



Caractérisation géotechnique de matériaux améliorés au liant végétal le néré (*Parkia biglobosa*) pour la stabilisation des sols routiers en Côte d'Ivoire

[Geotechnical characterization of improved materials to the plant binder néré (*Parkia biglobosa*) for the stabilization of road soils in Côte d'Ivoire]

N'dri B. E., Koudou A. *, Djomo A. S. & Djole, J.-B. W.

Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa (Côte d'Ivoire), UFR Environnement, Département des Sciences de la Terre, Laboratoire des Sciences et Technologies de l'Environnement (LSTE), B.P. 500 Daloa (Côte d'Ivoire).

Résumé

Le développement des infrastructures routières en matière de construction, d'amélioration et d'entretien exige l'amélioration des propriétés mécaniques et/ou chimiques des matériaux. L'objectif principal de la présente étude est de caractériser des matériaux améliorés au liant végétal le néré (*Parkia biglobosa*) répondant aux caractéristiques géotechniques exigées dans le Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) pour la stabilisation des sols routiers en Côte d'Ivoire. Trois échantillons de matériaux crus différents ont été soumis à des essais d'identification (analyse granulométrique, limites d'Atterberg) et de portance (Proctor et CBR), et seulement à des essais de portance lorsque ceux-ci ont été améliorés au néré à 120 g/L. D'après la classification du GTR (Guide de Terrassement Routier), les matériaux identifiés sont le graveleux argileux, le limon et le sable fin. Le graveleux argileux présente une conformité avec les recommandations du CCTP pour son utilisation en couche de fondation, ce qui n'est le cas pour le limon et le sable fin. Ces matériaux améliorés au néré ont enregistré une élévation de leur indice portant CBR de 36 à 217 pour le graveleux argileux, de 22 à 59 pour le limon, et de 27 à 33 pour le sable fin. Le néré améliore donc la capacité portante des matériaux crus (principalement le graveleux argileux) en leur offrant de meilleures performances mécaniques pour les rendre utilisables en construction routière.

Mots clés : Caractérisation, géotechnique, matériau, portance, néré (*Parkia biglobosa*), stabilisation.

Abstract

The development of road infrastructures in terms of construction, improvement and maintenance requires the improvement of the mechanical and/or chemical properties of materials. The main objective of this study is to characterise materials improved with the plant binder néré (*Parkia biglobosa*) that meet the geotechnical characteristics required in the Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) for road soil stabilization in Côte d'Ivoire. Three samples of different raw materials were subjected to identification (particle size analysis, Atterberg limits) and bearing capacity tests (Proctor and CBR), and only to bearing capacity tests when they had been improved with néré at 120 g/L. According to the GTR (Guide de Terrassement Routier) classification, the materials identified are clayey gravel, silt and fine sand. The clay gravel complies with the CCTP recommendations for its use as a sub-base, which is not the case for silt and fine sand. These materials, improved with néré, recorded an increase in their CBR index from 36 to 217 for the clay gravel, from 22 to 59 for the silt, and from 27 to 33 for the fine sand. Néré improves the load-bearing capacity of raw materials (mainly clay gravel) by giving them better mechanical performance, making them suitable for road construction.

Key words: Characterization, geotechnics, material, bearing capacity, néré (*Parkia biglobosa*), stabilization.

*Auteur correspondant: Koudou, (kdaine@yahoo.fr). Tél. : +225 07-49-02-04-06.

<http://orcid.org/0000-0002-2345-1539>; Reçu le 11/11/2024; Révisé le 18/12/2024; Accepté le 20/01/2025

DOI: <https://doi.org/10.59228/rcst.025.v4.i1.124>

Copyright: ©2025 Koudou et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License (CC-BY-NC-SA 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

1. Introduction

Le développement des infrastructures routières est sans conteste un moyen d'amélioration des conditions de vie des populations, et partant, de la croissance économique des pays. La Côte d'Ivoire a pâti d'un réseau routier dégradé voire impraticable à partir de la fin des années 1990 (Abé, 2018), qui s'est accentué durant la crise politico-militaire de septembre 2002. Depuis 2011, le pays enregistre un trafic routier en constante augmentation sur des infrastructures routières vétustes ou non aménagés (COMCEC, 2021).

Dans un tel contexte, le développement des infrastructures routières en matière de construction, d'amélioration et d'entretien demeure l'un des enjeux prioritaires du plan de développement routier (2011-2015) (PND, 2012), et de celui de (2016-2025) (PND, 2021) formulé sur la base du Plan National de Développement (PND, 2016-2020) de Côte d'Ivoire (JICA, 2018).

L'état ivoirien s'est donc inscrit, depuis lors, dans un vaste programme de construction et de réhabilitation de son réseau routier, afin que celui-ci accomplisse pleinement sa fonction de développement économique et social. Cela consiste, dans la pratique courante, à stabiliser mécaniquement ou chimiquement les matériaux de la couche de fondation et la sous-fondation, pour en améliorer les propriétés (Balihuta, 2018). En réalité, tous les matériaux ne sont pas prédestinés à la construction de route (Bagarre, 1990) en raison de leur complexité.

En conséquence, l'identification de matériaux de meilleures caractéristiques géotechniques est une exigence des plus absolues pour la réalisation de routes susceptibles de respecter la durée de vie de 15 à 20 ans en moyenne. Cependant, face à l'épuisement de matériaux disponibles et à leur rareté (Souley Issiakou et al., 2015), la stabilisation de matériau par différentes techniques s'impose comme une amélioration planifiée des caractéristiques géotechniques du matériau. Cette amélioration consiste à l'adjonction dosée d'un autre matériau en vue d'augmenter les performances mécaniques et les propriétés de durabilité. Plusieurs techniques de stabilisation des sols existent en géotechnique routière pour répondre aux besoins croissants de construction et de réhabilitation des routes (LBTP Côte d'Ivoire, 1977 ; Souley Issiakou et al., 2015 ; Assogba et Alloba, 2020). Il s'agit de la stabilisation au liant hydraulique routier (ciment portland, chaux vive, pouzzolane, bitume, goudron,

traitement mixte) à l'utilisation des géosynthétiques (géogrilles, géotextiles, géocomposite), en passant par la stabilisation mécanique ou litho-stabilisation. Toutes ces techniques ont été appliquées en Côte d'Ivoire, et elles ont fait la preuve de leur capacité à répondre aux contraintes de l'application d'une part, et aux sollicitations liées au trafic et aux conditions climatiques d'autre part.

Des innovations en termes de techniques de stabilisation des sols continuent de voir le jour, mais restent jusqu'à ce jour inconnues en Côte d'Ivoire. Il s'agit en l'occurrence de la stabilisation des sols au liant végétal le néré (*Parkia biglobosa*). Le néré est en fait, un arbre de 7 à 25 m (Aké Assi & Guinko, 1991) ou une espèce des parcs arborés la plus répandue dans les zones soudano-sahélienne et soudanienne d'Afrique (Shao, 2000). Cet arbre est de la famille des Mimosaceae (Arbonnier, 2009). Il présente de multiples fonctions et constitue une source inestimable de biens et de services (alimentation, médecine et pharmacopée traditionnelle, protection et amélioration des sols, rites et coutumes, etc...) pour les communautés locales en Afrique de l'Ouest (Sina, 2006). Par ailleurs, il constitue selon Gutierrez (2000) ; Dotchamou et al. (2016), la principale source de revenus et un moyen efficace de lutte contre la pauvreté pour la population rurale. Cette importance explique sans doute l'intérêt accordé à l'espèce à travers le nombre relativement élevé de travaux scientifiques (Sina, 2006).

En Côte d'Ivoire par exemple, les thématiques récentes abordées en lien avec le néré sont entre autres, la valeur nutritive de la pulpe de fruits de *Parkia biglobosa* et la caractérisation biochimique et sensorielle des nectars dérivés (Kouassi, 2019), les activités analgésique et anti-inflammatoire d'un extrait du néré utilisé en médecine traditionnelle (Kouadio et al., 2000), l'évolution et le dynamisme spatial du néré dans la région du Poro (Yeo et al., 2022). Aucune recherche ne montre cependant, l'application de celui-ci dans le domaine du génie civil en Côte d'Ivoire. Or, l'utilisation de la décoction de la gousse de néré comme liant de nature végétale pour la réalisation de matériaux pour le bâtiment et les travaux publics, en particulier des matériaux pour confectionner des couches et/ou revêtements de construction routière et/ou de génie civil, est notifié au Burkina Faso (Barry, 1994 ; Guetcho Takedo, 2010 ; Ramdé, 2022 ; Tangara, 2023). La stabilisation des sols au liant végétal le néré (*Parkia*

biglobosa) est donc une innovation très pertinente pour une nouvelle forme de construction pouvant procurer de bonnes caractéristiques aux nouvelles routes.

Cette technique de stabilisation du sol tire son inspiration dans l'architecture de certaines populations locales du Burkina Faso (Tangara, 2023), surtout dans les régions de Tiébélé à Pô et de Tita vers Bobo Dioulasso, qui utilisent la décoction du néré pour crépir les murs et stabiliser le sol des cours ou des cuisines sous léger compactage. Ceux-ci avaient une durabilité plus satisfaisante que celles des maisons qui ne l'utilisaient pas (Talla, 2010). Il est donc possible que les décoctions de néré réagissent chimiquement avec la latérite jouant par conséquent un rôle de liant qui pourrait accroître la résistance mécanique des latérites (Ntouda, 2009). En fait, la cosse de la gousse de *Parkia biglobosa* (néré) est du matériel végétal employé comme source de tanins (Nenonene et al., 2014).

Les tanins sont constitués de macromolécules à radicaux carboxyliques qui réagissent avec les atomes de fer des oxy-hydroxydes dans l'espace interfoliaire des minéraux argileux dans la latérite pour former des complexes chimiques, qui contribuent à augmenter la résistance mécanique des géomatériaux (Sorgho et al., 2016).

La problématique qui se dégage de la présente étude est celle de savoir si le liant végétal le néré (*Parkia biglobosa*) agit et améliore les caractéristiques géotechniques des matériaux pour la stabilisation des sols routiers. C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude qui se propose de caractériser à partir des essais géotechniques des matériaux améliorés au liant végétal le néré (*Parkia biglobosa*) pour la stabilisation des sols routiers en Côte d'Ivoire. Cette étude s'inscrit parfaitement dans le cadre de la valorisation des matériaux locaux par leur emploi dans le domaine de la construction routière. Cet article explore donc la technique d'amélioration des matériaux au liant végétal le néré, et présente les résultats et analyses relatives aux possibilités d'utilisation de matériaux améliorés au néré en couche de fondation de chaussée.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel

Le principal matériel utilisé dans le cadre de cette étude est composé de matériaux de sol collectés (emprunts) (tableau I), et des gousses de *Parkia biglobosa* (néré) provenant de la région de Korhogo au Nord de la Côte d'Ivoire et qui représentent le matériel végétal employé comme liant

Tableau I. Caractéristiques des matériaux de sol collectés (emprunts).

Code de l'échantillon de matériau de sol collecté	Zone de collecte des matériaux de sol (emprunts)	Coordonnées géographiques	Quantité de matériau de sol collectée
001	Didievi (Didiebou)	7,12°N et 4,88°O	100 kg
002	Abidjan (Andokoi)	5,40° N et 4,22° O	100 kg
003	Abidjan (Andokoi)	5,40° N et 4,22° O	100 kg

Les échantillons 002 et 003 de matériaux de sol ont été collectés à des emplacements (profondeurs) variables.

Le « néré » en langue bambara et de nom scientifique *Parkia biglobosa* (Jacq) G. Don, est une espèce qui se rencontre dans une vingtaine de pays d'Afrique de l'Ouest (Bénin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Gambie, Ghana, Guinée, Guinée Bissau, Mali, Niger, Nigeria, Sénégal, Sierra Léone, Togo), du Centre (Cameroun, Centrafrique, Tchad, République Démocratique du Congo) et de l'Est (Soudan, Ouganda) (Shao, 2000) (figure 1) sous différents noms vernaculaires : Néré, nétéu, dawa-dawa ou iru (Nigeria), soubala (Mali, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Guinée), afitin (Bénin), nétéu (Sénégal).

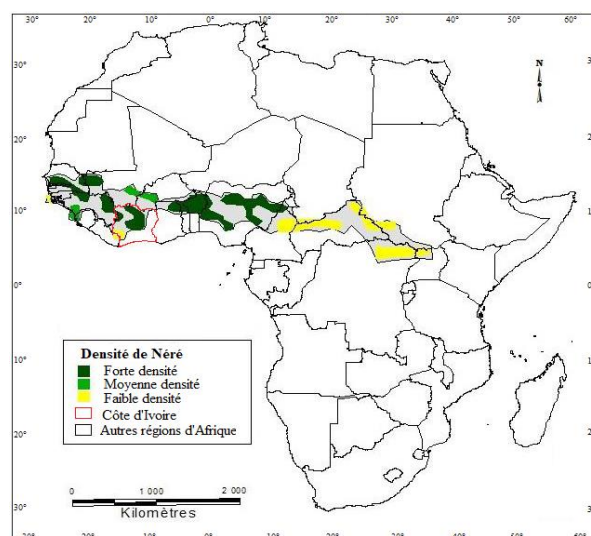


Figure 1. Répartition géographique de *Parkia biglobosa* (néré) (Shao, 2000) modifié

En Côte d'Ivoire, le néré se rencontre dans les régions Nord, Nord-Ouest et Centre-Ouest (Gauthier et al., 1968 ; Yeo et al., 2022) caractérisées par un climat qui varie du régime tropical de transition au Nord au régime équatorial de transition atténuée au Centre. La principale constante de ces régions est en général une saison sèche de 5 à 7 mois par an. *Parkia*

biglobosa se rencontre sur les sols graveleux latéritiques ferrallitiques et ferrugineux tropicaux dérivés de matériau ferrallitique (Bohi, 2008).

L'espèce pousse dans des zones de températures moyennes annuelles comprises entre 26°C et 28°C et se retrouve à des altitudes variantes entre 300 et 400 mètres.

L'arbre de néré a un tronc tortueux, avec des branches maîtresses bien écaillées (figure 2a). Les fruits de néré, qui sont de longues gousses de couleur verte, de 25 centimètres à 30 centimètres et large de 15 millimètres à 20 millimètres, suspendus en grappes, apparaissent au bout de 6 ans (figure 2b). A maturité, les gousses de néré deviennent marron ou brun foncé (figure 2c). Elles sont collectées soit par ramassage, soit par cueillette dans des champs. Elles sont ensuite débarrassées de leurs contenus.

La décoction de néré dans le cadre de la présente étude est obtenue par préparation de 8 litres d'eau et 960g de gousses de néré dans un récipient porté au feu pendant 4 heures. La solution chaude obtenue après ébullition (figure 2d) est recueillie pour la stabilisation des différents échantillons. Cette décoction de néré est conservée dans des bouteilles et doit être réchauffée à partir de 100°C chaque fois qu'on veuille l'utiliser pour la stabilisation.



a/ Arbre du néré



b/ Fruits du néré suspendus en grappes



c/ Gousses du néré



d/ Décoction du néré

Figure 2. Différents aspects du néré : a/ arbre, b/ fruits, c/ gousses, d/ décoction.

2.2. Méthodes

2.2.1. Caractérisation du matériau cru

Les trois échantillons de matériaux de sol collectés sur deux zones différentes ont fait l'objet de différents essais en laboratoire, conformément aux procédures d'études géotechniques en vigueur en Côte d'Ivoire. L'analyse granulométrique des échantillons de sol permet de mettre en évidence les différentes fractions de sol suivant leur dimension, par tamisage à voie sèche, après lavage suivant les prescriptions de la norme NF P 94-056 (1996). L'estimation de la teneur en eau des échantillons de sol est menée sur la base des limites d'Atterberg en suivant la norme NF P 94-051 (1993). La limite de liquidité (WL) est déterminée à l'aide de l'appareil de Casagrande et la limite de plasticité (WP) selon la méthode du rouleau. L'indice de plasticité (Ip) est obtenu par la différence entre la limite de liquidité (WL) et la limite de plasticité (WP).

Les essais Proctor, effectués suivant la norme NF P 94-093 (1999), permettent de déterminer la teneur en eau optimale et la densité sèche maximale du matériau et des conditions de compactage fixées, qui conduit au meilleur compactage possible ou encore à la capacité portante maximale. L'essai de portance « California Bearing Ratio » (CBR), réalisé conformément à la norme (1997), donne un premier aperçu sur la portance du matériau.

2.2.2. Caractérisation mécanique du matériau stabilisé au néré

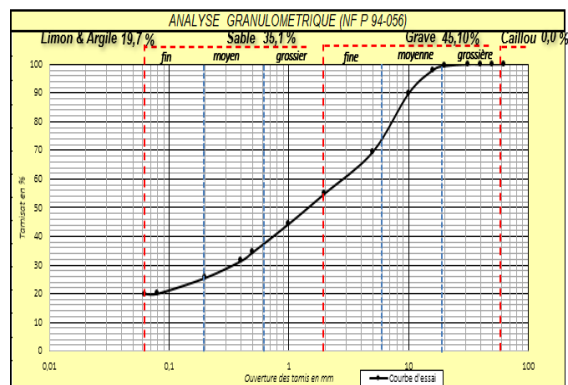
Dans le souci d'améliorer de façon optimale les caractéristiques mécaniques des matériaux dans la structure de chaussées, la stabilisation de ces matériaux au néré est effectuée. La méthode de stabilisation consiste à remplacer l'eau par la solution (décoction) du néré dans les différents essais (Proctor et CBR).

L'élaboration de l'essai Proctor modifié stabilisé au néré est réalisée à 120g/L de dosage de la décoction de néré, en vue de déterminer les teneurs en néré optimales et densités sèches maximales. La réalisation de l'essai CBR stabilisé à 4 jours d'immersion, permet d'obtenir des courbes CBR à partir desquelles les indices CBR sont déterminés à 95% de l'Optimum Proctor Modifié (OPM).

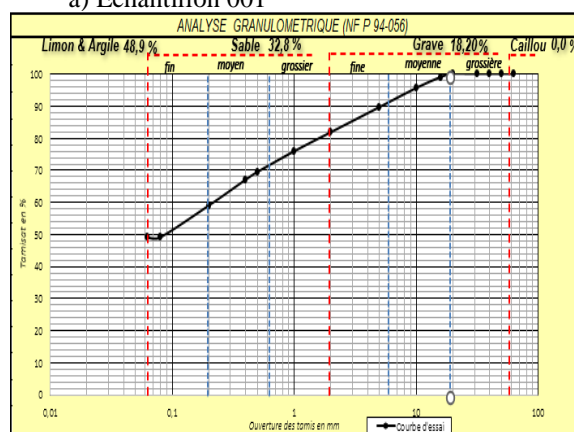
3. Résultats et Discussion

3.1. Caractéristiques géotechniques et identification des matériaux crus

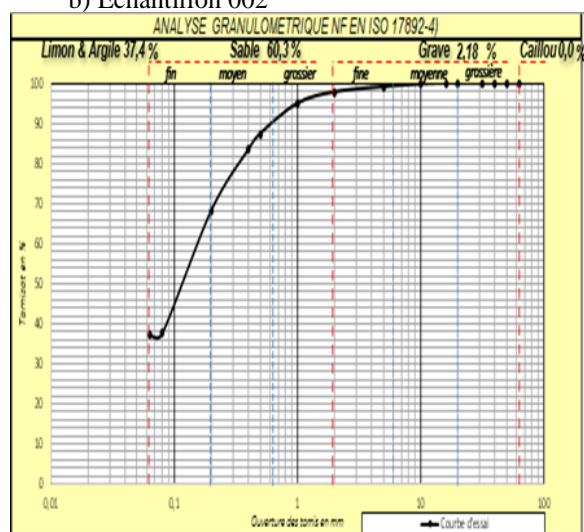
L'analyse granulométrique des différents échantillons de matériaux de sol étudiés est illustrée à la figure 3.



a) Echantillon 001



b) Echantillon 002



c) Echantillon 003

Figure 3. Courbes de l'analyse granulométrique : a) échantillon 001, b) échantillon 002, c) échantillon 003

L'allure des courbes granulométriques varie de l'échantillon 001 à l'échantillon 003 en passant par l'échantillon 002. La proportion et la nature des grains dans chaque échantillon de matériau de sol collecté est résumé par le tableau II.

Tableau II. Identification de la nature des matériaux de sol collectés

Code de l'échantillon de matériau de sol collecté	Proportion en limon & argile	Proportion en sable	Proportion en grave	Système de classification GTR	Nature du matériau de sol collecté
001	19,7%	35,1%	45,10%	Classe B6ts	Graveleux argileux
002	48,9%	32,8%	18,20%	Classe A1h	Limon
003	37,4%	60,3%	2,18%	Classe A4	Sable fin

Sur la base de la proportion en limon et argile, en sable et en grave conformément au système de

Tableau III. Pourcentage de fines des différents échantillons de matériaux de sol étudiés

Code de l'échantillon de matériau de sol collecté	Nature du matériau de sol	Proportion de fines contenues dans le matériau de sol (%)	Spécification du CCTP	Interprétation
001	Graveleux argileux	19,80	< 20	Conforme
002	Limon	49,12	> 20	Non conforme
003	Sable fin	37,61	> 20	Non conforme

L'analyse des proportions de fines du graveleux argileux (19,80%) est conforme aux spécifications du

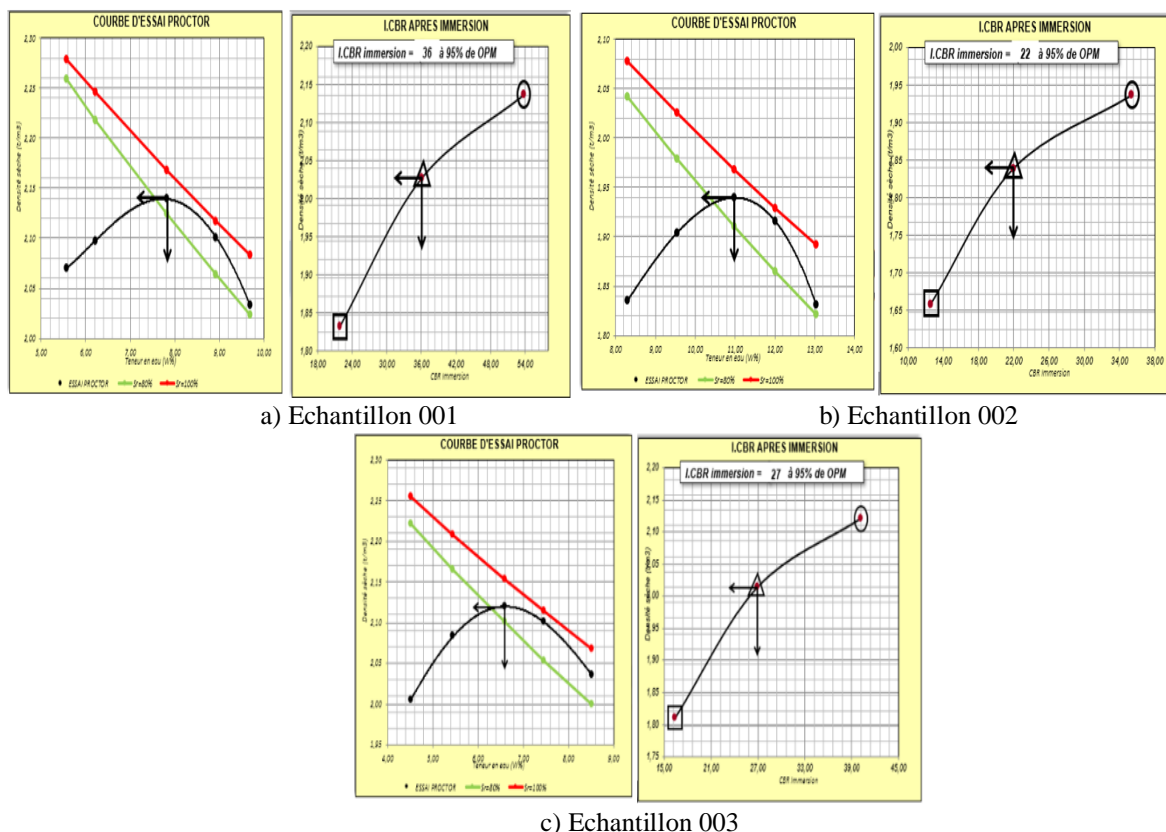


Figure 4. Courbes de l'essai Proctor modifié et CBR : a) échantillon 001, b) échantillon 002, c) échantillon 003.

classification GTR, cela peut sous-entendre que les échantillons 001, 002 et 003 de matériaux de sol identifiés correspondent respectivement au graveleux argileux, au limon et au sable fin.

Le **tableau III** présente le pourcentage de fines des différents échantillons de matériaux de sol étudiés.

CCTP, ce qui n'est pas le cas du limon et du sable fin.

En conséquence, les graveleux latéritiques crus peuvent être utilisés en couche de fondation, alors que les deux autres matériaux (limon et sable fin) ne peuvent pas être utilisés en couches de fondation.

Les résultats des essais de la limite d'Atterberg des différents échantillons de matériaux de sol collectés sont illustrés au **tableau IV**.

Tableau IV. Résultats des essais de la limite d'Atterberg des différents échantillons de matériaux de sol collectés

Code de l'échantillon de matériau de sol collecté	Limite de liquidité	Limite de plasticité	Indice de plasticité	Spécification du CCTP	Interprétation
	WL en %	WP en %	IP en %		
001	29	11	18	IP<20%	Conforme
002	29	17	12	IP<20%	Conforme
003	-	-	-	IP<20%	Non conforme

Les échantillons 001 et 002 de matériaux de sol ont des indices de plasticité IP inférieurs à 20% conformément aux spécifications du CCTP, qui stipulent que les sols utilisés en couche de fondation doivent avoir un indice de plasticité IP inférieur à 20%. L'échantillon 003 du matériau de sol n'a pas d'indice de plasticité.

Selon le guide de terrassement routier (GTR) de 1992, la fraction argileuse de l'échantillon 001 est de classe B, sous-classe B6 et d'état hydrique B6ts. Il est donc utilisable en couche de fondation (tamisât à 0,08 mm compris entre 12 et 35%), IP>12. C'est un graveleux argileux. L'échantillon 002 est de classe A, sous-classe A1 et d'état hydrique A1h, IP≤12. C'est un limon. L'échantillon 003 est un sable fin.

Les résultats des essais Proctor modifié et CBR réalisés sur les échantillons de matériaux de sol collectés sont illustrés à la figure 4.

Les courbes de l'essai Proctor modifié et de l'essai CBR présentent des résultats de la teneur en eau, de la densité sèche et de l'indice CBR qui varient de l'échantillon 001 à l'échantillon 003 en passant par l'échantillon 002 des matériaux de sol. Les courbes Proctor montrent que la densité sèche augmente avec la teneur en eau jusqu'à atteindre l'optimum Proctor, correspondant à la densité sèche maximum (Ydmax) et à la teneur en eau optimale (Wopt).

Lors du compactage d'un sol, plus on rajoute de l'eau, plus le compactage est facile. L'eau diminue donc le frottement qu'oppose le sol au compactage. Au-delà de l'optimum, l'eau est en excès. Dans ces conditions, le sol devient de plus en plus dense et on dit que le compactage devient mauvais. La teneur en eau optimale et la densité sèche à l'optimum assurent un meilleur compactage.

La synthèse des résultats des essais Proctor modifié et CBR est présentée au tableau V.

Tableau V. Synthèse des essais Proctor modifié et CBR sur les matériaux de sol

Code de l'échantillon de matériau de sol collecté	Proctor modifié		CBR à 95% OPM	Spécification du CCTP	Interprétation
	Wopt en %	Ydmax en t/m ³			
001	7,82	2,14	36	> 30	Conforme
002	10,98	1,94	22	< 30	Non conforme
003	6,59	2,12	27	< 30	Non conforme

Le CBR modifié de l'échantillon 001 à 95% OPM est de 36. Cette valeur de l'indice de portance est conforme aux spécifications du CCTP sur l'utilisation du graveleux latéritique en couche de fondation et couche de base routière. Les spécifications du CCTP stipulent que l'indice de CBR doit être supérieur ou égal à 30. Pour les autres échantillons de matériaux de sol (le limon et le sable fin), les valeurs de l'indice de portance ne sont pas conformes aux spécifications du CCTP.

Les résultats de synthèse des essais d'identification et de portance sur les différents échantillons matériaux de sol sont illustrés au tableau VI.

Tableau VI. Synthèse des résultats des essais d'identification et de portance sur les matériaux de sol

Emprunts (matériaux de sol collectés)	Nature	Analyse granulométrique (% fines)	Limites d'Atterberg (%)			Proctor modifié		CBR (95 %OP M)
			WL	WP	IP	Wopt (%)	Ydmax (t/m ³)	
Echantillon 001	Graveleux argileux	19,80	29	11	18	7,82	2,14	36
Echantillon 002	Limon	49,12	29	17	12	10,98	1,94	22
Echantillon 003	Sable fin	37,61				6,59	2,12	27

Le tableau VII présente les caractéristiques géotechniques des matériaux crus et leur usage en construction routière.

Tableau VII. Caractéristiques géotechniques des matériaux de sol et leur usage en construction routière

Code de l'échantillon de matériau de sol	Nature du matériau	Pourcentage % de fines	Indice de plasticité IP	CBR à 95% OPM	Couche		
					Remblai	PST	Fondation
001	Graveleux argileux	19,80	18	36	×	×	×
002	Limon	49,12	12	22	×	×	*
003	Sable fin	37,61	-	27	×	*	*

- : indisponible ; × : utilisable ; * : non utilisable

PST= Partie Supérieure des Terrassements

La graveleuse argileuse ou latéritique présente une conformité avec les recommandations du CCTP pour son utilisation en couche de fondation, ce qui n'est le cas pour le limon et le sable fin. La valeur de portance de 36 à 95% OPM de celui-ci correspond aux trafics T1 à T2. Cet indice de portance est malheureusement faible pour les grands trafics T4. Pour son utilisation sur les grands trafics T4, il est nécessaire d'améliorer sa portance par ajout de néré de sorte à ce que les indices CBR répondent aux spécifications techniques du CCTP (Cahier des Clauses Techniques Particulières). Cette amélioration de la portance concerne aussi bien le limon que le sable fin.

Comparaison des paramètres mécaniques des différents matériaux crus et améliorés au néré.

Les valeurs maximales obtenues suite à l'application des essais Proctor modifié et CBR aux

matériaux crus et améliorés au néré sont consignées dans le [tableau VIII](#).

Tableau VIII. Comparaison des valeurs des paramètres du Proctor modifié et du CBR des matériaux crus et améliorés au néré

Code de l'échantillon de matériau de sol	Proctor modifié cru		CBR cru	Proctor modifié au néré		CBR amélioré au néré
	Wopt en%	Ydmax t/m ³		Wopt en %	Ydmax t/m ³	
001	7,82	2,14	36	8,23	2,08	217
002	10,98	1,94	22	9,84	1,95	59
003	6,59	2,12	27	5,30	2,02	33

Une variation de la teneur en eau et de la densité sèche, au même titre que de l'indice CBR est observée sur les matériaux crus et améliorés au néré. Les différents matériaux crus ont tous réagi à l'ajout de la décoction du néré. L'ajout du néré aux différents matériaux crus entraîne une élévation de la valeur du CBR de 36 à 217 pour l'échantillon 001, de 22 à 59 pour l'échantillon 002, et de 27 à 33 pour l'échantillon 003. Ainsi, les valeurs de l'indice CBR ont pratiquement été multipliées par 6 pour l'échantillon 001, par environ de 2,5 pour l'échantillon 002. Le néré a agi faiblement sur l'échantillon 003. Le pouvoir portant du sol est d'autant meilleur que l'indice CBR est grand ([Figure 5](#)).

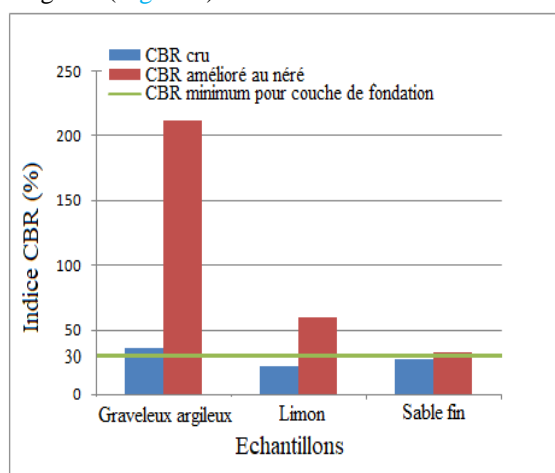


Figure 5. Evolution de l'indice CBR cru et amélioré suivant la nature du matériau.

Les indices portant CBR sont assez grands (indice CBR = 30%) pour les différents échantillons de matériaux de sol améliorés au néré pour que ceux-ci puissent être utilisés en couche de fondation d'une chaussée.

4. Discussion

De façon générale, les emprunts (échantillons de matériaux de sol collectés) de l'étude ont abouti à

l'obtention de 3 matériaux différents caractérisés par des paramètres géotechniques différents. L'échantillon 001 identifié comme étant le graveleux argileux présente une bonne qualité granulométrique (% fines=19,80%), une bonne caractéristique de plasticité (IP=18%), un bon compactage (Wopt =7,82% et Ydmax=2,14 t/m³) et une bonne portance (ICBR 95% OPM=36). Ces différentes caractéristiques géotechniques sont conformes aux recommandations du CCTP pour l'utilisation du graveleux argileux en couche de fondation. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par plusieurs auteurs dont [Mahamat \(2012\)](#), [Millogo \(2017\)](#), [Lobognon \(2022\)](#) sur la caractérisation géotechnique des graveleux latéritiques dans leur zone d'étude respective. Ces résultats n'attestent que le graveleux latéritique est le plus utilisé en techniques routières. Toutefois, l'indice portant CBR obtenu dans la présente étude est malheureusement faible pour les grands trafics T4. Le trafic T4 est défini par son intensité journalière moyenne sur une durée de vie de l'ordre de quinze ans pour toutes classes de véhicules incluses comprises entre 3000 et 6000, avec un pourcentage moyen de poids lourds supposé de l'ordre de 30 % du trafic total ([CEBTP, 1980](#)). Le trafic de type T4 pourrait donc occasionner la dégradation rapide des assises. Le paramètre de comportement mécanique le plus souvent corrélé au comportement des couches de base ou de fondation en graveleux latéritiques est l'indice portant CBR, parce que la résistance au poinçonnement constitue l'une des caractéristiques fondamentales des chaussées du type souple ([Bohi, 2008](#)). L'amélioration de matériaux au liant végétal le néré à la concentration de 120g/L donne des résultats satisfaisants comparativement aux matériaux crus. En effet, la décoction du néré grâce à sa nature collante, adhère aux particules latéritiques pour former des agrégats grossiers et diminue la teneur en colloïde d'argile. Ces actions permettent de réduire l'intrusion de l'eau dans le sol et d'élever la compacité du sol ([Tangara, 2023](#)). Cela justifie l'utilisation traditionnelle des cosses des gousses de néré dans la préparation d'enduction pour protéger les sols et les murs par les populations rurales de l'Afrique occidentale ([Fafioye et al., 2004](#) ; [Sina, 2006](#)).

L'augmentation de l'indice portant CBR des matériaux à partir de leur amélioration par des liants végétaux est confirmée par [Sorgho et al., \(2016\)](#) ; [Ratsifarehandahy et al. \(2020\)](#) ; [Tangara \(2023\)](#). Selon

Djandjieme (2018), les matériaux de qualité suffisante (indice portant CBR supérieur ou égal à 30 à 95% de l'OPM) doivent être utilisés en couche de fondation, et ils pourraient être nécessaires de les améliorer. L'augmentation de l'indice portant CBR se traduit par une réaction chimique entre le matériau et le néré (Sorgho et al., 2016). La décoction de néré a un effet plastifiant sur l'argile (Sorgho et al., 2016). L'ajout de la décoction de gousses de néré en remplacement de l'eau s'est avéré efficace car les indices portant CBR des matériaux améliorés au néré sont largement supérieurs à ceux obtenues sans amélioration dans la présente étude. Ces résultats concordent avec ceux effectués par Sorgho et al., (2016) sur les études des propriétés mécaniques des géomatériaux argileux associant la décoction de *Parkia biglobosa* (néré). Par ailleurs, ils sont en accord avec ceux de Guetcho Takedo (2010) sur l'étude de la stabilisation des chaussées routières à base des latérites avec les extraits du *Parkia biglobosa*.

5. Conclusion

La caractérisation des emprunts à partir des essais géotechniques a permis d'identifier les matériaux de l'étude que sont le graveleux argileux, le limon et le sable fin d'après la classification GTR. Le graveleux argileux cru présente une conformité avec les recommandations du CCTP pour son utilisation en couche de fondation, ce qui n'est le cas pour le limon et le sable fin. Ces matériaux améliorés au liant végétal le néré à la concentration en décoction de 120g/L ont enregistré une élévation de leur indice portant CBR à 95% OPM de 36 à 217 pour le graveleux argileux, de 22 à 59 pour le limon, et de 27 à 33 pour le sable fin. Le néré améliore donc la capacité portante des matériaux crus (principalement le graveleux argileux) en leur offrant de meilleures performances mécaniques pour les rendre utilisables en construction routière aux regards des spécifications du CCTP.

La stabilisation au liant végétal le néré s'intègre aux progrès des techniques de construction routière et, permet de valoriser les matériaux tels que le limon et le sable fin aux caractéristiques inadaptées et non utilisables à l'état naturel ou cru. Ce traitement a l'avantage d'être sain et naturel. Il ne demande pas une importante source énergétique pour sa production.

La décoction des gousses de néré est donc un liant prometteur pour la stabilisation des matériaux dans le développement routier et leur utilisation en Côte d'Ivoire. De ce fait, les avantages liés à l'utilisation de l'espèce en génie civil méritent que celui-ci soit

vulgariser à partir des techniques de multiplication végétative de l'espèce qui constituent, à ne point douter, des moyens destinés à mieux valoriser et à susciter une meilleure protection de l'espèce.

Si l'emploi de la décoction de néré a permis d'améliorer l'indice portant CBR de certains matériaux, l'investigation de l'influence de la décoction du néré à différents dosages sur les matériaux est aussi une autre voie à explorer de sorte à retenir le dosage donnant les meilleures performances mécaniques et les mieux adaptées en construction routière. Par ailleurs, des études de compression simple et de cisaillement direct sur les matériaux améliorés devront être réalisées afin de confirmer également ces augmentations de portance en fonction du taux d'amélioration.

Références bibliographiques

- Abé, A.L. (2018). La dégradation du réseau routier de la Côte d'Ivoire : causes et conséquences de 1980 à 1998. *Revue Gabonaise d'Histoire et Archéologie*, 3, 213-233.
- Aké Assi, L. & Guinko, S. (1991). *Plantes utilisées dans la médecine traditionnelle en Afrique de l'Ouest*. Genève, Edition Roche.
- Arbonnier, M. (2009). *Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest (3^{ème} édition)*. Paris, Editions Quae.
- Assogba, K.R. & Alloba, E.I. (2020). *Étude comparative de l'amélioration des graveleux latéritiques au ciment ou amendés au concassé en vue de leur utilisation en couche de base* [Mémoire (GC) /EPAC / UAC, Ecole polytechnique d'Abomey-Calavi].
- Bagarre, E. (1990). *Utilisation des graveleux latéritique en technique routière*. Paris, Institut des sciences et des techniques de l'équipement et de l'environnement pour le développement (ISTED).
- Balihuta, A.M. (2018). *Amélioration des propriétés géotechniques de matériaux routiers par biocalcification* [Mémoire de maîtrise ès sciences appliquées, École Polytechnique de Montréal (Canada)].
- Barry, D.I. (1994). *Étude des activités anti-Ictérique et hépato-protectrice des écorces de Parkia biglobosa (Jacq.) Benth. Mimes [ac] eae R. Br (Doctoral dissertation)* [Thèse de Doctorat, Université Cheikh Anta de Dakar (Sénégal)].

- Bohi, Z.P.B. (2008). *Caractérisation des sols latéritiques utilisés en construction routière : le cas de la région de l'Agnéby (Côte d'Ivoire)* [Thèse de Doctorat, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (France)].
- CEBTP. (1980). Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux. *Rapport interne Ministère de la coopération de la république Française*.
- COMCEC. (2021). *Incidence des réseaux de transport sur le Commerce et Tourisme*. Consulté le 22/01/2025. https://www.comcec.org/wpcontent/uploads/2021/07/Cote_d_Ivoire.pdf.
- Djandjieme, M.O. (2018). *Caractérisation des graveleux latéritiques améliorés au ciment et lithostabilisés en vue d'une utilisation en construction routière* [Mémoire de Master, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, Ouagadougou (Burkina Faso)].
- Dotchamou, O.F.T., Atindogbe, G., Azihou, A.F., & Fonton, H.N. (2016). Caractérisation de la répartition spatiale des arbres de *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. au Bénin. *Rev. Cames - Science de la vie, de la terre et agronomie*, 04(01), 59-67.
- Fafioye, O.O., Adebisi, A.A., & Fagade, S.O. (2004). Toxicité des extraits de *Parkia biglobosa* et de *Raphia vinifera* sur les juvéniles de *Clarias gariepinus*. *African Journal of Biotechnology*, 3, 627-630.
- Gauthier, M., Delpiano, P., Erwin-F., & Petit, G. (1968). *Région Odienné-Séguéla. Etude socio-économique*. Tome 1, Presses de la Société d'Etudes et de Réalisations Graphiques.
- Guetcho, T.M. (2010). *Etude de la stabilisation des chaussées routières à base des latérites avec les extraits du Parkia biglobosa* [Mémoire de Master, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, Ouagadougou].
- Gutierrez, M.L. (2000). *Production et commercialisation de l'afitin fon dans la région d'Abomey-Bohicon au Bénin. Un exemple d'intégration des femmes dans la filière du néré*. Montpellier, CIRAD.
- JICA. (2018). *Étude préparatoire pour le projet de construction de trois échangeurs à Abidjan. Rapport fin (version publique)*. Agence Japonaise de Coopération Internationale.
- Kouadio, F., Kanko, C., Juge, M., Grimaud, N., Jean, A., N'Guessan, Y.T. & Petit, Y.J. (2000). Analgesic and anti-inflammatory activities of an extract from *Parkia biglobosa* used in traditional medicine in the Ivory Coast. *Phytotherapy Research*, 14, 635-637.
- Kouassi, K.A. (2019). *Etude de la valeur nutritive de la pulpe de fruits de trois espèces fruitières sauvages comestibles en Côte d'Ivoire et caractérisation biochimique et sensorielle des nectars dérivés : Adansonia digitata L. (Baobab), Tamarindus indica L. (Tomi) et Parkia biglobosa L. (Néré)* [Thèse Unique de Doctorat, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, (Côte d'Ivoire)].
- LBTP Côte d'Ivoire (1977). *Recommandation pour l'utilisation en corps de chaussées des graveleux latéritiques améliorés au ciment*. LBTP.
- Lobognon, G.T.C.V. (2022). *Etude de formulation du matériau de fondation amélioré au ciment : cas du projet d'aménagement en 2x2 voies de la route carrefour Soubré rond-point de la gare de San-Pédro* [Mémoire de Master, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa (Côte d'Ivoire)].
- Mahamat, N. (2012). *Amélioration des graveleux latéritiques au ciment en couches de chaussée au Burkina Faso : « cas des travaux de renforcement de la RNI entre Boromo et Bobo-Dioulasso »* [Mémoire de Master en Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, Ouagadougou (Burkina Faso)].
- Millogo, S.E.I. (2017). *Retraitement de chaussées par amélioration des caractéristiques mécaniques de la couche de base latéritique* [Mémoire de master, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, Ouagadougou (Burkina Faso)].
- Nenonene, A.Y., Koba K., Sanda K., & Rigal, L. (2014). Composition chimique et propriétés adhésives d'extraits d'organes tannifères de quelques plantes du Togo pour l'agglomération de particules de tige de kénaf (*Hibiscus cannabinus L.*). *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, 037, 49- 55.
- NF P 94-051. (1993). Sols : Reconnaissance et Essais – Détermination des limites d'Atterberg – Limite de liquidité à la coupelle – Limite de plasticité au rouleau.
- NF P 94-056. (1996). Sols : Reconnaissance et Essais – Analyse granulométrique – Méthode par tamisage à sec après lavage.

- NF P 94-078. (1997). Sols : Reconnaissance et Essais - Indice CBR après immersion - Indice CBR immédiat - Indice Portant Immédiat - Mesure sur échantillon compacté dans le moule CBR.
- NF P 94-093. (1999). Sols : Reconnaissance et Essais - Détermination des références de compactage d'un matériau - Essai Proctor normal – Essai Proctor modifié.
- Ntouda, R. (2009). *Etude de la résistance mécanique des blocs de latérites ayant subi un traitement de renforcement* [Mémoire de Master, Institut internationale de l'ingénierie de l'eau et de l'environnement Ouagadougou, (Burkina Faso)].
- PND. (2021). *Plan National de Développement 2012-2015, Tome 3 : vision de développement et orientations stratégiques*.
- PND (2021). *Plan National de Développement, PND 2021-2025, Tome 1, Diagnostic Stratégique. Les archives du REDENACI*.
- Ramdé, D. (2022). *Amélioration des Caractéristiques Géotechniques de la Grave Argileuse Latéritique par ajout de la Décoction des Gousses du Parkia biglobosa (Néré) pour une Utilisation en Couche de Roulement des Routes en Terre (ACIT)*.
- Ratsifarehandahy, D.F., Mamiharijaona, R., Rajaonah, R., & Randriamalala, T.R. (2020). Étude de la stabilisation de latérite par les liants, végétaux locaux et additif pour la construction routière. *Am. J. Innov. Res. Appl. Sci.*, 11(3),180-186.
- Shao, M. (2000). *Parkia biglobosa: changes in resource allocation in Kandiga, Ghana* [MSc Thesis, Michigan Technical University (USA)].
- Sina, S. (2006). *Reproduction et Diversité Génétique chez Parkia biglobosa (Jacq.) G.Don* [PhD thesis, Wageningen University(the Netherlands)].
- Sorgho, B., Bressollier, P., Guel, B., Zerbo, L., Ouedraogo, R., Gomina, M., & Blanchart, P.(2016). Etude des propriétés mécaniques des géomatériaux argileux associant la décoction de *Parkia biglobosa* (nééré). *Comptes Rendus Chimie XXX, Article in Press*,1-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.crci.2016.01.016>.
- Souley Issiakou, M., Saiyouri, N., Anguy, Y., Gaborieau, C., & Fabre, R. (2015). Etude des matériaux latéritiques utilisés en construction routière au Niger : méthode d'amélioration. 33èmes Rencontres de l'AUGC, ISABTP/UPPA, Anglet, 27 au 29 mai 2015,1-8.
- Talla, P.A. (2010). *Étude des constructions en briques de terre stabilisée à l'aide d'extrait de Parkia biglobosa* [Mémoire de Master, institut international d'ingénierie et de l'eau, Ouagadougou, (Burkina Faso)].
- Tangara, B. (2023). *Amélioration des caractéristiques géotechniques de la grave argileuse latéritique par ajout de la décoction des gousses du Parkia biglobosa (Néré) pour une utilisation en assise de chaussée des routes* [Mémoire de Master, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, Ouagadougou (Burkina Faso)].
- Yeo, N., Soro, D.F., & Koffi, Y.J.J. (2022). Le nééré : de l'espace domestique vers un espace marchand dans la Région du Poro (au Nord de la Côte d'Ivoire). *Revue Scientifique Spécialisée en Géographie*, 007,199-228.