inférieures aux valeurs admissibles. Il ressort de l'analyse des résultats du modèle que, suivant la dose en CBR3C PLUS proposée pour le traitement du matériau, la valeur de  $\epsilon_t$  peut être qualifiée de « modérée », celle de  $\sigma_t$  de « moyenne à très importante » et celle  $\epsilon_z$  de « moyenne à importante ».

Nous en déduisons que le modèle de configuration de la structure de chaussée a été correctement dimensionné pour supporter un trafic de type T3 comme la RN5a Ambilobe – Vohemar.

**Tableau 7** : Résultats de la modélisation du dimensionnement routier envisagé

Couche		Revêtement	Couche de base	Couche de fondation
Contraintes et déformations		$\epsilon_t$ ( $10^{-6}$ mm)	$\sigma_t$ (MPa)	$\epsilon_z$ ( $10^{-6}$ mm)
<b>Valeurs admissibles</b>		<b>195,7</b>	<b>0,824</b>	<b>972</b>
Valeurs obtenues avec jus de cactus	Latérite + 2%	50,70	0,668	138,10
	Latérite + 4%	51,30	0,657	138,40
	Latérite + 6%	52,00	0,636	138,40

## 4. CONCLUSION

L'utilisation de ces nouveaux liants (CBR3C PLUS, CBR2A PLUS et CBR2AC PLUS) permet d'avoir beaucoup d'avantage :

- 1-Augmentation de deux fois plus de CBR, de la résistance à la compression et en traction, hydrophobant,
- 2-Diminue le gonflement et l'Indice de plasticité.
- 3-Il diminue l'épaisseur de la couche fondation de la chaussée à 20 cm avec un dosage de 4% par contre cette couche est de 50 cm pour le sol non traité. La valeur du CBR que nous avons obtenu est de 42. Ce qui est compatible à la valeur préconisée par la norme (CBR > 30). Ce qui représente deux fois (2x) la CBR initiale. D'autre auteur fait le traitement au ciment avec un mélange voisin de 4 %, leur CBR est un et demie fois (1.5x) la CBR initiale pour le Carrière de Sindia et Lam-Lam au Sénégal. L'utilisation des liants végétaux est rentable économiquement et écologiquement.
- 4-L'utilisation de ce sol en couche de fondation d'une structure de chaussées à trafic de type T3 comme RN5a doit tenir compte d'un traitement au CBR3C PLUS à une dose estimée à environ 4%. En perspective, pour compléter les propriétés de ce nouveau matériau nous devons encore déterminer la dégradation, retrait, fissure et déflexion après la mise en circulation.

**Acronymes** : **CBR3C PLUS** : Liant 01 ; **CBR2A PLUS**: Liant 02 ; **CBR2AC PLUS**: Mélange Liant 01 + Liant 02  
**CBR**: California Bearing Ratio; **OPM**: Optimum Proctor Modifié.

## 5. REFERENCES

- [1] Seybatou Diop, Momar Samb, Fary Diome, Meissa Fall, Qualité et les conditions d'utilisation de graveleux latéritiques de la carrière de Sindia (Région de Rhiés) utilisent en géotechnique routière dans la partie occidentale du Sénégal. *Revue du CAMES*. 2014 ; 1(2): 79-85. Available : <http://publication.lecames.org/www.sciencepublishinggroup.com> > .
- [2] Massamba Ndiaye, Jean-Pierre Magnan, Ibrahima Khalil Cissé et Lamine Cissé, étude le mélange des latérites avec des matériaux granulaires comme du sable ou des matériaux concassés permet d'améliorer leurs propriétés pour les rendre compatibles avec une utilisation routière. *Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées*. 2013 ; (280-281):123-137. Available: [https://www.ifsttar.fr/collections/BLPCarticles/ficheBLPC\\_280-281\\_pp123-137.html](https://www.ifsttar.fr/collections/BLPCarticles/ficheBLPC_280-281_pp123-137.html)
- [3] Mahamadou Souley Issiakou, Nadia Saiyouri, Yannick Anguy, Cecile Gaborieau, Richard Fabre, résultats d'une étude minéralogique et géotechnique de sols latéritiques du Niger utilisés en construction routière. *hal-01167576*. Available : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01167576>
- [4] Diop A. Détermination des caractéristiques couches de chaussée et dimensionnement de la structure de chaussée de la route Tivaouane – Touba Toul – Khombole.-*Mem.istn°273.fst, Université cheikh Anta Diop de Dakar*, 2013 , 54 p., Dakar, Sénégal. Available: [https://www.researchgate.net/publication/271829310\\_Etude\\_de\\_caracterisation\\_des\\_materiaux\\_de\\_la\\_carriere\\_de\\_Sindia\\_Senegal\\_occidental\\_pour\\_une\\_utilisation\\_en\\_geotechnique\\_routiere](https://www.researchgate.net/publication/271829310_Etude_de_caracterisation_des_materiaux_de_la_carriere_de_Sindia_Senegal_occidental_pour_une_utilisation_en_geotechnique_routiere)
- [5] Docum. Technique, le traitement des sols a la chaux pour l'exécution des remblais et des couches de forme, centre d'information sur le ciment et ces applications, 2004. Available : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00010521/document>
- [6] CEBTP. Manuel de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux. Secrétariat d'état aux affaires étrangères charge de la coopération, 1972, 51 pages. [http://www.francescomiceli.com/blog/Guide\\_pratique\\_dimensionnement.pdf](http://www.francescomiceli.com/blog/Guide_pratique_dimensionnement.pdf)
- [7] Fall M., Tisot J. P. et Cisse I. K. Comportement mécanique à l'appareil de cisaillement de casagrande de trois graveleux latéritiques compactes provenant du Sénégal occidental. *Bulletin de géologie de l'ingénieur*. 1995 ; (52):59-73. [publication.lecames.org > ing > article > viewFile](http://publication.lecames.org/ing/article/viewFile)
- [8] Drame N. Etude expérimentale de la lithostabilisation et de l'amélioration au ciment des graveleux latéritiques de Lam-Lam et de mont-Roland pour leur utilisation en construction routière - Memoire.ist n° 278, fst, Université cheikh Anta diop de dakar. 2013, 40 p., Dakar, Sénégal. [www.researchgate.net > publication > 271829310\\_Etude\\_\(PDF\)\\_Etude\\_de\\_caract%C3%A9risation\\_des\\_m%C3%A9tiers\\_de\\_la\\_carri%C3%A8re...](http://www.researchgate.net/publication/271829310_Etude_(PDF)_Etude_de_caract%C3%A9risation_des_m%C3%A9tiers_de_la_carri%C3%A8re...)



Cite this article: **Dolin Flermond Ratsifarehandahy, Mamiharijaona Ramaroson, Rajaonah Rabevala, et Randriamalala Tiana Richard.** ETUDE DE LA STABILISATION DE LATERITE PAR LES LIANTS, VEGETAUX LOCAUX ET ADDITIF POUR LA CONSTRUCTION ROUTIERE. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2020; 11(3):180-186.

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>