



**HAL**  
open science

## **Contribution à l'identification et à la caractérisation des laterites utilisées dans la réhabilitation de la route nationale N°6 (RN6) Lot 1 ZIGUINCHOR-TANAFF**

Abdoul Salam Bah, Magatte Camara, Yapi Yaho Jonas Andji, M'Baye N'Diaye, Mamadou Baké Diaw, Amadou Wopa Diallo, Mamadou Bailo Diallo

### ► **To cite this version:**

Abdoul Salam Bah, Magatte Camara, Yapi Yaho Jonas Andji, M'Baye N'Diaye, Mamadou Baké Diaw, et al.. Contribution à l'identification et à la caractérisation des laterites utilisées dans la réhabilitation de la route nationale N°6 (RN6) Lot 1 ZIGUINCHOR-TANAFF. [Rapport de recherche] Université Gamal Abdel Nasser de Conakry. 2016. hal-01264236

**HAL Id: hal-01264236**

**<https://hal.science/hal-01264236>**

Submitted on 6 Feb 2016

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# CONTRIBUTION A L'IDENTIFICATION ET A LA CARACTERISATION DES LATERITES UTILISEES DANS LA REHABILITATION DE LA ROUTE NATIONALE N°6 (RN6) LOT 1 ZIGUINCHOR-TANAFI

Abdoul Salam BAH<sup>1\*</sup>, Magatte CAMARA<sup>2</sup>, Yapi-Yao Jonas ANDJI<sup>3</sup>, M'Baye N'DIAYE<sup>4</sup>, Mamadou Baké DIAW<sup>5</sup>, Amadou Wopa DIALLO<sup>6</sup>, Mamadou Bailo DIALLO<sup>7</sup>

1. Université Gamal Abdel Nasser de Conakry, Conakry, BP : 1147, Guinée.
2. Université Assane Seck de Ziguinchor, Ziguinchor, BP : 523, Sénégal.
3. Université Félix Houphouët Boigny de Cocody (CI), Abidjan, Côte-d'Ivoire.

[\\*thiamlac@yahoo.fr](mailto:*thiamlac@yahoo.fr)

## Sigles, acronymes et abréviations

*RN6*: Route Nationale N°6;

*MCC*: Millenium Challenge Corporation;

*CBR*: California Bearing Ratio;

*DRX*: Diffraction aux Rayons X ;

*MEB* : Microscopie Electronique à Balayage ;

*ATG* : Analyse Thermogravimétrique ;

*ATD* : Analyse Thermique Différentielle ;

*LA* : Latérite Adéane ;

*LD1* : Latérite Diagon1 ;

*LD2* : Latérite Diagon2 ;

*LSB* : Latérite Simbandibrassou ;

*K*: Kaolinite ;

*Q*: Quartz ;

*I* : Illite ;

*H* : Hématite ;

*ESSAI CBR* : L'indice California Bearing Ratio (CBR) est un test de pénétration qui permet d'évaluer l'aptitude du matériau à supporter les charges des remblais et des couches de formes compactées des ouvrages routiers.

*ESSAI LIMITES D'ATTERBERG* : ce sont les limites de liquidité et de plasticité représentant la teneur en eau pondérale correspondant à des états particuliers d'un sol.

## Liste des tableaux

Tableau 1: Composition chimique des oxydes majeurs..... 6

Tableau 2: Proportions pondérales approximatives des différentes phases minérales ..... 6

Tableau 3: Degré de latérisation ..... 6

Tableau 4: Récapitulatif identification complète ..... 6

## Liste des figures

Figure 1: Récapitulatif des analyses effectuées ..... 4

Figure 2: Diffractogrammes RX: a)Adeane; b)Simbandibrassou; c)Diagon I; d) Diagon II..... 5

Figure 3: Variation du CBR des graveleux latéritiques de Diagon II au Ciment ..... 7

Figure 4: Thermogrammes: a) Adeane; b) Simbandibrassou; c)Diagon I; c)Diagon II ..... 9

# CONTRIBUTION A L'IDENTIFICATION ET A LA CARACTERISATION DES LATERITES UTILISEES DANS LA REHABILITATION DE LA ROUTE NATIONALE N°6 (RN6) LOT 1 ZIGUINCHOR-TANAFF

Abdoul Salam BAH<sup>1\*</sup>, Magatte CAMARA<sup>2</sup>, Yapi-Yao Jonas ANDJI<sup>3</sup>, M'Baye N'DIAYE<sup>4</sup>, Mamadou Baké DIAW<sup>5</sup>, Amadou Wopa DIALLO<sup>6</sup>, Mamadou Bailo Diallo<sup>7</sup>

1. Université Gamal Abdel Nasser de Conakry, Conakry, BP : 1147, Guinée.
  2. Université Assane Seck de Ziguinchor, Ziguinchor, BP : 523, Sénégal.
  3. Université Félix Houphouët Boigny de Cocody (CI), Abidjan, Côte-d'Ivoire.
- \*thiamlac@yahoo.fr

## Résumé

Cette étude est une contribution à l'identification, la compréhension et la caractérisation des latérites utilisées dans le projet de réhabilitation de la route nationale N°6 (RN6) sur le tronçon Ziguinchor-Tanaff. Etablir la liaison entre les caractéristiques liées à l'argilosité, la granulométrie, l'état hydrique, le comportement mécanique et les propriétés physico-chimiques des latérites en vue d'apprécier leur performance. Les essais d'identification montrent que les latérites des emprunts d'Adéane, Simbandi brassou, Diagon I et II sont sableuses, graveleuses avec fines, et présentent une argilosité moyenne. Les résultats des analyses et processus physico-chimiques traduisent l'existence des phases minérales : de la kaolinite, du quartz, de l'hématite et de l'illite en faible proportion dans les carrières de Diagon I et II. L'évaluation de la résistance mécanique avec les références de compactage en rapport avec les caractéristiques élastiques des matériaux latéritiques nécessite d'adopter une couche de base en graveleux latéritiques améliorés au ciment portland au calcaire CEMII/B-LL32.5N, sans quoi la structure de chaussée ne supporterait pas le trafic. Les résultats de l'analyse physico-chimique et de comportement mécanique des latérites améliorées au ciment attestent bien que ces matériaux conviennent parfaitement à la mise en place d'une structure de chaussée de qualité pouvant supporter le niveau de trafic.

**Mots clés :** *latérite ; identification ; caractérisation ; réhabilitation ; route.*

## Abstract

This study is a contribution to the identification, understanding and characterization of laterite used on the National Road Rehabilitation Project N°6 (RN6) to the Ziguinchor-Tanaff section. Establish a connection between the characteristics related to the kind, particle size, moisture conditions, the mechanical behavior and the physicochemical properties of laterite to assess their performance. The identification tests show that laterites of borrowing Adeane, Simbandi brassou, Diagon I and II are sandy, gravelly fine with, and exhibit an average clay content. The results of physicochemical analysis and processes reflect the existence of the mineral phases of Kaolinite, quartz, hematite and illite in small proportion in the quarries of Diagon I and II. The evaluation of the mechanical strength with compaction references related to the elastic characteristics of lateritic materials requires adopting a

base layer of lateritic gravel improved Portland-limestone cement *CEMII / B-LL32.5N*; otherwise the structure would not support traffic. The results of physicochemical analysis and mechanical behavior of cement improved laterites attest that these materials are ideal for the establishment of a quality pavement structure can support the level of traffic.

**Keywords:** *Laterite; identification; characterization; rehabilitation; road.*

## **1. Introduction**

La Casamance est située au Sud du Sénégal et joue un rôle important dans l'économie du pays. Cependant, son enclavement lié à la position de la Gambie, le manque d'infrastructures routières et le mauvais état des routes existantes freinent les efforts de développement dans cette région.

Ainsi dans le cadre des programmes de développement intégré des régions Nord et Sud du pays, l'Etat du Sénégal a obtenu un financement du Gouvernement Américain à travers le Millenium Challenge Corporation (*MCC*) pour réhabiliter la route nationale N°6, de Ziguinchor à Vélingara et reconstruire le pont de Kolda. Cependant la réalisation du projet se heurte à de multiples contraintes liées à la complexité de la région et aux exigences du bailleur de fond. Aussi une importance est accordée aux études de contrôle qualité des matériaux de construction avant le démarrage des travaux<sup>[1]</sup>.

La construction routière étant régie par des normes visant la sécurité des usagers, en harmonie avec le volume de trafic et la durée de vie de l'ouvrage<sup>[2]</sup>. C'est dans ce contexte que s'inscrit ce travail de recherche, qui vise à contribuer à l'identification et à la caractérisation des matériaux latéritiques utilisés dans le projet de réhabilitation de la route nationale N°6 *Ziguinchor-Tanaff*.

Les travaux de recherche développés tentent de contribuer au défi adressé à la société Isolux Corsan Corviam qui est de construire des routes sûres dans le respect des normes internationales.

Nous aborderons les relations entre les caractéristiques liées à l'argilosité, la granulométrie, l'état hydrique, le comportement mécanique et les propriétés physicochimiques des latérites. Nous avons pour cela sélectionné des matériaux que nous avons vigoureusement caractérisé afin d'apprécier leur performance.

## **2. Matériel et méthodes**

Dans notre cas d'étude, les analyses ont été effectuées sur des prélèvements au niveau des emprunts d'Adeane, Simbandibrassou et de Diagon I et II.

Les échantillons destinés aux essais passent d'abord par l'échantillonnage afin de prélever le matériau représentatif pour les essais d'identification qui sont : les paramètres de nature, d'état hydrique et de comportement mécanique. Puis le traitement par quartage permet à son tour de prélever les échantillons destinés à la caractérisation structurale des matériaux.

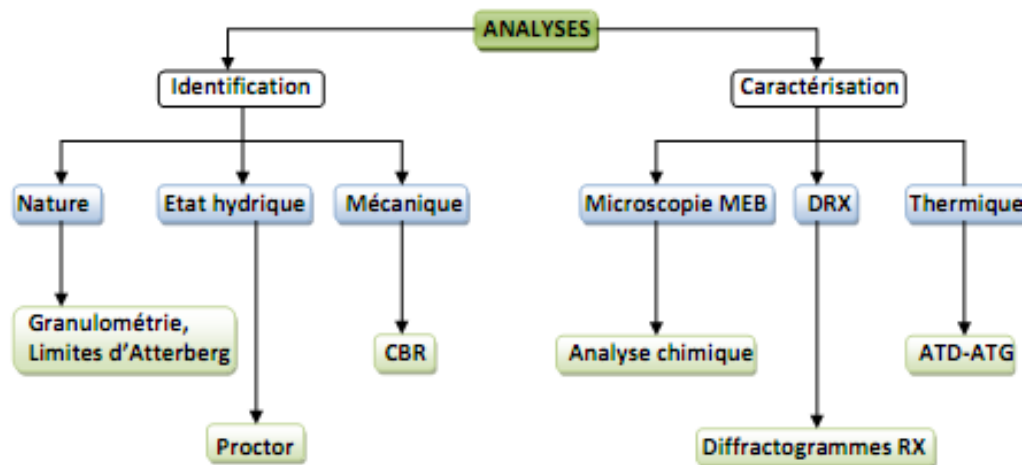


Figure 1: Récapitulatif des analyses effectuées

### a) Identification complète des matériaux latéritiques

L'analyse a été effectuée au laboratoire de contrôle qualité géotechnique des matériaux Isolux Corsam.

#### - Paramètres de nature

1) *Analyse granulométrique* : distribution de la taille des particules; [3]

Un dispositif de lavage (arroseur, malaxeur, tamis 0,080mm) ; Série de tamis selon la norme ; Couverts et fonds de tamis de même diamètre que les tamis imposés ; Récipients en matériau non altérable, brosse, pinceau,... ; Balance précise à 0,001 près ; Etuve réglable à 105°C.

2) *Limites d'Atterberg (Argilosité)* : classification des sols par le truchement des limites de liquidité ( $W_L$ ) et de plasticité ( $I_P$ ). [4]

Un récipient d'au moins 2 litres ; un bac ; un tamis de 0,400 mm ; un appareil de casagrande et accessoire (coupelle, spatule, couteau, outil à rainure, une calle de calibrage 10 mm d'épaisseur) ; une plaque en marbre ou en verre ; une balance à 0,001 près ; boîtes de pétrie ; une étuve.

#### - Paramètres d'état hydrique et de résistance mécanique:

3) *Etat hydrique (Proctor)* : teneur en eau, déterminer les états du sol : état très sec, état sec, état moyen sec, état humide, état très humide et conduisant à optimiser l'énergie de compactage des matériaux. [5,6]

Tamis d'ouverture nominales 5mm et 20mm ; Balance précise à 0,001 près ; Des récipients ou bacs hermétique permettant de conserver la teneur en eau des échantillons ; Des pulvérisateurs à eau ; Malaxeur desagregateur mécanique, Extracteur d'éprouvette ; Dame ; Un outil de main ; Lame à araser ; Disque normalisé.

4) *Comportement Mécanique (CBR)* : aptitude du matériau à supporter les charges et le niveau de trafic. [7] Moule CBR ; les dames ou machines de compactage ; l'ensemble accessoires (plaque de base, rehausse, disque, d'espacement, règle à araser ...) ; Le matériel d'usage courant (balance, étuve, bacs ...).

## b) caractérisation

### - Diffraction aux rayons X (DRX)

Les diffractogrammes des échantillons analysés ont été réalisés à l'aide d'un diffractomètre MPD Panalytical X'pert Pro, Chambre HTK Anton Paar, muni d'une anticathode de cuivre ( $\lambda = 1,540598 \text{ \AA}$ ). L'analyse a été effectuée au laboratoire du Département de chimie de l'INSA de Rennes (France).

### - Microscopie électronique à balayage (MEB)

L'analyse a été effectuée au laboratoire du Département de chimie de l'INSA de Rennes (France) avec le MEB Hitachi, TM-1000 Swift ED-TM.

### - Analyse thermique différentielle et thermogravimétrie (ATD-ATG)

L'analyse a été effectuée au laboratoire du Département de chimie de l'INSA de Rennes (France) avec Analyseur Perkin Elmer, Diamond ATG/ATD.

## 3. Résultats et discussions

Les diffractogrammes de nos échantillons sont exploités à la base des données WINPLOTER et de la loi de Bragg. Les distances inter-réticulaires montrent la présence des pics traduisant la présence des phases minérales : de la kaolinite, du quartz, de l'hématite et de l'illite en faible proportion dans les emprunts de Diagon I et II. [8]

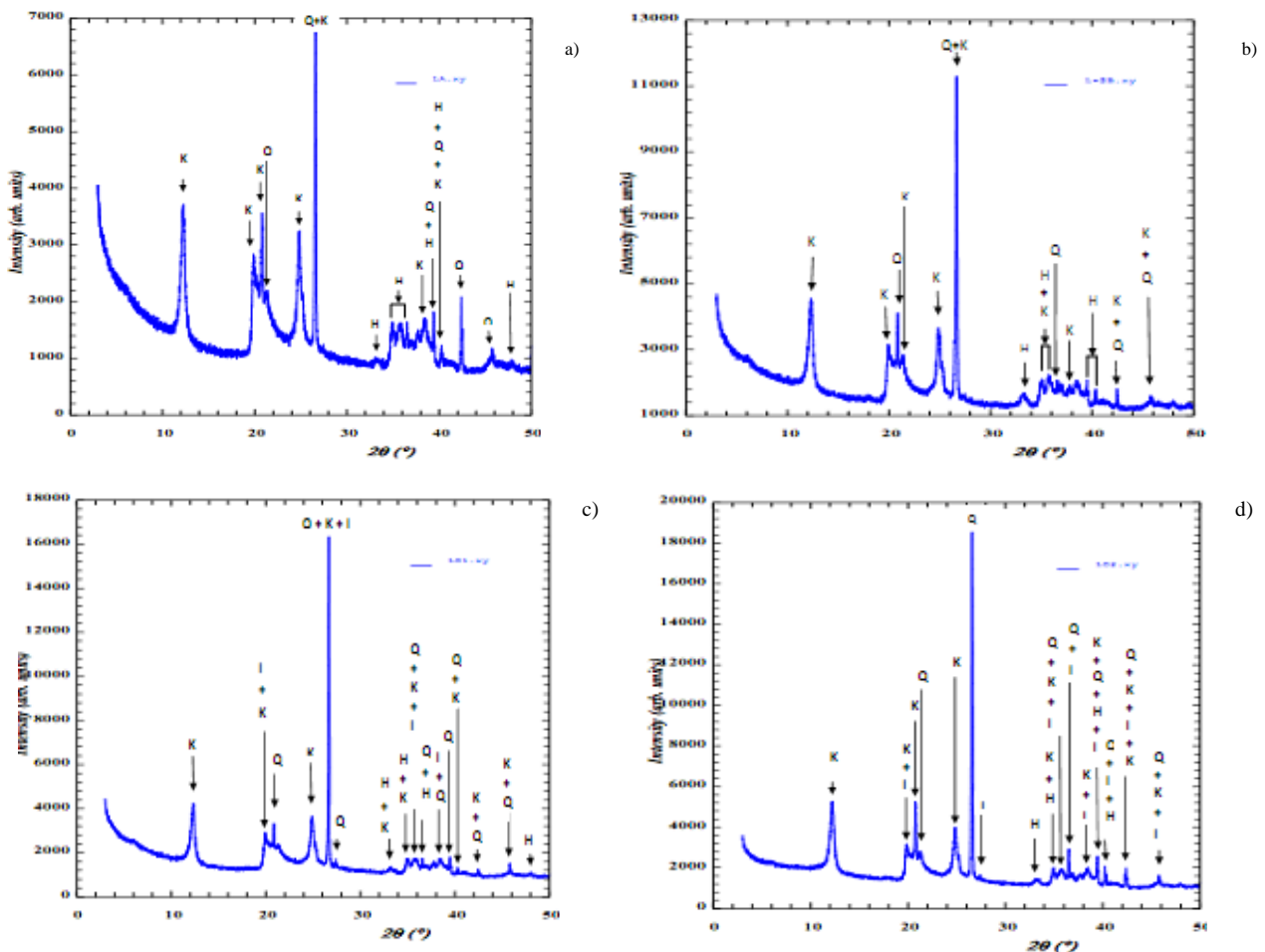


Figure 2: Diffractogrammes RX: a)Adeane; b)Simbandibrassou; c)Diagon I; d) Diagon II

**Tableau 1: Composition chimique des oxydes majeurs**

	ADEANE	SIMBANDI BRASSOU	DIAGNON I	DIAGNON II
% SiO <sub>2</sub>	54.490	39.606	42.086	50.455
% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31.123	24.220	25.752	26.382
% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.278	34.017	30	20.940
% TiO <sub>2</sub>	1.808	2.155	1.882	2.086
% K <sub>2</sub> O	-	-	0.229	0.128
% CuO	-	-	0.039	-
<b>TOTAL</b>	<b>99.990</b>	<b>99.998</b>	<b>99.99</b>	<b>99.990</b>

**Tableau 2: Proportions pondérales approximatives des différentes phases minérales**

CARRIERES	KAOLINITE %	ILLITE %	QUARTZ %	HEMATITE %
ADEANE	78.720	-	17.876	12.278
SIMBANDI	61.260	-	11.110	34.017
DIAGNON I	63.250	1.983	11.790	30
DIAGNON II	65.677	1.108	19.410	20.940

Le degré de latérisation (*R*) montre que seules les carrières de Simbandibrassou et de Diagon I ont un degré de latérisation satisfaisante, mais cette approche qui est objet de controverse est loin d'être satisfaisante. En plus, le rapport dépend toujours de la fraction granulométrique.

**Tableau 3: Degré de latérisation**

CARRIERES	%SiO <sub>2</sub>	%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	R	DEFINITIONS
ADEANE	54.490	31.123	12.278	2.300	Non latéritique
SIMBANDI	39.606	24.220	34.017	1.466	Latéritique
DIAGNON I	42.086	25.752	30	1.594	Latéritique
DIAGNONII	50.455	26.382	20.940	2.150	Non latéritique

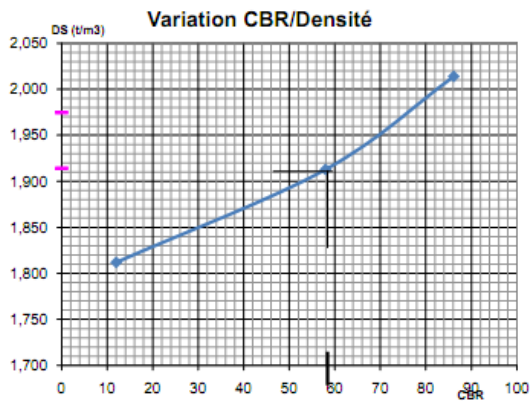
**Tableau 4: Récapitulatif identification complète**

CARRIERES	ANALYSE GANULOMETRIQUE (%)	LIMITES D'ATTERBERG		PROCTOR		CBR
		W <sub>L</sub>	Ip	γd(t/m <sup>3</sup> )	ω (%)	
ADEANE	18	39	20	1.935	11.8	41
SIMBANDI	19	44	22	1.973	12.3	45
DIAGNON I	22	43	22	1.946	10.6	37
DIAGNON II	16	37	18	2.015	9.3	58

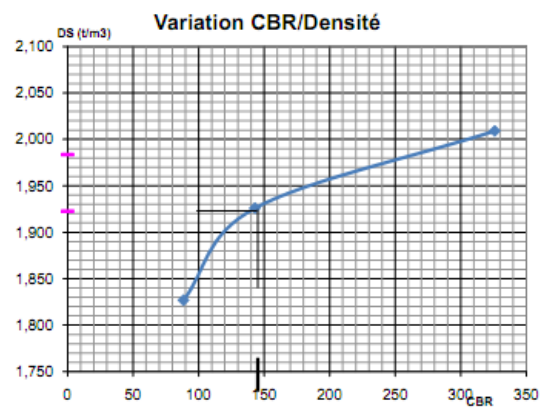
*W<sub>L</sub>* : limite de liquidité, *Ip* : indice de plasticité, *γd* : densité sèche optimale, *ω* : teneur en eau optimale, *CBR* : indice de portance du matériau.

De ces résultats d'identification on constate que la carrière de Diagon II montre les critères de choix pour la couche de base de la route.

Les autres carrières par contre montrent des performances de choix pour la fondation, les remblais techniques, le terrassement. Des résultats de l'identification complète, nos matériaux sont : de la classe B : Sol sableux et graveleux avec fines, Sous classe B<sub>6</sub> : Sable et graves argileux.

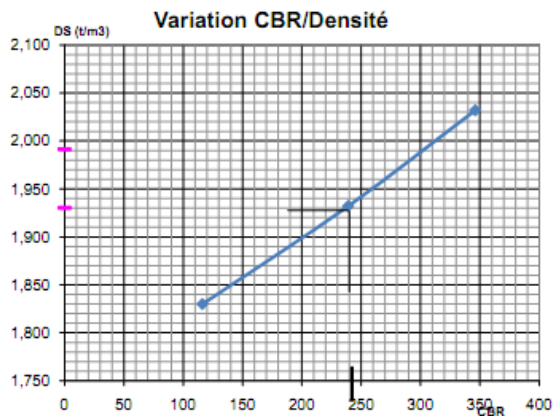


*Laterite crue (CBR = 58)*

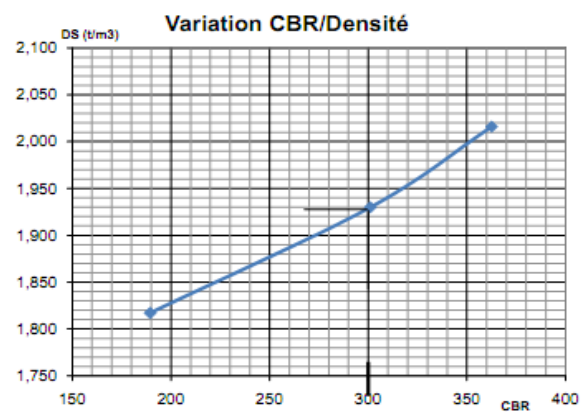


*Latérite amélioré à 2 % (CBR = 140)*

Les courbes suivantes traduisent la variation du CBR des graveleux latéritiques de Diagon II à 2%, 2.5% et 3% améliorés au ciment *Portland CEMII/B-LL32.5N* de l'entreprise *SOCOCIM*. On constate une augmentation fulgurante de la capacité portante du matériau.



*Latérite améliorée à 2.5% au ciment (CBR = 298)*



*Latérite améliorée à 3% au ciment (CBR=239)*

**Figure 3:** *Variation du CBR des graveleux latéritiques de Diagon II au Ciment*

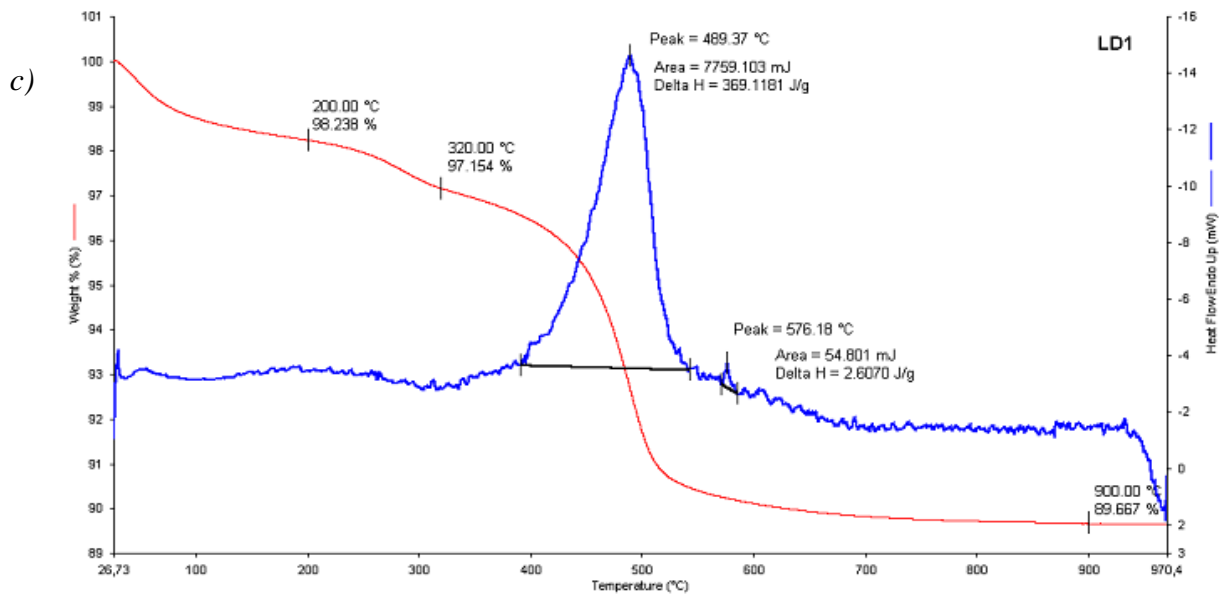
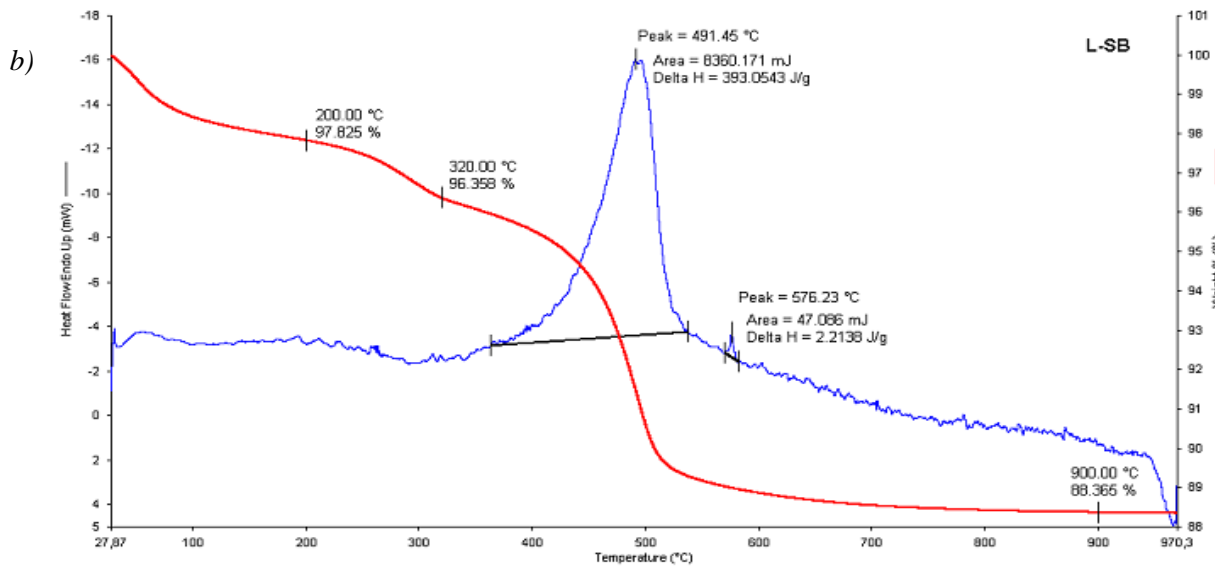
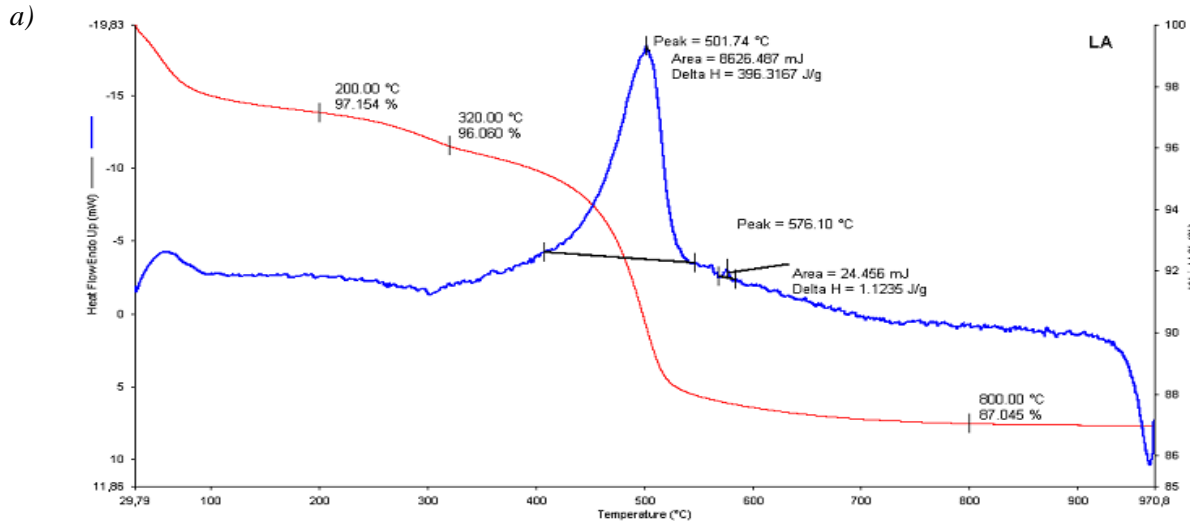
Ainsi le matériau amélioré sera considéré acceptable pour être utilisé dans le cadre de la réhabilitation de la route nationale N°6 (RN6).

### **- Analyse thermique différentielle et thermogravimétrie (ATD-ATG) : ADT (Bleue), ATG (Rouge)**

Les pics observés traduisent la perte de l'eau hygroscopique endothermiques, qui commence autour de 60 et se termine vers 100°C.

La présence de matières organiques se manifeste par les bosses exothermiques vers 300 très accentuées dans la carrière de Diagon II. On y distingue essentiellement deux pics, un pic endothermique traduisant la perte de l'eau de constitution et la formation de la metakaolinite entre 400 et 600°C correspondant à la déhydroxylation des minéraux argileux. Un pic exothermique entre 900 et 1000°C correspond à la réorganisation des minéraux argileux traduisant la transformation de la metakaolinite en spinelle et en silice amorphe.





d)

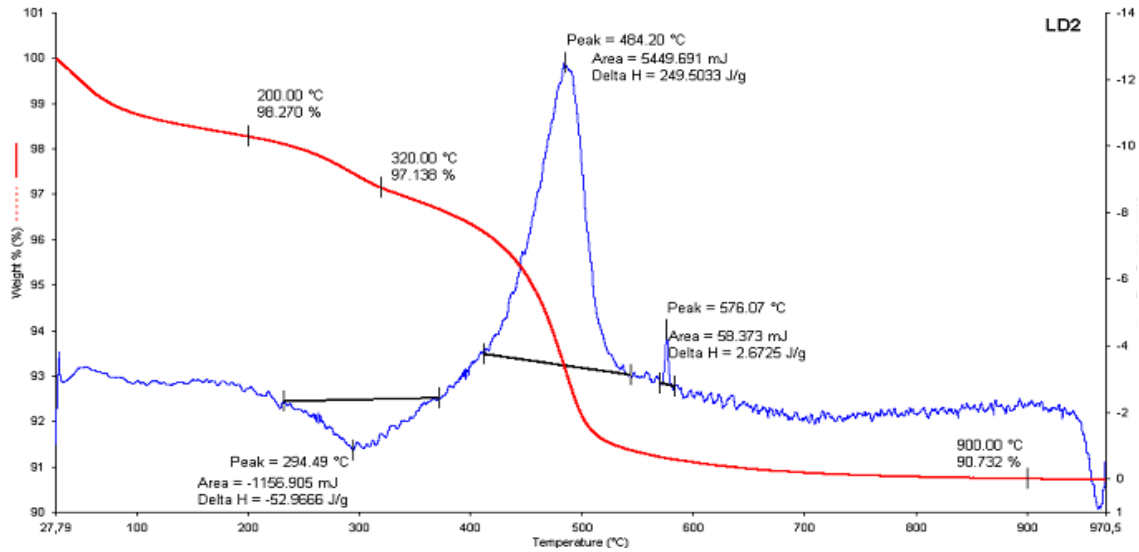


Figure 4: Thermogrammes: a) Adeane; b) Simbandibrassou; c)Diagnon I; c)Diagnon II

#### 4. Conclusion

Dans le domaine de la construction, le choix et la mise en œuvre des matériaux dépendent fortement de la structure de la matière, de son état physico-chimique, des paramètres technologiques de mise en œuvre ainsi que de l'environnement immédiat dans lequel elle est élaborée et mise en place.

Nos matériaux représentatifs des emprunts étudiés sont sableux et graveleux avec fines et présentent une argilosité moyenne. Les résultats de caractérisation physico-chimiques traduisent l'existence des phases minérales : de la kaolinite, du quartz, de l'hématite et de l'illite en faible proportion dans les carrières de Diagnon I et II.

L'évaluation de la capacité portante avec les références de compactage en rapport avec les caractéristiques élastiques des matériaux latéritiques nécessite d'adopter une couche de base en graveleux latéritiques améliorés au ciment portland au calcaire *CEMII/B-LL32.5N*, sans quoi la structure ne supporterait pas le trafic. La carrière de Diagnon II servira à la couche de base tandis que les carrières d'Adéane, Simbandi et de Diagnon I serviront aux remblais, le terrassement et à la fondation.

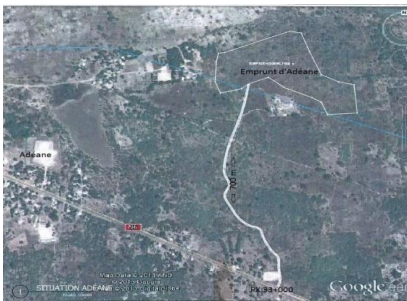
Les résultats d'identification complète des carrières est en parfait accord avec les paramètres physico-chimiques qui traduisent une teneur en kaolinite supérieure à 50 % mais qui reste un matériau de choix et stable pour la construction parmi les matériaux argileux.

Les résultats de l'analyse physicochimique et de comportement mécanique des latérites améliorées au ciment attestent bien que ces matériaux conviennent parfaitement à la mise en place d'une structure de chaussée de qualité pouvant supporter le niveau de trafic.

## 5. Bibliographie

- [1] Revue et finalisation des études détaillées et élaboration d'un plan d'action de réinstallation (par) de la route nationale RN6 tronçons *ZIGUINCHOR – TANAFF- KOLDA – VELINGARA. LOT 1, P.1-3, Juin 2012,*
- [2] Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux *CEBTP, P.61-67, 71,74, 1984 ;*
- [3] Analyse Granulométrique NFP 94-056 *méthode à tamisage à sec après lavage P.4-11, Mars 1996 ;*
- [4] Essai limite d'Atterberg NP 94-051, *Limite de liquidité à la coupelle, limite de plasticité au rouleau, P.4-12, Mars 1993 ;*
- [5] Méthode de Laboratoire, Essai Proctor NP-94 -053, *référence de compactage d'un matériau, Essai Proctor Normal et Proctor Modifié Novembre, SETRA fiche N°5, P.1 Mars 2007 ;*
- [6] NFP 94-050, *Essai Teneur en eau, teneur en eau pondérale des matériaux, méthode par étuvage, P.4-7, Septembre 1995;*
- [7] Essai CBR NP-94 -078, *SETRA fiche N°6, P.1 Mars 2007;*
- [8] Matériaux Argileux, structures, propriétés et application, *A Decarreau, groupe Français des argiles, Paris 1990 ;*

## 6. Annexes



Carrière d'Adeane



Carrière Simbandibrassou



Carrière de Diagon I et II

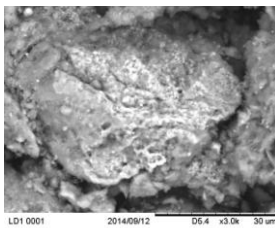


Image MEB Diagon 1

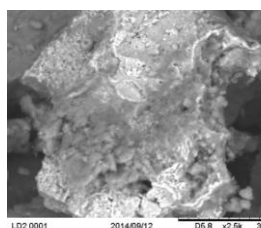
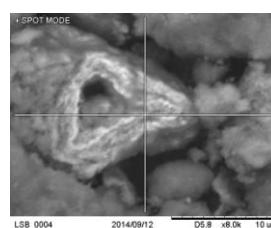
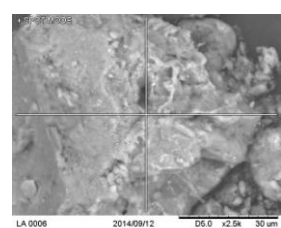


Image MEB Diagon 2



MEB Simbandibrassou



MEB Adeane

