

**UNIVERSITE DE YAOUNDE I
ECOLE NORMALE SUPERIEURE**



**THE UNIVERSITY OF YAOUNDE
HIGHER TEACHERS TRAINING
COLLEGE**

DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES

DEPARTMENT OF BIOLOGICAL SCIENCE

**CARACTÉRISATION GÉOTECHNIQUE DES GRAVELEUX LATÉRIQUES SUR
MICASCHISTES DE LA RÉGION
DE BATCHENGA (CENTRE - CAMEROUN)**

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Professeur de l'Enseignement Secondaire 2^{ème} Grade

Option : Sciences Biologiques

Par

NKOU ATANGANA Annick Mireille

Matricule : 10Y086

Licenciée ès Sciences

Sous la direction du

Dr Vincent Laurent ONANA

Chargé de Cours

Université de Yaoundé I

Année académique 2015 - 2016

À mes parents

Pascal Atangana Mbida et Adèle Mendouga Ndengue,

À mon fils,

Jean Bertrand Emmanuel Salla,

*en souvenir de votre sens du devoir, votre engagement, votre soutien inconditionnel, votre
volonté, votre persévérance et de vos sacrifices.*

REMERCIEMENTS

Un mémoire de DIPES II est le fruit d'un travail personnel, mais qui, pour ma part, n'aurait jamais abouti sans le concours constant d'un grand nombre de personnes que je souhaite remercier ici.

Je souhaite remercier Dieu tout puissant qui m'a donné force, courage et sagesse, pour réaliser ce travail.

Je remercie de façon très respectueuse le Docteur Vincent Laurent Onana pour avoir accepté d'être mon directeur de mémoire. Sa rigueur, son enthousiasme scientifique et ses précieux conseils ont beaucoup contribué à la réalisation du présent travail.

Je remercie également le Professeur Joseph Mvondo Ondo qui a suivi la progression de mes travaux malgré la distance, et le Docteur Christophe Mezui qui s'est toujours préoccupé de l'évolution de mon travail.

Je remercie le professeur Bonaventure Sonke, Chef du Département de Biologie de l'Ecole Normale Supérieure de Yaoundé I.

Je remercie tous les enseignants du Département de Biologie de l'Ecole Normale Supérieure de Yaoundé I, pour toutes les connaissances, à moi, transmises.

Je remercie infiniment mes aînés académiques qui m'ont orientée et ont veillé à ce que mon travail soit bien fait. Il s'agit de : Arnaud Ngo'o Ze et Marie Thérèse Nanga Bineli

Je dis merci à mes camarades de promotion avec qui j'ai passé beaucoup de temps au campus, il s'agit notamment de : Patrice Touon, Odette Nken Marra.

Toute ma gratitude va également à la grande famille Atangana, particulièrement à mon grand-frère le commissaire Leopold Maxime Eko Eko pour son soutien matériel et moral.

J'exprime ma profonde reconnaissance à tous mes amis, notamment Armand Mengue, Olivier Ndong Mballa, Marie Anne Ango, Adel Menzoo Lam, Edith Ngadomo, Andre Marie Owona, Celestin Atangana Atangana, Estelle Mbang, Flore Ebolo et, à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce travail.

TABLE DES MATIÈRES

DEDICACE.....	i
ABSTRACT	v
LISTE DES ABRÉVIATIONS ET DES ACRONYMES	vi
LISTE DES FIGURES.....	viii
CHAPITRE I	2
REVUE DE LA LITTERATURE.....	2
I. CADRE NATUREL.....	2
I.1. APERÇU GÉOGRAPHIQUE	2
I.1.1.Localisation de la zone d'étude.....	2
I.1.2.1. Climat.....	2
I.2.1.Poids volumiques réels.....	5
I.2.3.Limites d'Atterberg, Indice de plasticité et potentiel de gonflement	7
I.2.3.1. Limites de liquidité	7
I.2.3.2. Limites de plasticité.....	7
I.2.4. Densité sèche maximale, teneur en eau optimale	8
I.2.5. CBR.....	8
I.2.6. Principales spécifications.....	8
CONCLUSION.....	10
CHAPITRE II.....	11
MATÉRIELS ET MÉTHODES	11
II.1. TRAVAUX DE TERRAIN.....	11
II.1.1. Matériel.....	11
II.1.2. Localisation de la carrière	11
II.1.3. Description des matériaux	11
II.1.4. Prélèvement des échantillons.....	11
II.2.1. ESSAIS GÉOTECHNIQUES	12
II.2.1.1. Densités.....	12
II.2.1.2. Analyse granulométrique complète	12
II.2.1.5.Essai Proctor modifié	13
CONCLUSION.....	14
CHAPITRE III	15
RÉSULTATS ET DISCUSSION	15

III.1. RESULTATS	15
III.1.1. GRAVELEUX LATÉRITIQUES	15
III.1.2. Pétrographie des graveaux latéritiques	15
III.1.3. Poids spécifiques	16
III.1.4. Granularité	17
III.1.5. Limites d’Atterberg, indice de plasticité et potentiel de gonflement	18
III.1.6. Classification géotechnique	20
III.2. DISCUSSIONS	22
III.2.1. Pétrographie des graveaux latéritiques	22
III.2.2. Poids spécifiques	23
III.2.3. Granularité	23
III.2.4. Limites d’Atterberg, indice de plasticité et potentiel de gonflement	25
III.2.5. Classification géotechnique	27
III.1.6. Caractéristiques de compactage	28
III.1.7. Intérêt géotechnique des matériaux de la région de Batchenga en construction routière	28
CONCLUSION	29
CHAPITRE IV	30
INTÉRÊT DIDACTIQUE	30
BIBLIOGRAPHIE	37
ANNEXES	42

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the geotechnical properties of mica schists derived lateritic gravels from Batchenga region (Centre - Cameroon). Description of materials was done on the field. Geotechnical identification of lateritic gravels was carried out in the National Laboratory of Civil Engineering of Cameroon (LABOGENIE).

Geotechnical analyses indicate that the studied materials are gravel and silty sand of A-2-7(0) and A-2-7(1) classes. Their specific gravity is 2.86. The average plasticity index value is 20 %. The grading modulus and plasticity product values are 2.34 and 377.73 respectively. The average value of plasticity modulus is 443.72. Lateritic gravels of Batchenga are made of 18.86 % of fines, 25.98 % of skeleton and 22.02 % of mortar. The value of optimum water content is 9.29 % and that of maximum specific gravity is 2.18. The average CBR value is 50 %. Geotechnical analyses indicate that these materials can be used as sub-base and base layers in road construction. The optimization of their use for heavy traffic requires a chemical stabilisation with lime or cement.

Key words: mica schist, lateritic gravels, road construction, Batchenga - Cameroon.

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET DES ACRONYMES

AFNOR : Agence Française de la Normalisation

AASHTO : American Association for State Highway and Transportation Officials

HRB: Highway Research Board

OPM: Optimum Proctor Modifié

IRGM : Institut de Recherches Géologiques et Minières du Cameroun

CBR: Californian Bearing Ratio

GPS: Global Positioning System

VBS : Valeur au bleu de méthylène

SVT : Sciences de la Vie et de la Terre

ESA : Equivalent standard axle

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Données climatiques de la région de Batchenga couvrant la période de 1991 à 2004.....	6
Tableau 2. Classes de portances en fonction du trafic (Anonyme, 1984).....	11
Tableau 3. Récapitulatifs des données granulométrique des graveleux latéritiques de la région Batchenga	
21	
Tableau 4. Caractéristiques géotechniques des graveleux latéritiques de la région de Batchenga.....	23
Tableau 5. Classification et caractéristiques de compactage des graveleux latéritiques de la région de Batchenga.....	28

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Carte de localisation du secteur d'étude au 1/50 000.	3
Figure 2. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1957) appliqué aux données climatologiques de la station de Batchenga (1991 à 2004)	4
Figure 3. Carte géomorphologique de la région de Batchenga NA-32-XVIII-3C au 1/50 000. 8	
Figure 4. Coupe géologique des matériaux graveleux et argileux de la région de Batchenga..	19
Figure 5. Courbes granulométriques des graveleux latéritiques de de la région de Batchenga dans les fuseaux de spécification pour couches de fondation et base	22
Figure 6. Position comparée des graveleux latéritiques de la région de Batchenga dans le diagramme de plasticité	25
Figure 7. Position comparée des graveleux latéritiques de la région de Batchenga dans l'abaque de plasticité de Casagrande	26

ANNEXE

Tableau A. Fiche des données de Batchenga... ..I

Figure A. Tranchee routièreII

Figure B. Carrière en pleine exploitation.. .. III

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le Cameroun est entré dans le troisième millénaire avec des atouts importants mais aussi des défis majeurs à relever notamment, ceux de la construction des routes. La réalisation de ces ouvrages de génie civil se fait par l'utilisation des matériaux locaux tels les roches et les graveleux latéritiques. Les graveleux latéritiques représentent environ 70 % du territoire camerounais et constituent 90 % à 100 % des matériaux du corps de chaussée (Kassogue *et al.*, 2002). Les caractéristiques de ces matériaux sont responsables du comportement ultérieur de la chaussée. Mais, malgré les énormes investissements routiers consentis par le gouvernement, on constate toujours une rapide dégradation des infrastructures routières. De nombreux travaux (Ekodeck 1984, 1986 ; Onana 2001, 2002, 2010 ; Ntoulala 2009 ; Eyenga 2011 ; Ndzié Mvindi 2011 ; Djuickouo 2012 ; Edzimbi Mbarga 2013 ; Ntoh 2013 ; Nyemb 2013 ; Nanga 2015 ; Edang 2015 ; Bikoy 2015) ont été menés dans le but de déceler les mécanismes de ce phénomène et de contribuer à son éradication. Le premier constat qui s'en dégage est celui de la mauvaise qualité des matériaux utilisés en corps de chaussée. La recherche de meilleurs matériaux et l'amélioration des caractéristiques médiocres des matériaux existants font partie des solutions préconisées. Le présent travail a pour but d'étudier les matériaux graveleux de la région de Batchenga en vue de leur utilisation en corps de chaussée.

Ses objectifs spécifiques sont :

- de caractériser les matériaux étudiés sur le plan macroscopique
- de déterminer les paramètres géotechniques ;
- d'évaluer l'aptitude des matériaux étudiés en construction routière.

Le présent travail, outre l'introduction et la conclusion générales, s'articule autour de quatre (04) chapitres :

- le premier chapitre sur la revue de la littérature ;
- le second chapitre présente la méthodologie ;
- le troisième chapitre interprète et le quatrième chapitre montre l'intérêt didactique du sujet traité.
- discute les principaux faits d'observation et d'analyses ;

CHAPITRE I
REVUE DE LA LITTERATURE

INTRODUCTION

Le présent chapitre définit le milieu naturel de la zone d'étude. Il localise l'espace géographique et présente les données climatologiques, phytogéographiques et géomorphologiques. Il s'achève avec la présentation des travaux antérieurs à ceux en cours de réalisation.

I. CADRE NATUREL

I.1. APERÇU GÉOGRAPHIQUE

I.1.1. Localisation de la zone d'étude

La commune de Batchenga est l'un des dix (10) arrondissements que compte le département de la Lékié. Elle couvre une superficie de 216 km². Batchenga est limitée à l'Ouest par le département du Mbam et Inoubou, au Nord par le département du Mbam et Kim, au Sud par le département de la Mefou et Afamba et, à l'Est par le département de la Haute Sanaga (Fig. 1).

I.1.2. Géographie physique

I.1.2.1. Climat.

Les relevés pluviométriques de la région de Batchenga, entre 1991 et 2004, montrent que le total annuel des précipitations varie entre 1500 et 2000 mm. La température moyenne annuelle est de 24,3°C. Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1957) établi à partir des données pluviométriques et thermiques permet de distinguer deux périodes de pointe, en avril et en octobre (Fig. 2). Cette zone est soumise à un climat équatorial de type guinéen à quatre saisons inégalement réparties sur toute l'année.

I.1.2.2. Végétation

Deux grandes formations végétales caractérisent la végétation de la région de Batchenga. Il s'agit de la forêt galerie (aux abords du fleuve Sanaga et des rivières) et des savanes péri-forestières. Ces formations végétales sont riches en essences commercialisables, en Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) et en faune sauvage (Letouzey, 1985).

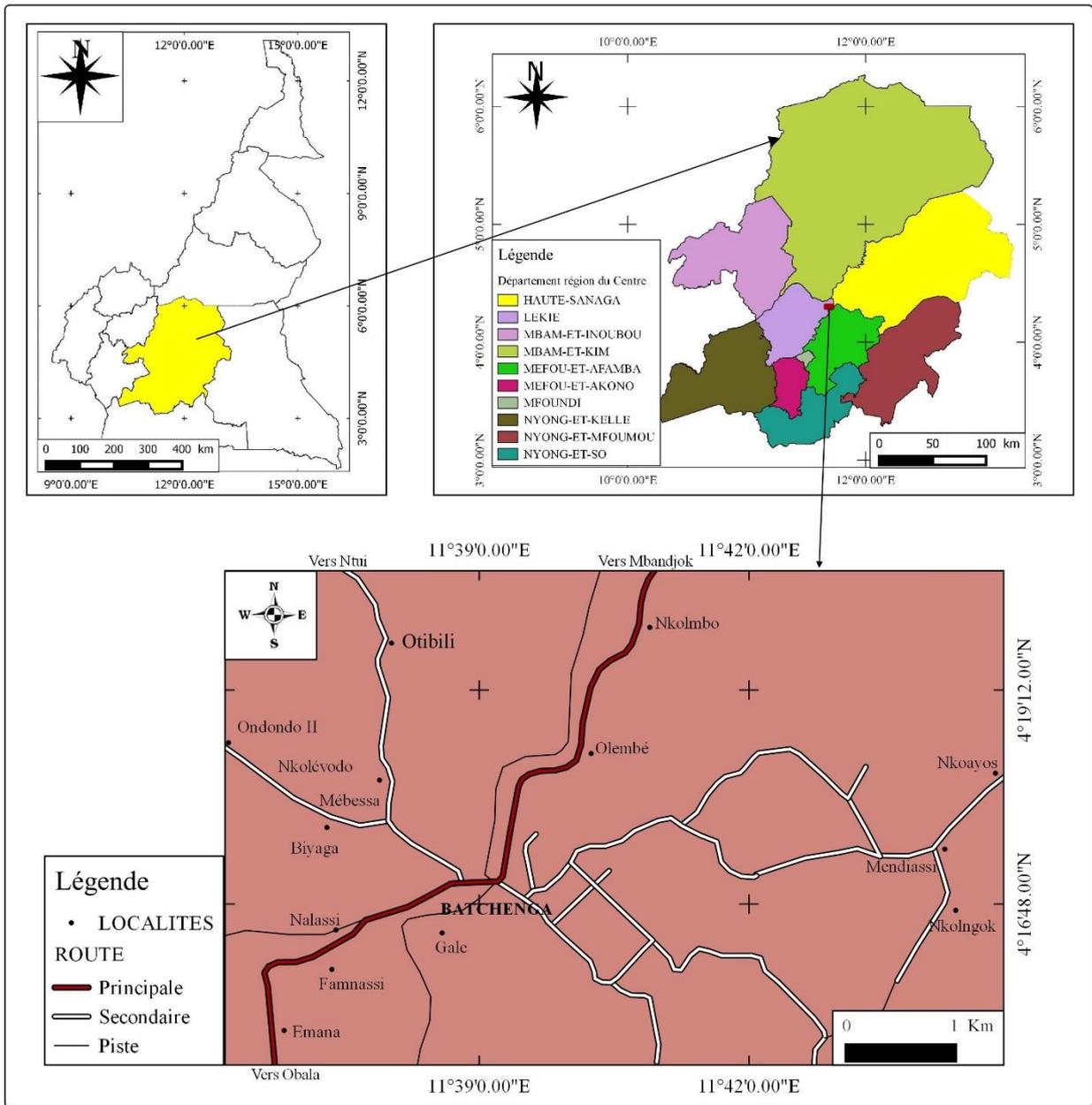


Figure 1. Carte de localisation du secteur d'étude au 1/50 000 (D'après la carte topographique de Batchenga NA-32-XVIII-3C au 1/50 000)

Tableau 1. Données climatiques de la région de Batchenga (1991 à 2004), d’après la station météorologique d’Obala.

Moy : Moyenne annuelle (°C)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	Moy
P (mm)	28,7	68,2	106,6	200,9	176,5	117,2	43,9	82,3	207,3	292,6	173,3	48,0	1545,5	-
T (°C)	25,2	25,5	23,4	25,3	24,8	24,2	23,7	23,5	22,1	24,8	24,6	25,0	-	24,3

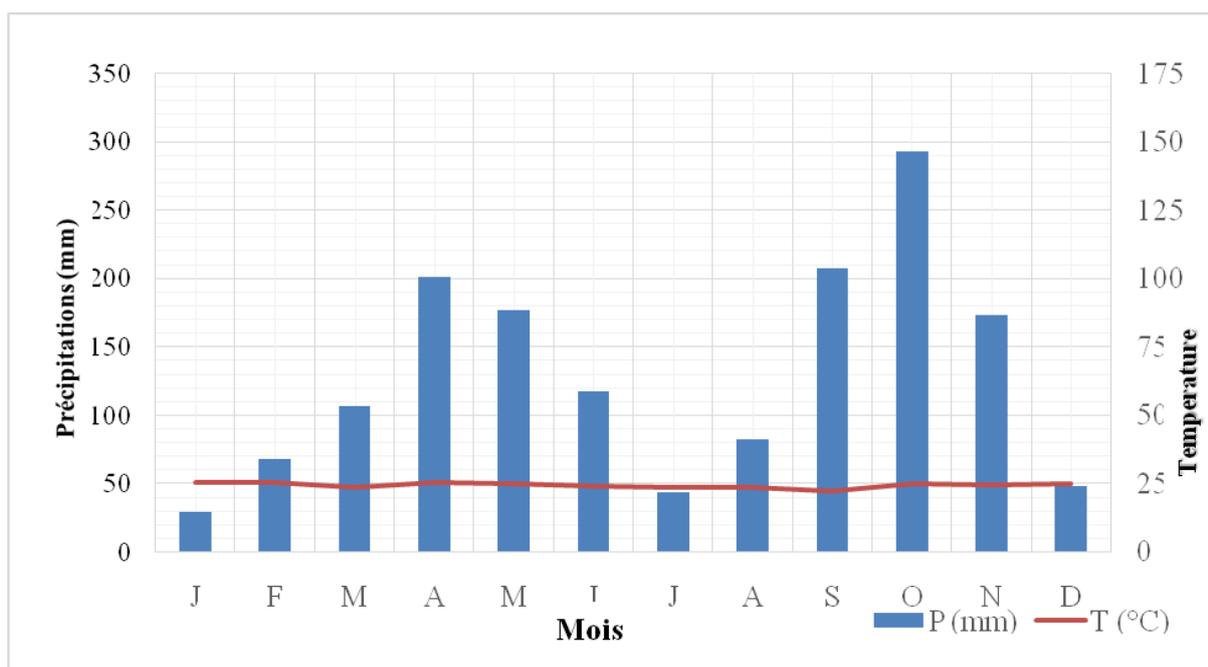


Figure 2. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1957) appliqué aux données climatiques de la région de Batchenga (1991 à 2004).

I.1.3. Géomorphologie

I.1.3.1. Orographie

De par sa proximité au fleuve Sanaga, la région de Batchenga présente un relief peu accidenté et varié (présence de plaines, de collines et de vallées) avec des pentes comprises entre 0 et 10 % . L'altitude moyenne est de 600 m (Vallerie 1995).

I.1.3.2. Hydrographie

Le secteur d'étude appartient au bassin versant de la Sanaga qui a une direction générale Est-Ouest (Youta 1998). Le principal cours d'eau de la région est l'Afamba qui a un sens découlement Nord-Sud. L'Afamba, affluent de la Sanaga, est drainé par les rivières Nala et Pamna (Fig. 2). La région de Batchenga est disséquée par un réseau hydrographique dont la densité de drainage et le nombre de cours d'eau sont élevés. Le réseau hydrographique est dendritique et, l'action érosive des eaux de ruissellement y est poussée.

I.1.4. Sols

Les sols de la région de Batechenga sont pour la plupart moyennement à faiblement désaturés en bases (Ekodeck 1984). La zone d'étude est constituée d'une juxtaposition de sols ferrallitiques faiblement désaturés, rajeunis, appauvris et de sols hydromorphes organiques (Vallerie 1995).

I.1.5. Populations et activités économiques

La région de Batchenga est peuplée en majorité des Etons (Menyara, Esselé, Mendoum, Ba'aba). On note aussi la présence des Ewondo, des Bulu, des Bamiléké, des originaires du Nord, des Maliens (Elong, 2004). Les populations de Batchenga s'adonnent à de nombreuses activités économiques. Celles-ci englobent l'agriculture, l'élevage, la chasse, la pêche, la coupe artisanale du bois et la collecte des Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL), l'exploitation artisanale du sable et l'agro-industrie.

I.2. TRAVAUX ANTÉRIEURS COMPLÉMENTAIRES

I.2.1. Poids volumiques réels

Les graveleux latéritiques présentent les valeurs de poids volumiques réels les plus élevées parmi les matériaux d'altération.

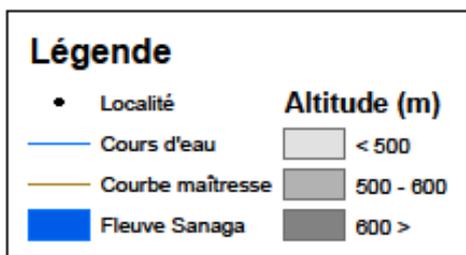
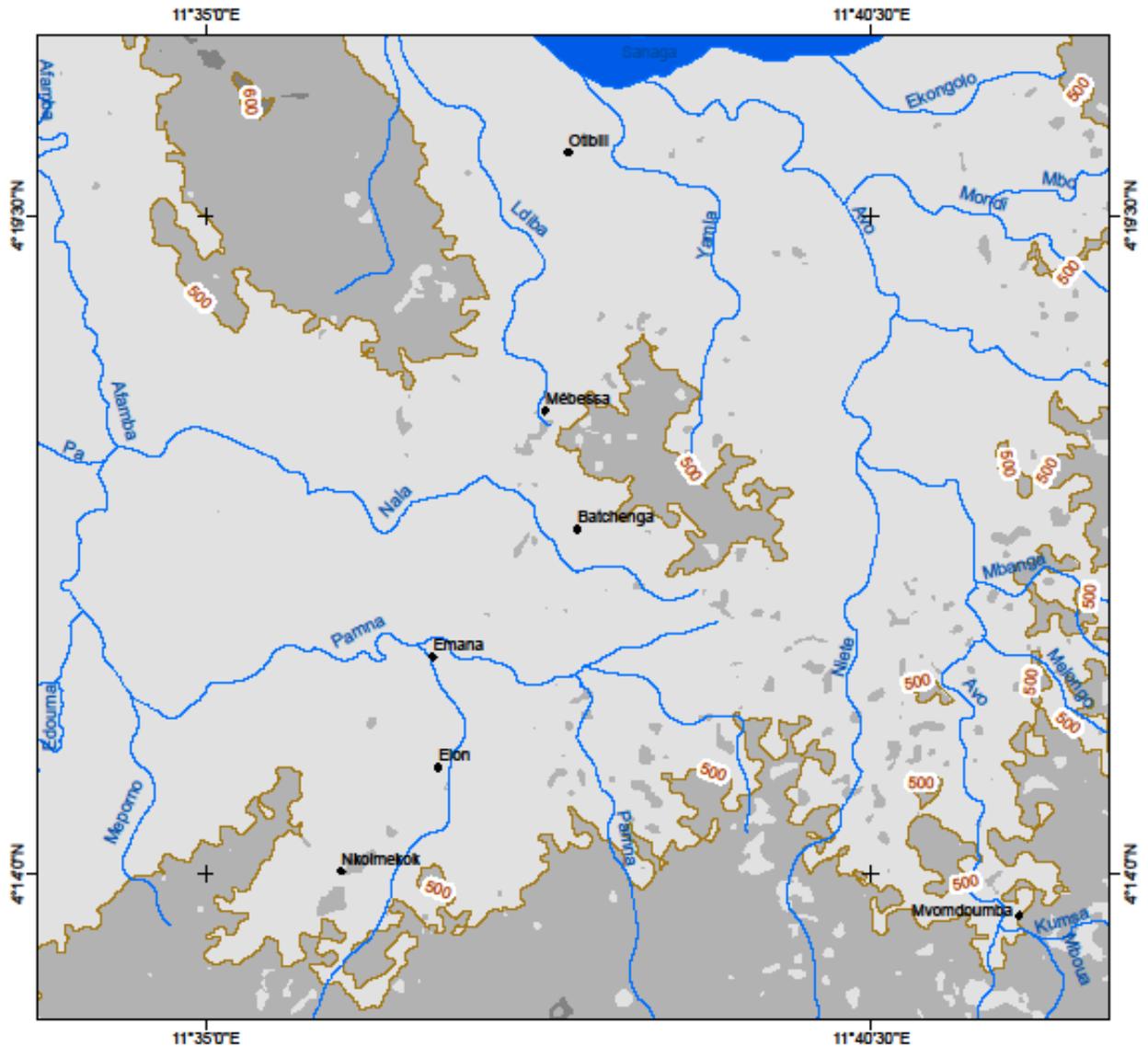


Figure 3. Carte géomorphologique de la région de Batchenga (d'après les cartes topographiques de Bafia NB-32-VI-2c et NB-32-VI-2a, au 1/50 000)

Celles-ci sont comprises entre 2,66 et 2,99 gf/cm³, soit une moyenne de 2,82 gf/cm³ dans la zone de la nappe du plateau sud - camerounais (Bikond Tonye 2003 ; Eyenga 2011 ; Ngo'o Ze 2011 ; Edzimbi Mbarga 2013).

I.2.2. Granulométrie

La courbe granulométrique montre très généralement un palier entre 0,080 et 2 mm qui traduit bien la dualité d'origine des composants du mélange naturel qu'est ce matériau (Ekodeck 1984). Les graveleux latéritiques sont des matériaux gravelo-sableux ou gravelo-argileux (Ekodeck 1984 ; Bikond Tonye 2003 ; Millogo 2008 ; Eyenga 2011 ; Ngo'o Ze 2011 ; Ngami 2012 ; Edzimbi Mbarga 2013).

I.2.3. Limites d'Atterberg, Indice de plasticité et potentiel de gonflement

Les essais de détermination des limites de consistance réalisés sur les matériaux ferrallitiques du Sud-Cameroun ne présentent pas de tendances particulières. Ces valeurs changent d'une zone à une autre probablement en fonction de la nature de la roche mère, de l'altération différentielle des matériaux et de la position topographique.

I.2.3.1. Limites de liquidité

Les valeurs des limites de liquidité sont très variables dans les graveleux latéritiques. Ces données varient entre 22 % et 95 % sur les graveleux latéritiques développés sur granites Millogo et *al.* (2008), Nanga (2015), Edang (2015), Bikoy (2015) et Ngono (2015). Djuickouo (2012) et Ntoh (2013) obtiennent des valeurs respectives de 63 % et 51 % sur les graveleux latéritiques résultants de l'altération des basaltes. Ces données sont variables, de l'ordre de 22 % à 81 %, sur les graveleux latéritiques dérivés des roches métamorphiques (Onana 2001, 2002, 2010 ; Ntouala 2009 ; Ndzié Mvindi 2011 ; Ngo'o Ze 2011).

I.2.3.2. Limites de plasticité

Les valeurs des limites de plasticité varient également d'un substratum à un autre. Ntouala (2009), Ngo'o Ze (2011) et Ngami (2012) obtiennent des valeurs respectives de 33 %, 27 %, et 29 % sur les graveleux latéritiques développés sur socle métamorphique. Abdoul Kadiri (2005), Millogo et *al.* (2008) et Wongolo (2011) obtiennent 39 %, 12 % et 33 % sur ceux développés sur socle plutonique. Ces données sont variables de l'ordre 27 % à 43 % sur socle volcanique (Ngami 2012 ; Djuickouo 2012 ; Ntoh 2013).

I.2.3.3. Indice de plasticité

Les valeurs d'indice de plasticité obtenues par Ngami (2012), Djuickouo (2012) et Ntoh (2013) sur les matériaux graveleux issus de l'altération des roches volcaniques sont respectivement de 29 %, 20 % et 24 %. Ntuala (2009), Ngo'o Ze (2011) et Edzimbi Mbarga (2013) obtiennent 30 %, 27 % et 29 %, sur les graveleux latéritiques dérivés des roches métamorphiques. Millogo et *al.* (2008), Wongolo (2011), Nanga (2015), Edang (2015), Bikoy (2015) et Ngonon (2015) obtiennent des valeurs comprises entre 10 % et 55 % sur ceux résultant de l'altération des roches plutoniques.

I.2.3.4. Potentiel de gonflement

Le potentiel de gonflement est une des caractéristiques nécessaires dans le choix d'un matériau en construction routière (Ngo'o Ze 2011 ; Ndzidé Mvindi 2011 ; Edzimbi Mbarga 2013) sur socle métamorphique, (Ntoh, 2013 ; Djuickouo, 2012) sur socle volcanique et (Nanga 2015 ; Edang 2015 ; Bikoy 2015 ; Ngonon 2015) sur socle plutonique, obtiennent des valeurs inférieures à 1,5 pour ce paramètre.

I.2.4. Densité sèche maximale, teneur en eau optimale

De l'ensemble des résultats obtenus (Eyenga 2011 ; Djuickouo 2012 ; Edzimbi Mbarga 2013 ; Nanga 2015 ; Edang 2015 ; Bikoy 2015 ; Ngonon 2015), il ressort que les graveleux latéritiques présentent les plus fortes valeurs de densité sèche maximale et les plus faibles valeurs de teneur en eau. Ces valeurs dans le domaine du Sud-Cameroun sont en moyenne de 1,88 pour la densité sèche maximale, et de 12,24 % pour la teneur en eau optimale.

I.2.5. CBR

Les résultats de l'essai CBR présentent les mêmes tendances que ceux de l'essai Proctor modifié (Onana 2002 ; Millogo et *al.* 2008 ; Ntuala 2009 ; Ngo'o Ze 2011 ; Eyenga 2011 ; Djuickouo 2012 ; Edzimbi Mbarga 2013 ; Nanga 2015 ; Edang 2015 ; Bikoy 2015).

I.2.6. Principales spécifications

Selon des recommandations (Anonyme 1984) les graveleux latéritiques peuvent être utilisés à différents niveaux du corps de chaussée (Tab. 2). De nombreuses normes d'utilisation des graveleux latéritiques en technique routière existent. Il s'agit de règles empiriques valables aussi bien pour les routes revêtues que celles non revêtues. Elles se basent essentiellement sur les résultats de l'analyse granulométrique, des limites d'Atterberg et des essais mécaniques.

Tableau 2. Classes de portance en fonction du trafic (Anonyme, 1984)

Types de sols	Portance	Utilisation
S1	CBR <5	matériau ne devant pas se trouver dans le corps de remblai sauf dans les zones où les sols latéritiques sont pratiquement absents
S2	5 < CBR < 10	Remblais
S3	10 < CBR < 15	remblais et couche de forme
S4	15 < CBR < 30	couche de forme et couche de fondation pour T1
S5	30 < CBR < 60	Couche de fondation pour T2, T3 et de base ou de roulement pour trafic T1
S6	60 < CBR < 120	Couche de fondation pour T3, T4 et couche de base pour T2
S7	CBR >120	Couche de base pour T3

D'un pays à un autre, les spécifications peuvent être différentes (Anonyme 1984) mais font des graveleux latéritiques de bons matériaux Cette pour couche de fondation. Pour ces couches, on exige des CBR au moins égal à 30.

CONCLUSION

La région de Batchenga, située à proximité du fleuve Sanaga, est une plaine d'altitude moyenne 600 m. région est soumise à un climat équatorial de type guinéen. La végétation est constituée de forêt galerie et des savanes périforestières. Le réseau hydrographique est de type dendritique. Les principales activités des populations sont l'agriculture, la chasse, la pêche et la collecte du sable. Les sols dominants dans cette région sont ferrallitiques et hydromorphes. Au sein de ces sols, se développent des graveleux latéritiques, objet d'investigations sur le terrain et en laboratoire.

CHAPITRE II
MATÉRIELS ET MÉTHODES

INTRODUCTION

Les travaux effectués sur le terrain ont consisté en la localisation du secteur d'étude et de la carrière, en la description et au prélèvement des échantillons. Les travaux de laboratoire ont consisté en la réalisation des essais géotechniques sur les graveleux latéritiques.

II.1. TRAVAUX DE TERRAIN

II.1.1. Matériel

Le matériel utilisé pour le terrain comprend : une carte topographique de Batchenga à l'échelle 1/50 000, une pioche, des sacs d'échantillonnage, un appareil photographique, des marqueurs, un carnet de terrain, un stylo à bille, une pelle, une machette, un double décimètre et un récepteur GPS de marque Garmin. La charte de teintes Munsell (2000) a été utilisée pour déterminer la couleur des matériaux.

II.1.2. Localisation de la carrière

Les échantillons de graveleux latéritiques ont été prélevés au PK 79 + 600 D dans la ville de Batchenga.

II.1.3. Description des matériaux

La description des matériaux s'est faite verticalement, du bas vers le haut. Elle a consisté en l'identification des matériaux. Les critères de description sont la texture, la structure, l'épaisseur, les limites entre les différents niveaux et la minéralogie. (De manière systématique)s

II.1.4. Prélèvement des échantillons

Cinquante (50) kilogrammes de graveleux latéritiques ont été prélevés dans les niveaux gravillonnaires de chaque profil pour des analyses géotechniques. Les échantillons sont prélevés avec une pioche, emballés, étiquetés et numérotés dans l'ordre chronologique de prélèvement. L'encodage comporte les initiales du nom du secteur d'étude (Ba), qui désigne le nom de la région suivi des nombres 1 à 10 qui indiquent le numéro du site.

II.2. TRAVAUX EN LABORATOIRE

II.2.1. ESSAIS GÉOTECHNIQUES

II.2.1.1. Densités

La mesure des valeurs de densité réelle sur les dix (10) échantillons étudiés s'est faite suivant la méthode décrite par Bouassida et Boussetta (2007).

II.2.1.2. Analyse granulométrique complète

L'analyse granulométrique a pour but de déterminer les proportions de grains de différentes tailles (granularité) d'un matériau. Elle s'effectue par tamisage (tamis à mailles carrées), selon le procédé décrit par Lanchon (1983), pour des grains de diamètre supérieur à 80 μm . L'analyse granulométrique par tamisage a été réalisée suivant la norme NF P 94-056.

II.2.1.3. Limites d'Atterberg

Les limites d'Atterberg sont des paramètres géotechniques qui servent à identifier un sol et à caractériser son état au moyen de son indice de consistance. Ces limites sont déterminées sur la fraction de sol passant au tamis de 400 μm (Dupain et *al.* 1995). Elles font l'objet de la norme NF P 94-051.

La limite de liquidité (ω_L) est la teneur en eau, à laquelle, le sol passe de la consistance plastique à la consistance liquide, à mesure qu'il s'imprègne d'eau.

La limite de plasticité (ω_P) est la teneur en eau, à laquelle, le sol passe de la consistance plastique, à la consistance semi-solide, à mesure qu'il sèche, ou à mesure qu'il s'imprègne d'eau. La limite de plasticité est inférieure à la limite de liquidité. Il faut donc laisser sécher l'échantillon plus longtemps.

La différence $I_P = \omega_L - \omega_P$, déductible des limites d'Atterberg, définit l'étendue du domaine plastique. C'est l'indice de plasticité. Cet indice permet d'apprécier la quantité et le type d'argiles dans un échantillon de sol.

II.2.1.4. Paramètres dérivés

Les paramètres dérivés servent à quantifier l'influence de la plasticité des fines sur la performance générale du matériau qui dépend de la proportion et de la nature de celles-ci. Ces paramètres sont :

- le module de classement $G_m = [300 - (\% \leq 2 \text{ mm} + \% < 425 \mu\text{m} + \% < 75 \mu\text{m})]/100$;
- le module de plasticité $P_m = I_P \times \text{pourcentage passant } 425 \mu\text{m}$ (Charman. 1988) ;

- le produit de plasticité $P_p = I_P \times$ pourcentage passant $75 \mu\text{m}$ (Charman. 1988).

II.2.1.5. Essai Proctor modifié

L'essai Proctor a pour objectif la détermination de la teneur en eau optimale et de la densité sèche maximale pour un compactage normalisé d'intensité donnée. Il consiste à compacter de façon identique des échantillons d'un même sol avec des teneurs en eau différentes. On constate que la densité sèche (γ_d) varie et passe par un maximum pour une teneur en eau déterminée dite optimale (ω_{opt}). L'essai a été réalisé selon la norme NF P 94-093.

II.2.1.6. Essai CBR

Le Californian Bearing Ratio (CBR) ou l'indice portant californien est un nombre sans dimension exprimant, en pourcentage, les rapports de pressions produisant un enfoncement donné dans un sol compacté et testé au laboratoire et un matériau standard (Englewood 1981) *in* Ntoh (2013). L'indice CBR est une grandeur utilisée pour caractériser un sol, en tant que support ou constituant d'une structure de chaussée. Dans le cadre du présent travail, il a été réalisé conformément à la norme NF P 94-078.

II.2.1.7. Classification HRB ou AASHTO

Dans cette classification utilisée au Cameroun, les graveleux latéritiques couvrent plusieurs classes. Les sols les plus graveleux sont de classes A-2-6 et A-2-7, tandis que les plus argileux (passant à $0,080 \text{ mm} > 35\%$) sont de classes A-7-5 et A-7-6. On rencontre parfois des sols A-5 et A-6 (Anonyme 1984 ; Sikali et Djalal 1986 ; Anonyme 1987, 1988). L'un des paramètres important de cette classification est l'indice de groupe. Cet indice permet de qualifier les matériaux en construction routière et se calcule selon la formule :

$$I_g = (F - 35) [0,2 + 0,005 (\omega_L - 40)] + 0,01 [(F - 15) (I_P - 10)]$$

où :

F : nombre entier exprimant le pourcentage de passant au tamis de $75 \mu\text{m}$;

ω_L : limite de liquidité;

I_P : indice de plasticité.

CONCLUSION

Les travaux effectués sur le terrain ont consisté au prélèvement des échantillons, mais également aux descriptions macroscopiques des matériaux et en la collecte des données. En laboratoire, les travaux ont porté sur les essais géotechniques notamment les essais d'identification complète. Les résultats de ces travaux sont consignés dans le prochain chapitre.

CHAPITRE III

RÉSULTATS ET DISCUSSION

INTRODUCTION

Ce chapitre présente, interprète et discute les résultats obtenus à la suite des travaux de terrain et ceux de laboratoire. Les données géotechniques sont mises ensemble, afin de permettre le choix judicieux des matériaux graveleux utilisables en construction routière dans la région de Batchenga.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. RESULTATS

III.1.1. GRAVELEUX LATÉRITIQUES

III.1.2. Pétrographie des graveleux latéritiques

Les graveleux latéritiques prélevés sur les sites Ba1 à Ba10 présentent dans l'ensemble les mêmes caractéristiques. Le profil d'altération général a une épaisseur moyenne de 3 m. Il présente du bas vers le haut une allotérite, un ensemble gravillonnaire et un niveau argileux meuble (Fig. 4).

L'allotérite est un matériau rouge (2,5YR 4/8). Sa structure est polyédrique et sa texture limono-sableuse. La limite entre ce niveau et l'ensemble gravillonnaire est nette et ondulée.

L'ensemble gravillonnaire (1,5 m) est composé, du bas vers le haut, du niveau cuirassé et du niveau nodulaire.

Le niveau cuirassé (2,5 - 3 m) présente une structure massive. La couleur d'ensemble est rouge (2,5YR 4/8). On y observe des cuirasses massives, poreuses, fortement indurées par endroit.

Le niveau nodulaire est un matériau rouge (2,5YR 4/8), d'épaisseur comprise entre 1,5 m et 2,5 m. On note l'abondance des nodules ferrugineux sub-arrondis (65 à 70 %), emballés dans une matrice argileuse (10 à 15 %) rougeâtre (2,5YR 4/8). On rencontre également de cristaux de quartz de petite taille constituant 15 à 25 % du matériau. Ce matériau est gravo-sableux et sa structure, polyédrique particulière. La limite avec le niveau sus-jacent est nette et ondulée.

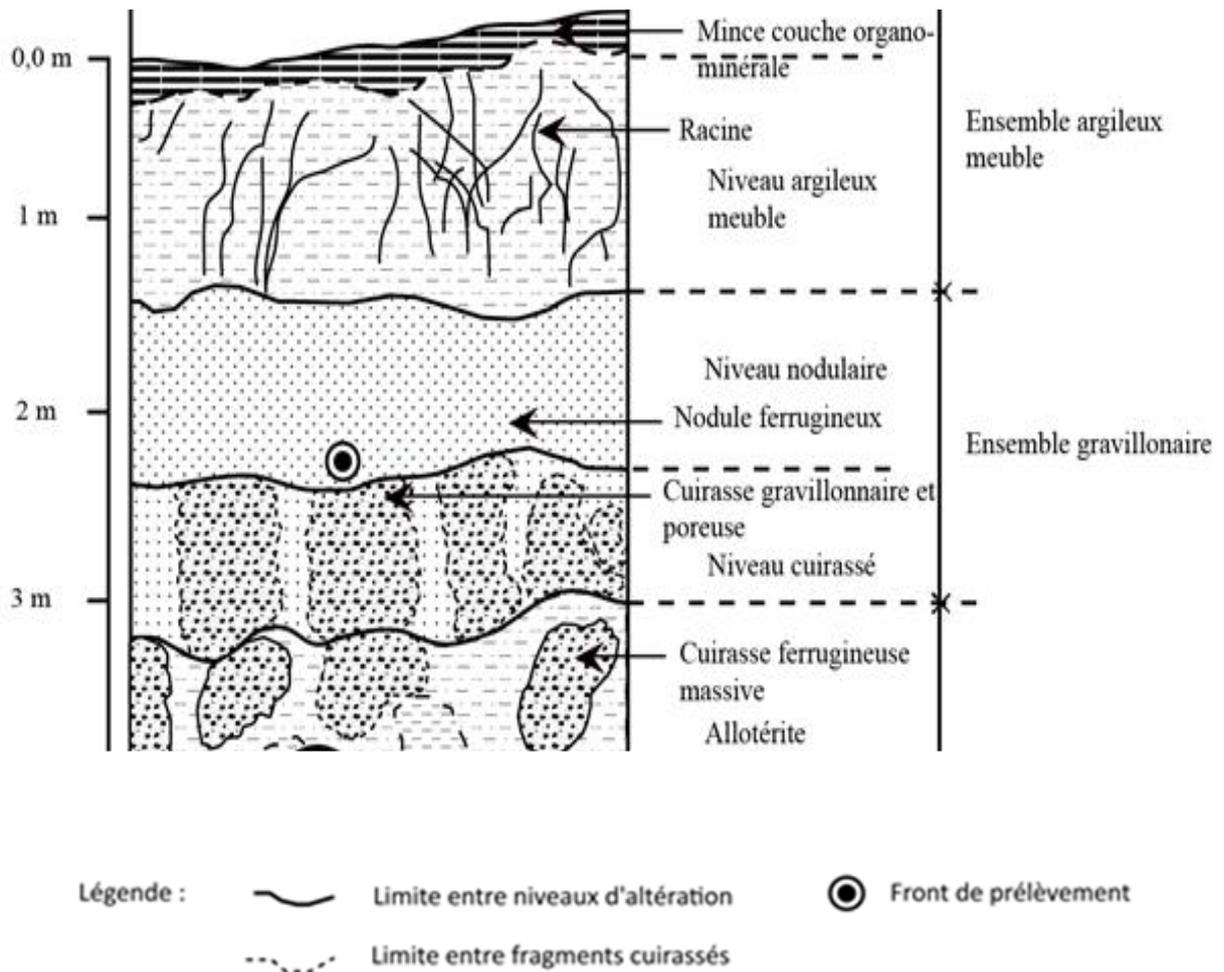


Figure 4. Coupe géologique des matériaux graveleux et argileux de la région de Batchenga

III.1.3. Poids spécifiques

Les valeurs de poids spécifiques des matériaux étudiés varient entre 2,74 et 2,97.

III.1.4. Granularité

Les graveleux latéritiques de Batchenga comprennent en moyenne 18,86 % de fines, 25,98 % de squelette et 22,02 % de mortier (Tab. 3).

Tableau 3. Données granulométriques des graveleux latéritiques de la région de Batchenga

Site	Batchenga PK 79 + 600D											
Code	Ba1	Ba2	Ba3	Ba4	Ba5	Ba6	Ba7	Ba8	Ba9	Ba10	Moy	Ecart-type
Squelette	19,4	20,7	28,6	29,3	23,5	25,6	28,6	31,5	30,7	21,9	25,98	4,14
$\Phi < 2 \text{ mm}$ Mortier	18,5	15,8	22,4	26	19,2	22,1	24,8	25,7	26,3	19,8	22,02	3,46
$\Phi < 0.425 \text{ mm}$ Fines	17,5	15,6	18,6	22	16,7	18,6	20,9	20	21,6	17,1	18,86	2,08
$\Phi < 0.080 \text{ mm}$												

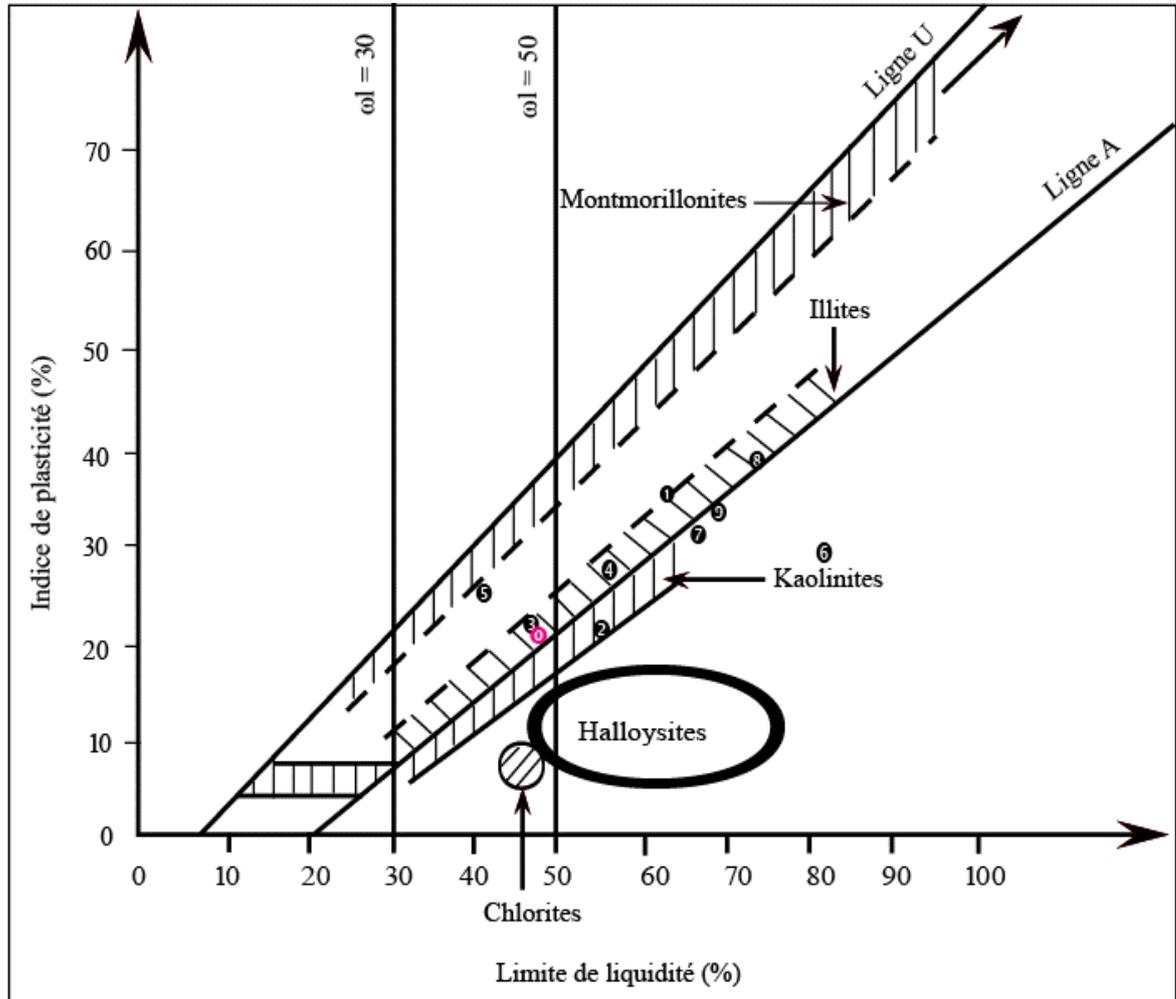
III.1.5. Limites d'Atterberg, indice de plasticité et potentiel de gonflement

Les valeurs élevées de limite de liquidité (45 à 51 %) obtenues dans les graveleux latéritiques de Batchenga (Tab. 4)

Tableau 4. Caractéristiques géotechniques des graveleux latéritiques de la région de Batchenga.

Site	Batchenga PK 79 + 600D										Moy	Ecart-type
	Ba1	Ba2	Ba3	Ba4	Ba5	Ba6	Ba7	Ba8	Ba9	Ba10		
Épaisseur (m)	1,20	1,20	1,10	1,20	1,10	1,40	1,10	1,30	1,10	1,40	1,21	0,11
Poids spécifique	2,91	2,87	2,97	2,82	2,74	2,82	2,91	2,85	2,83	2,87	2,86	0,06
Limites d'Atterberg												
Limite de liquidité (w_L) (%)	46,00	51,00	50,00	51,00	45,00	48,00	49,00	47,00	46,00	48,00	48,00	2,02
Indice de plasticité (PI) (%)	18,00	23,00	23,00	23,00	17,00	19,00	19,00	20,00	19,00	19,00	20,00	2,10
Paramètres dérivés												
Module de classement (Gm)	2,45	2,49	2,30	2,23	2,41	2,34	2,26	2,26	2,22	2,41	2,34	0,09
Module de Plasticité (Pm)	333,00	362,25	541,51	597,54	325,55	418,95	470,82	513,6	498,75	375,25	443,72	89,46
Produit de Plasticité (Pp)	315,00	358,80	427,80	506,00	283,90	353,40	397,10	400,00	410,40	324,90	377,73	61,14
Potentiel de gonflement	0,41	0,44	0,48	0,42	0,43	0,48	0,61	0,46	0,51	0,47	0,471	0,05

La position des graveleux étudiés dans l'abaque de plasticité de Casagrande (Fig. 7) indique que les argiles constitutives de ces matériaux sont des illites.



- Légende :
- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| ● Batchenga | ● Ntoh (2013) |
| ● Ngo'o Ze (2011) | ● Edzimbi Mbarga (2013) |
| ● Wongolo (2011) | ● Nanga (2015) |
| ● Ndzié Mvindi (2011) | ● Edang (2015) |
| ● Nyemb (2013) | ● Bikoy (2015) |

Figure 7. Position comparée des graveleux latéritiques de la région de Batchenga dans l'abaque de plasticité de Casagrande

III.1.6. Classification géotechnique

La classification HRB indique que les graveleux latéritiques de la région de Batchenga sont des matériaux de classes A-2-7(0) et A-2-7(1).

III.1.6. Caractéristiques de compactage

Tableau 5. Classification, et caractéristiques de compactage des graveleux latéritiques de la région de Batchenga

Site	Batchenga PK 79+ 600D												
Code	Ba1	Ba2	Ba3	Ba4	Ba5	Ba6	Ba7	Ba8	Ba9	Ba10	Moy	Ecart-type	
Classification HRB	A-2-7(0)	A-2-7(0)	A-2-7(0)	A-2-7(1)	A-2-7(0)	A-2-7(0)	A-2-7(0)	A-2-7(1)	A-2-7(1)	A-2-7(1)	A-2-7(0)	-	-
Teneur en eau OPM (%)	9,70	8,00	10,40	9,80	11,50	9,00	8,90	9,30	8,30	8,00	9,29	1,05	
Densité sèche maximale (T/m ³)	2,16	2,27	2,17	2,17	2,03	2,09	2,23	2,20C	2,19	2,26	2,18	0,07	
CBR à 95% OPM	45,00	58,00	45,00	46,00	41,00	45,00	58,00	55,00	50,00	57,00	50,00	6,12	

III.2.7. Intérêt géotechnique des matériaux de la région de Batchenga en construction routière

Les paramètres dérivés des propriétés de plasticité représentent la contribution effective de la plasticité des fines à la performance globale des matériaux, qui dépend de la proportion en fines (Charman 1988). Les limites de ces paramètres ne sont pas souvent spécifiées dans la plupart des normes. Cependant, certains critères de sélection des matériaux ont été suggérés par Charman (1988) pour la construction des couches de fondation et des couches de base des routes revêtues et non revêtues en zone tropicale. Les graveleux latéritiques étudiés ont des valeurs de module de classement (G_m) comprises entre 2,22 – 2,49, soit une valeur moyenne de 2,34.

III.2. DISCUSSIONS

III.2.1. Pétrographie des graveleux latéritiques

Le niveau argileux meuble (0 à 1,5 m) est un matériau rouge (2,5YR 4/8). Sa texture est argilo-sableuse et sa structure polyédrique.

Ces matériaux gravillonnaires dérivés de l'altération météorique des micaschistes sont plus épais que ceux issus des gneiss migmatitiques de Tonga (1,90 m) (Ngami 2012) et moins épais que ceux issus des formations rocheuses de Bangoua (5 m) (Wouatong et *al.* 2013). Cette évolution est influencée par des facteurs environnementaux (topographie, pluviosité). Ces observations sont proches de celles sur matériaux graveleux développés sur socle métamorphique de la région du Centre (Ndzié Mvindi 2011 ; Edzimbi Mbarga 2013).

III.2.2. Poids spécifiques

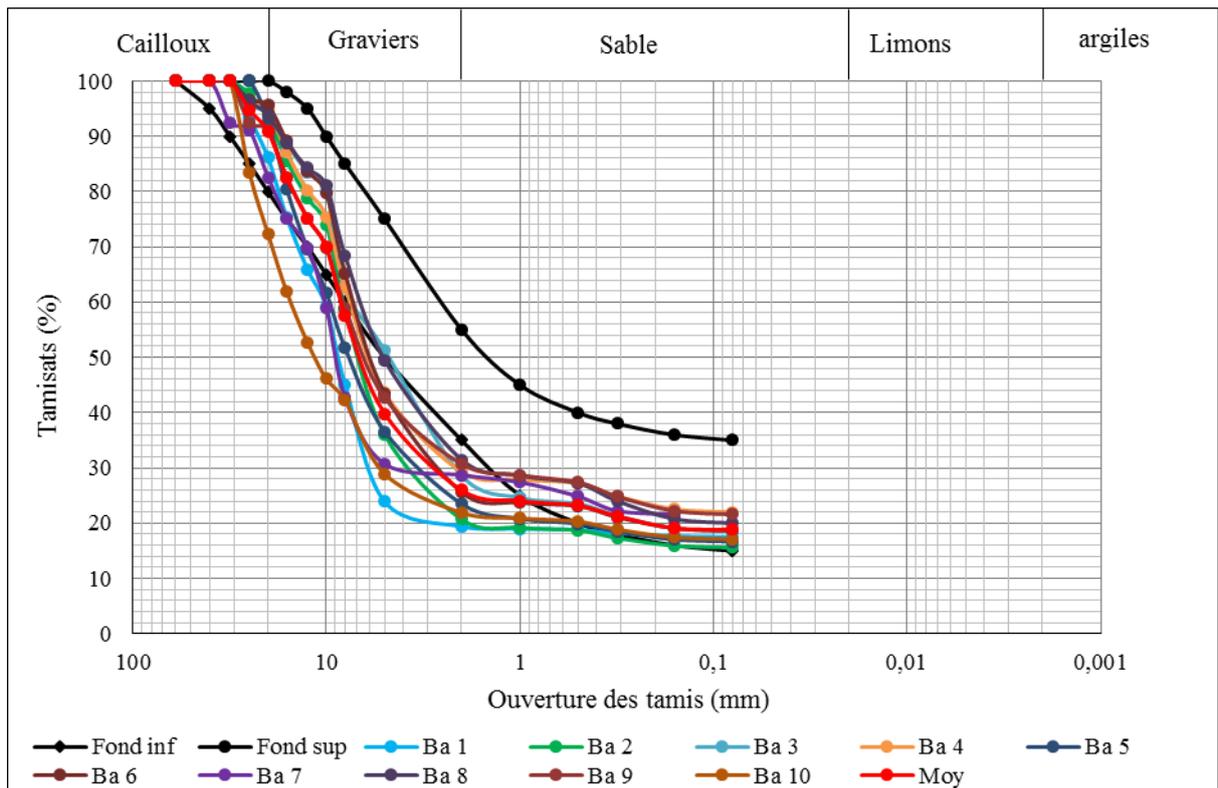
Les valeurs des poids spécifiques sont conformes à celles rencontrées dans les graveleux latéritiques en zone équatoriale humide (Charman 1988). Bikoy (2015), Edang (2015), Nanga (2015) et Ngono (2015) trouvent des valeurs qui varient entre 2,6 et 3,2 sur les graveleux latéritiques développés sur granites. Les gammes de valeurs des poids spécifiques obtenues ($2,74 < \gamma_s \leq 2,97$) dans les matériaux de Batchenga correspondent aux latérites ferrugineuses. Ces valeurs sont fonction du type de minéraux présents dans le matériau (Bohi 2008). Les fortes valeurs de poids spécifiques obtenues montrent que les matériaux latéritiques étudiés sont denses. La valeur moyenne de poids spécifique (2,86) des matériaux de Batchenga entre dans la fourchette définie par Nwaiwu *et al.* (2006) pour les graveleux latéritiques. Selon ces derniers auteurs, les graveleux latéritiques ont de mauvaises performances si leurs poids spécifiques sont inférieurs à 2,58 et de bonnes performances, s'ils sont supérieurs à 2,85.

Les valeurs obtenues sur les graveleux étudiés prédisent une performance bonne en construction routière.

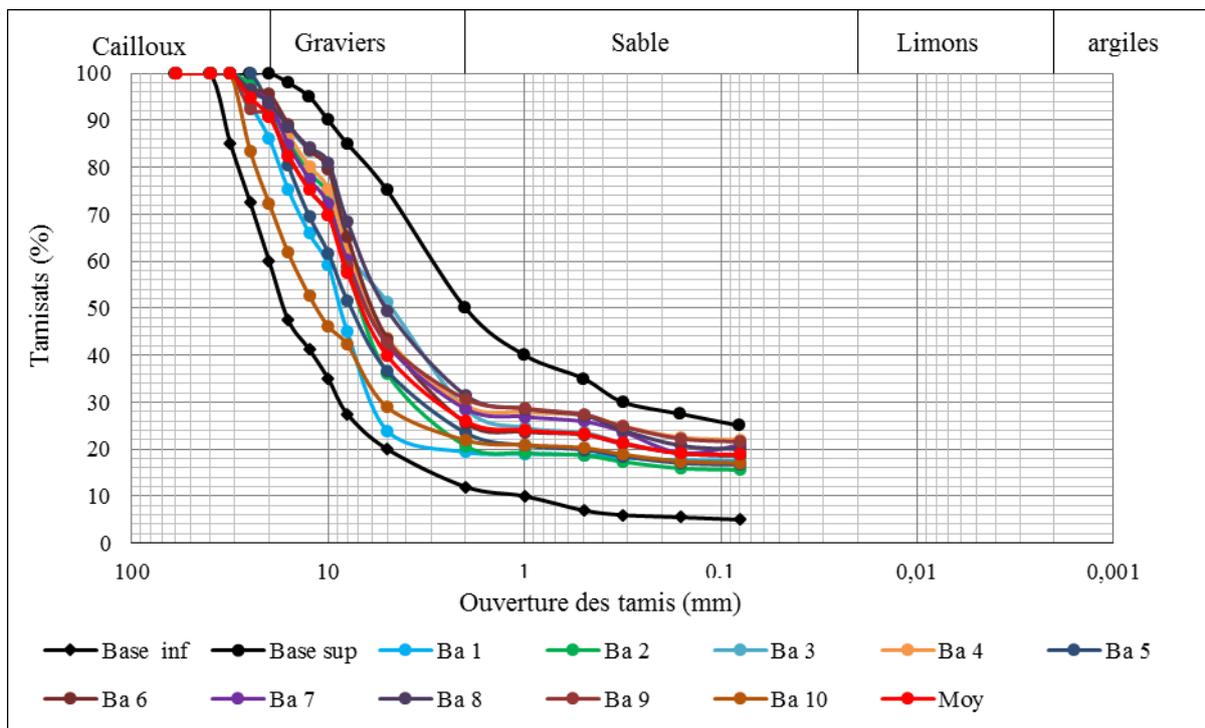
III.2.3. Granularité

Ces proportions de fines inférieures à 35 %, indiquent des latérites ou des graveleux latéritiques vrais. Ce constat est similaire à celui fait dans les graveleux latéritiques de la région du Centre-Cameroun (Ndzié Mvindi 2011 ; Ngo'o Ze 2011 ; Edzimbi Mbarga 2013).

La courbe granulométrique moyenne des matériaux de Batchenga s'intègre partiellement dans le fuseau de spécification pour couche de fondation (Fig. 5a), mais celle-ci s'intègre intégralement dans le fuseau de spécification pour couche de base (Fig. 5b).



(a)



(b)

Figure 5. Courbes granulométriques des graveleux latéritiques de la région de Batchenga dans les fuseaux de spécification pour couches de fondation (a) et de base (b), selon Anonyme (1984)

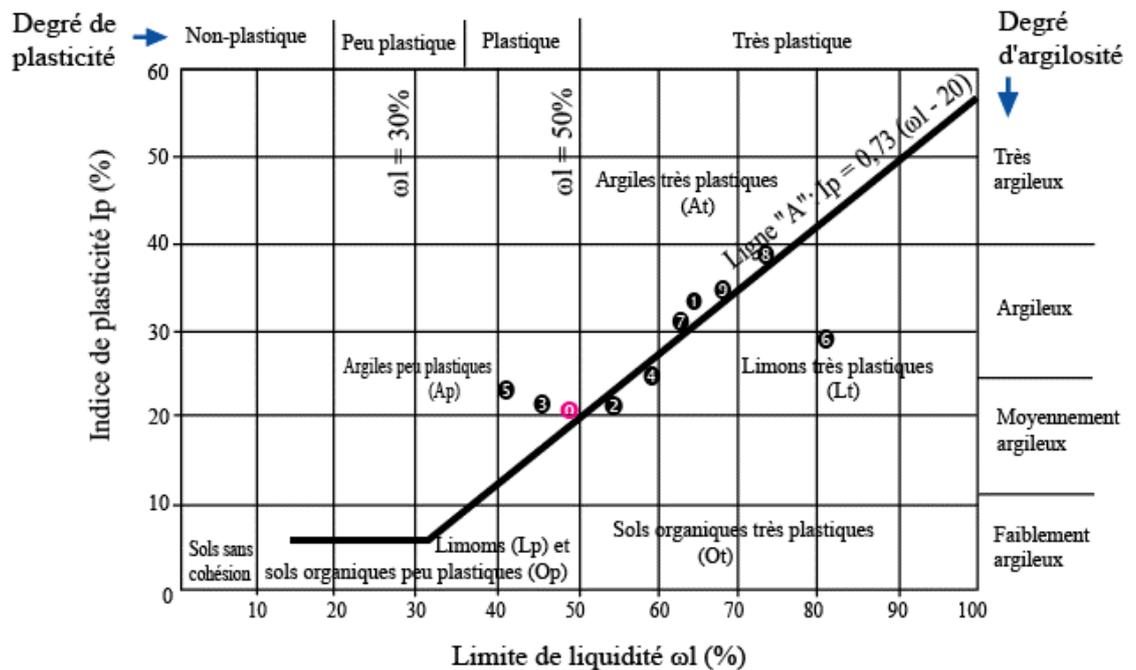
III.2.4. Limites d'Atterberg, indice de plasticité et potentiel de gonflement

Ces valeurs montrent que les matériaux peuvent s'écouler à cause de l'abondance du mortier. Ces valeurs sont inférieures à celles obtenues par Bikoy (2015), Edang (2015), Nanga (2015) et Ngono (2015) sur les matériaux développés sur granites dans la région du Sud Cameroun qui sont en moyenne de 75%.

La valeur moyenne de l'indice de plasticité (20 %) montre que les graveleux latéritiques étudiés sont des matériaux plastiques et moyennement argileux (Fig. 6). Ndzié Mvindi (2011) et Ntoh (2013) obtiennent les mêmes caractéristiques. Des matériaux très plastiques et argileux sont observés sur micaschistes (Ngo'o Ze 2011), sur gneiss (Edzimbi Mbarga 2013), sur granites (Bikoy 2015 ; Edang 2015, Nanga 2015). Des matériaux très plastiques et moyennement argileux sont rencontrés sur gabbros (Wongolo 2011) et sur basaltes (Nyemb 2013). L'indice de plasticité des graveleux latéritiques ne dépend pas seulement du type pétrographique sur lequel les matériaux se développent mais aussi de la végétation de la zone d'étude (Millogo *et al.* 2008).

Selon Tockol (1993), la plasticité n'influencerait pas les caractéristiques physiques d'un sol ferrallitique renfermant de la kaolinite et de l'illite. Les argiles constitutives des matériaux étudiés par Ndzié Mvindi (2011), Ngo'o Ze (2011), Nyemb (2013) et Edang (2015) se localisent également dans le domaine de l'illite. Par contre, certains graveleux latéritiques sont riches en kaolinite (Wongolo 2011 ; Edzimbi Mbarga 2013 ; Bikoy 2015 ; Nanga 2015) ou en illite et montmorillonite (Ntoh 2013).

La valeur faible du potentiel de gonflement (0,47) serait en accord avec le type d'argile (illite).



Légende :

- | | | | |
|-----------------------|-------------------------|--------------------|------------|
| ① Batchenga | ⑤ Ntoh (2013) | p : peu plastique | A : Argile |
| ② Ngo'o Ze (2011) | ⑥ Edzambi Mbarga (2013) | t : très plastique | L : Limon |
| ③ Wongolo (2011) | ⑦ Nanga (2015) | O : Organique | |
| ④ Ndzié Mvindi (2011) | ⑧ Edang (2015) | | |
| ⑨ Nyemb (2013) | ⑨ Bikoy (2015) | | |

Figure 6. Position comparée des graveleux latéritiques de la région de Batchenga dans le diagramme de plasticité de Casagrande. (1948) in Philipponnat et Hubert (2000) et Lerau (2006)

III.2.5. Classification géotechnique

Ces matériaux ont des bonnes performances en construction routière. Par contre les matériaux d'Ebolowa Nanga (2015) et Ngoulmakong Bikoy (2015) sont de classes A-7-5(9) ou A-7-5(4) avec des performances passables à faible en construction routière. Ces mauvaises performances sont dues non seulement à leurs pourcentages élevés (> 35 %) en fines, et aux valeurs très élevées de limites de liquidité (76 et 81 %).

III.2.6. Caractéristiques de compactage

Les paramètres Proctor (Tab. 5) dépendent de la minéralogie, de la granulométrie et de la compacité du matériau utilisé. Plus le matériau est hétérogène, plus sa compacité est élevée.

La valeur moyenne de ω_{opt} des graveleux latéritiques de Batchenga (9,29 %) est inférieure à celles obtenues par Wongolo (2011) soit 9,87 %, Ndzié Mvindi (2011), 9,5 %, Djuickouo (2012), 14,00 %, Ngami (2012), 15,75 % et Edzimbi Mbarga (2013), 10,00 %. Cette valeur est par contre supérieure à celles obtenues par Millogo (2008), 6,60 %, Ntouala (2009), 7,20 %.

La valeur de la densité sèche maximale moyenne à l'OPM des matériaux de Batchenga (2,18) est supérieure à celle recommandée en couche de fondation (Anonyme, 1987) soit 1,90. Cette valeur est par contre supérieure à celles obtenues par Millogo (2008), 6,60 %, Ntouala (2009), 7,20 %. Il en est de même des valeurs des densités sèches obtenues sur les graveleux latéritiques développés sur basaltes et sur gneiss (Djuickouo 2012 ; Ngami 2012 ; Edzimbi Mbarga 2013) dont les valeurs oscillent entre 1,79 et 1,92.

La valeur moyenne de CBR (50 %) des graveleux étudiés est plus élevée que celles obtenues par Millogo (2008) sur les graveleux latéritiques du Burkina (43 %) et par Ndzié Mvindi (2011) dans la région de Batchenga (46 %). Mais cette valeur de 50 % est inférieure à celles obtenues par Ntouala (2009) dans la région d'Ayos (88 %) et par Djuickouo (2012) dans la zone de Dschang (98 %). La valeur de CBR des matériaux étudiés est incluse dans l'intervalle de celles obtenues par Sikali et Djalal (1987) en sous-région montagneuse de l'Ouest, soit 30 - 60 %. Ces faits sont en accord avec ceux de Leprun (1979) *in* Nkoumou et *al.* (2004) qui affirment que les roches riches en minéraux ferromagnésiens et plus particulièrement les roches basiques génèrent les latérites les plus dures.

III.2.7. Intérêt géotechnique des matériaux de la région de Batchenga en construction routière

Ces résultats indiquent que ces matériaux peuvent être utilisés comme couches de fondation et couches de base pour des routes à faible trafic ($< 0.3 \times 10^6$ ESA). Le choix des valeurs du module de classement (Gm) dépend d'un pays à un autre. C'est le cas du Mozambique où celles-ci sont comprises entre 0,50 et 0,73 (Rolt et *al.* 2013) *in* (Paige-Green et *al.* 2015). Au Zimbabwe les valeurs de Gm varient entre 1,7 et 2,0 (Gourley et Greening, 1999) *in* (Paige-Green et *al.* 2015).

Les valeurs du module de plasticité (P_m) sont comprises entre 325,55 et 498,75. Les matériaux graveleux de la région de Batchenga peuvent être utilisés en couches de fondation pour tous types de routes. Ces valeurs sont dans la fourchette des valeurs recommandées en zone équatoriale pour les routes pavées ($P_m \leq 500$). (Rolt et *al.* 2013) in (Paige-Green et *al.* 2015).

Les matériaux étudiés dont les valeurs de P_m sont toutes supérieures à 150 ne satisfont aux spécifications requises dans la construction des routes urbaines.

CONCLUSION

Les graveleux latéritiques de la région de Batchenga sont des matériaux A-2-7(0) et A-2-7(1) classés S5. Ces matériaux peuvent être utilisés comme couches de fondation et couches de base pour des routes à faible trafic. Cependant, leur utilisation en couches de fondation, pour chaussées à trafic élevé nécessite un traitement à la chaux ou au ciment.

CHAPITRE IV

INTÉRÊT DIDACTIQUE

GÉNÉRALITÉS

La didactique se définit comme l'ensemble des méthodes, des techniques et procédés qui servent à configurer le processus Enseignement-Apprentissage. Elle met principalement l'accent sur les moyens d'enseignement pour faire apprendre efficacement. Les cours de géologie répondent à des exigences qui font appel à la contribution des apprenants. Par des activités, les apprenants découvrent par eux-mêmes les notions nouvelles que l'on met à leur disposition à travers des documents. L'enseignant ici va servir de guide, c'est lui qui oriente les apprenants dans l'appropriation des connaissances contenues dans les documents exploités.

L'élaboration des fiches pédagogiques est primordiale pour la maîtrise et la conduite d'une leçon. Ces fiches pédagogiques ont pour rôles de :

- permettre à l'enseignant de savoir ce qu'il attend des apprenants ;
- servir de support pour la vérification des acquis chez les apprenants à travers des évaluations ;
- contrôler la progression de sa leçon ;
- permettre à l'enseignant de vérifier si les objectifs de la leçon ont été atteints, d'où la nécessité des fiches pédagogiques. Celles-ci améliorent la qualité de l'enseignement des Sciences de la terre.

Les roches métamorphiques telles que les micaschistes sont des roches résistantes et dures donc utilisables dans la construction des édifices (fondations des maisons et des ponts).

Les matériaux dérivant de leur altération à savoir les graveleux latéritiques ont aussi un intérêt économique très important. Ils servent de support pour l'agriculture et à la construction des routes et des maisons sans traitement préalable aux liants.

FICHE PEDAGOGIQUE DE PREPARATION D'UNE LEÇON DE SVT

ETABLISSEMENT	LYCEES ET COLLEGES DU CAMEROUN	Nom et Prénom de l'enseignant :	
THEME :	Géodynamique externe		
CHAPITRE :	La Géologie et l'Homme.	Date :	
TITRE DE LA LEÇON :	Les sols latéritiques	Classe : 4ème	
		Effectif :	
		Durée :	
		Période :	
Objectif(s) Pédagogique(s)Opérationnel(s) :	A la fin de cette leçon, l'élève doit être capable de relever l'importance des sols latéritiques		

ÉTAPES	Objectifs Pédagogiques Opérationnels Intermédiaires	Contenus spécifiques aux OPOI	Matériels ou supports didactiques	Activités d'enseignement / apprentissage	Évaluation de l'atteinte des OPOI	Durée
INTRODUCTION	1. Établir le contrat professeur- élèves	Date : Titre de la leçon : Communication des OPO	Craie, tableau, roche, planches.	Titre de la leçon au tableau ; Communication des objectifs aux apprenants ; Prise des notes par les apprenants.		10 MINUTES

	2. Vérifier les pré requis	Les Pré requis : Roches ; Altération ; sols.	Cours et apprentissages précédents ; Vécu quotidien.	L'enseignant pose les questions et les élèves répondent	Définir roche, altération, sol. Citer les types d'altération Citer quelques produits 'altération des roches.	
	3. Formuler le (s) problèmes scientifique (s)	Quelle est l'importance des graveleux latéritiques ?	Vécu quotidien.	L'enseignant pose les questions et les élèves répondent	.	
	4. Déterminer l'intérêt de la séquence d'apprentissage	Connaitre à quoi nous servent les graveleux latéritiques.	Documentaires Vécu quotidien.			

MENT	OPS1 : Définir latérite	<p>Le terme « latérite » provient du mot latin « later » (brique). Il a été employé pour la première fois par Buchanan en 1807 pour désigner les dépôts ferrugineux recouvrant de vastes surfaces dans les régions montagneuses.</p> <p>1-Les types de sols latéritiques</p> <p>Il suggère de distinguer :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les sols fins latéritiques (ou latérites) ; - les graveleux latéritiques, utilisés en construction routière comme couche de forme, couche de fondation ou de base ; - la carapace latéritique ou horizon latéritique, couche très dure mais pouvant être détruite par un engin de terrassement, à la pioche, etc. ; - la cuirasse latéritique, couche très dure de matériau aggloméré ressemblant à des scories, difficilement destructible par des engins à lame, parfois naturellement fragmenté. 	-Vécu quotidien.	Brainstorming.	<p>-Que montrent les figures du document I ?</p> <p>-Identifier ces matériaux latéritiques.</p> <p>- Proposer une définition au terme latérite.</p> <p>A partir de votre vécu quotidien citer les différents types de sols latéritiques.</p>	
	OPS2 : distinguer les différents types de sols latéritiques	<p>II-Processus de latérisation</p> <p>Le processus de latérisation résulte d'une altération chimique qui se traduit par la mise en solution de certains éléments de la roche mère, le départ de la silice par lessivage et l'enrichissement du matériau en fer et en</p>	Document I Vécu quotidien-		L'enseignant fait observer le document I aux élèves et pose les questions.	A partir de votre vécu quotidien et du document
	OPS3 : Décrire le processus de latérisation		Document I	Les élèves		

<p>CONCLUSION</p>	<p>Les sols latéritiques occupent une place importante dans nos pays particulièrement au Cameroun. Ces derniers sont caractérisés par une couleur brune, rouge et sont généralement riche en oxyde de fer .Plusieurs conditions favorisent leurs formation.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Définir sol latéritique - Dans quelles conditions se forment les sols latérites ? -Déterminer l'intérêt économique des sols latérites 	<p>5 MINUTES</p>
--------------------------	---	--	-------------------------

CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

La présente étude avait pour objectif de faire une caractérisation géotechnique des graveleux latéritiques sur micascrites de la région de Batchenga (Centre - Cameroun) en vue d'évaluer leur aptitude comme matière première de couches de chaussées. La région de Batchenga est une plaine d'altitude moyenne 600 m, soumise à un climat équatorial de type guinéen. Sa température moyenne annuelle est de 24,3°C. Le total annuel des précipitations est de 1545,5 mm. La végétation est constituée de forêt galerie et des savanes périforestières. Le réseau hydrographique est dendritique. Les sols prédominants dans cette région sont ferrallitiques. Les graveleux latéritiques que l'on y observe ont été l'objet d'investigations sur le terrain et en laboratoire.

Les travaux de terrain ont consisté en la localisation du site d'étude, en la description macroscopique et au prélèvement des matériaux. Les travaux en laboratoire ont porté sur la réalisation des essais géotechniques d'identification et de compactage.

Les résultats obtenus montrent que les graveleux latéritiques de Batchenga sont des matériaux rouges (2,5YR 4/8) constitués de nodules ferrugineux et des grains de quartz. Leur structure est polyédrique et leur texture est gravo-sableuse. Les analyses géotechniques indiquent que les graveleux latéritiques de Batchenga comprennent en moyenne 18,86 % de fines, 25,98 % de squelette et 22,02 % de mortier. Ces matériaux sont des graviers et sables limoneux de classe A-2-7(0) et A-2-7(1). Le poids spécifique moyen est de 2,86. L'indice de plasticité moyen est égal à 20 %. Le module de classement et le produit de plasticité moyen ont des valeurs moyennes respectives de 2,86 et 377,73. La valeur du module de plasticité est de 443,72. La valeur de la teneur en eau à l'OPM est de 9,29 %, pour une densité sèche moyenne maximale de 2,18. Ces matériaux sont plastiques et moyennement argileux. Leur portance est moyenne (CBR = 50 %.). Les matériaux graveleux de la région de Batchenga peuvent être utilisés en couche de fondation pour trafics T2, T3 et en couche de base ou de roulement pour trafic T1. L'optimisation de leur performance comme matériau de couche de base pour trafic T2 et T3 nécessite un traitement à la chaux ou au ciment.

Sur le plan pédagogique, le présent travail peut être bénéfique pour les élèves des collèges et des lycées d'enseignement général et technique car il permet d'avoir une bonne connaissance des matériaux locaux disponibles, notamment les roches et les produits dérivés de leur altération. De plus, les élèves apprennent l'intérêt de ces matériaux dans la réalisation des grands ouvrages de génie civil comme les routes, les ponts, les bâtiments et les aéroports.

La présente étude, pour aboutir à des conclusions scientifiques plus solides, doit être poursuivie et approfondie, notamment, (1) adapter les technologies de constructions des

routes et des bâtiments des pays industrialisés aux conditions géographiques et géologiques locales, (2) augmenter le nombre d'échantillons étudiés, (3) mettre un accent sur l'étude des corrélations entre les différentes propriétés des matériaux, (4) cartographier les graveaux latéritiques à l'aide d'une analyse multicritères tenant compte des données géologiques et géotechniques.

BIBLIOGRAPHIE

Abdoul Kadiri., 2005. Étude Géotechnique des produits d'altération sur micaschistes de Ngaoundéré. Mém. DEA, Fac. Sci. Univ. Yaoundé I, 68 p.

Anonyme, 1984. Guide pratique du dimensionnement des routes pour les pays tropicaux p.

Anonyme, 1987. Recommandation pour l'utilisation en corps de chaussée des graveleux latéritiques naturels. Bulletin du Ministère de l'équipement. Direction des Etudes Générales et de la Normalisation (Cameroun), 44 p.

Anonyme, 1988. Recommandation pour l'utilisation en corps de chaussée des graveleux latéritiques naturels. Bulletin du Ministère de l'équipement. Direction des Etudes Générales et de la Normalisation (Cameroun), 44 p.

Bagnouls F., Gaussen H., (1957). Les climats biologiques et leur classification. Ann. Géo. 18, N° 335, Paris, 193-220.

Bekon Ndongo V. G., 2012. Caractérisation géotechnique des granulats et produits d'altération des gneiss de la région d'Okola en vue de leur utilisation dans le génie civil. Mém. Master, Fac. Sci. Univ. Yaoundé I, 93p.

Bikond Tonye N., 2003. Caractérisation et intérêt géotechnique des matériaux du secteur Eséka-Lolodorf : secteur Eséka-Manguèngues. Mém. DEA, Fac. Sci. Univ. Yaoundé I, 78 p.

Bohi Z. P. B., 2008. Caractérisation des sols latéritiques utilisés en construction routière : le cas de la région de l'Agnéby (Cote d'Ivoire). Th. Doct, ENPC Paris, 123p

Bikoy I. R., 2015. Caractérisation géologique et géotechnique des graveleux latéritiques sur granites dans la région de Ngoulmakong (Sud – Cameroun). Mém. Master, Fac. Sci. Univ. Yaoundé I, 77p.

Charman J. H., 1988. Laterite in road pavements. London construction Industry research and information association Special publication 47.London: CIRIA; 71p

Bouassida R., Bousseta, R., 2007. Manuel des travaux pratiques de mécanique de sols. Centre de publication universitaire de Tunis – Tunisie, 116 p.

Djuickouo C. N., 2012. Caractérisations géotechniques des graveleux latéritiques sur basaltes de la zone de MAKKA (Ouest Cameroun). Mém. DIPES II, Sci. Bio. ENS. Univ. Yaoundé I, 56p.

Dupain R., Lachon R., Saint-Arroman J. C., 1995. Granulats, sols, ciments et bétons : caractérisation des matériaux du génie-civil par les essais de laboratoire. Casteilla. Ed. Paris, 235 p.

Edang E. C. M., 2015. Caractérisation Minéralogique, Chimique et Géotechnique des graveleux lateritiques sur granites de la région de Sangmélina (sud-cameroun): application en construction routiere. Mém. Master, Fac. Sci. Univ. Yaoundé I, 81 p.

Edzimbi Mbarga C., 2013. Caractérisation Minéralogique, Géochimique et géotechnique des graveleux latéritiques sur gneiss de la région d'Eséka (Centre - Cameroun). Mém. Master, Fac. Sci. Univ. Yaoundé I, 75 p.

Ekodeck G. E., 1984. L'altération des roches métamorphiques du Sud Cameroun et ses aspects géotechniques. Th. Doct. d'Etat ès Sci. Nat., IRIGM. Univ-Scientif.et Médic. Grenoble I, France, 368 p.

Ekodeck G. E., 1986. Caractérisation des produits issus de l'altération de quelques roches de la région de Yaoundé par restructuration normative. Sém. Rég sur les latérites : sols, matériaux, minerais, ORSTOM éd, 261-274.

Elong G. J., 2004 : « Eton et Manguissa, de la Lékié au Mbam-et-Kim : jeux et enjeux fonciers (Centre-Cameroun) », Les Cahiers d'Outre-Mer, 226-227/ Avril-Septembre 2004, mis en ligne le 13 février 2008. URL : <http://com.revues.org/index572.html>. Consulté le 04 octobre 2010.

Eyenga P., 2011. Caractérisation géotechnique des produits d'altération sur quartzites micacés de Sa'a. Mém. Master, Fac. Sci. Univ. Yaoundé I, 81 p.

Kassogue et *al.*, (2002). Contrôle de la qualité sur matériaux dans les couches de chaussée (Revêtement exclu). 4e Conférence spécialisée en génie des transports de la société canadienne de génie civil. 10 p.

Lanchon R., 1983. Cours de laboratoire : granulats, bétons, sols. Des forges Ed., 135p.

Lerau J., 2006. Mécanique des sols. Cours théorique 3^{ème} année-ingénierie de la construction, INSA de Toulouse, 52 p.

Letouzey R., 1985. Carte phytogéographique du Cameroun au 1/50000 avec notice explicative. Institut de la carte internationale de la végétation, Fasc. 3-4, 63-142.

Millogo Y., 2008. Etude géotechnique, chimique et minéralogique de matières premières argileuse et latéritique du Burkina Faso améliorées aux liants hydrauliques : application au génie civil (bâtiment et route). Th. Doct., Univ. Ouagadougou, 144 p.

Millogo Y., Karfa T., Raguilnaba O., Kalsibiri K., Blanchart P., Thomassin J. H., 2008. Geotechnical, mechanical, chemical and mineralogical characterization of a lateritic gravels of Sapouy (Burkina Faso) used in road construction. *Construction and Building Materials* 22, 70–76.

Munsell color, 2000. Charts. Macbeth Division of Kollmorge Corporation, 2441 Noth Calvert street Baltimore, Maryland 21218.

Nanga B. M. T., 2015. Caractérisation Géologique et Géotechnique des graveleux latéritiques sur granites de la région d’Ebolowa (Sud – Cameroun) . Mémoire Master, Fac Sci. Univ. Yaoundé I, 73 p

Ndzié Mvindi A. T., 2011. Caractérisations pétrologique et géotechnique des roches et des graveleux latéritiques de la région de Batchenga (Centre Cameroun) en vue de leur utilisation en construction routière. Mémoire Master, Fac Sci. Univ. Yaoundé I, 71 p.

NF P 94 – 51. 1993. Sols : Reconnaissance et essai. Détermination des limites d’Atterberg. Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau. AFNOR, 16 p.

NF P 94 – 056. 1996. Sols : Reconnaissance et essais. Analyse granulométrique. Méthode par tamisage à sec après lavage. AFNOR, 16 p.

NF P 94 – 078. 1997. Sols : Reconnaissance et essai. Indice CBR après immersion – Indice CBR immédiat – Indice portant immédiat – Mesure sur échantillon compacté dans le moule CBR. AFNOR, 11 p.

NF P 94 – 093. 1997. Essai Proctor Normal – Essai Proctor modifié. AFNOR, 17 p.

Ngami P. F., 2012. Caractérisation géotechnique des matériaux d’altération sur gneiss migmatitiques et sur basaltes de la région de Tonga-Bangangté (Ouest-Cameroun).Mém. Master, Fac Sci. Univ. Yaoundé I, 123 p.

Ngono O. B., 2015. Caractérisation, Minéralogique, Chimique et Géotechnique des graveleux latéritiques sur granites de la région de Djoum (Sud - Cameroun): application en construction routière. Mém. Master, Fac. Sci. Univ. Yaoundé I, 84 p.

Ngo'o Ze A., 2011. Effets de la chaux sur quelques propriétés physico-mécaniques de deux types de graveleux latéritiques de la zone d'Akonolinga (Région du Centre). Mém Master, Fac. Sci. Univ. Yaoundé I, 91 p.

Nkougou A. J.F., Mouhamadou B. D., Fary D., Parisot J. C. et Ndiane D., 2004. Étude corrélative entre propriétés géochimiques et les caractéristiques géomécaniques des latérites. Journal des Sciences et Technologies, Vol. 3 N° 1 et 2, 1-4.

Ntoh N., 2013. Caractérisation pétrologique et géotechnique des graveleux latéritiques développés sur basaltes de la région de Mbouda (Ouest cameroun) Mém. Master, Fac. Sci. Univ. Yaoundé I, 82 p.

Ntouala R. F. D., 2009. Les schistes d'Akok Maka (Est Cameroun) et leurs produits d'altération : Géologie et intérêt géotechnique. Mém. DEA. Fac. Sci. Univ. Yaoundé I, 106 p.

Nwaiwu C. M. O., Alkali I. B. K., and Ahmed U. A., 2006. Properties of ironstone lateritic gravels in relation to gravel road pavement construction. Geotechnical and geological engineering 24, 283-284.

Nyemb B. J., 2013. Caractérisation minéralogique, chimique et géotechnique des graveleux latéritiques de Bahouan, Bamendjou et Batchum (Ouest Cameroun). Mém. Master, Fac. Sci., Univ. Yaoundé. I, 85 p.

Onana V. L., 2001. Caractérisation et intérêts géotechniques des produits d'altération des roches métamorphiques du secteur Mengang-Mfoumassi (région de Yaoundé). Mém. Maît., Fac. Sci. Univ. Yaoundé I, 72 p.

Onana V. L., 2002. Les roches de la série d'Ayos et leurs produits dérivés : altérologie-géotechnique-intérêt. Mém. DEA, Fac. Sci. Univ de Yaoundé I, 57 p.

Onana V. L., 2010. L'altération supergène des chloritoschistes de la série de Mbalmayo-Bengbis (Sud Cameroun) et ses implications géotechniques. Th. Doct. Ph. D., Fac. Sci. Univ. de Yaoundé I, 246p.

- Paige – Green P., M. Pinard., F. Netterberg., 2015. A review of specifications for lateritic materials for low volume roads. *Transportation geotechnics* 5, 1-13.
- Philipponnat G. et Hubert B., 2000. *Fondations et Ouvrages en terre*. Eyrolles Ed. (France), 548 p.
- Sikali F., Djalal M.E., 1986. Utilisation des latérites en technique routière au Cameroun, Rapport Inédit LABOGENIE, 277 - 288.
- Vallerie M., 1995. Atlas régional du Sud Cameroun. Vol. Pédologie, ORSTOM éd., pp.6-7
- Wongolo D. M. H., 2011. Étude des propriétés physico-mécaniques des produits d'altération des gabbros-dolérites d'Elevevessi (Sud-Cameroun) pour leur valorisation en construction routière. Mém. Master, Fac. Sci. Univ. Yaoundé I, 64 p.
- Wouatong S. L., Yerima B. P. K., Yongue Fouateu R., Mvondo Ze A., Ekodeck G. E., 2013. The origin of etch pits recorded on residual grain surfaces from kaolinized granitic rocks West Region Cameroon. *Earth Science Research*, Vol. 2, 93-105.
- Youta, H., J, 1998 : Arbres contre graminées : la lente invasion de la savane par la forêt au Centre-Cameroun. Th. Doct. U.F.R. de Géographie et aménagement. Univ. Paris-Sorbonne (Paris IV). 238 p.

ANNEXES

Tableau A. Fiche des données géotechniques de Batchenga

PROVENANCE : EMPRUNT																										
BONE KILOMETRIQUE PK : 79 + 600D										LOCALITE: Batchenga																
Ech	Prof. (m)		Nature des matériaux	W%nat,	Poids spéc	Analyse Granulométrique										LA	PM	CBR	Class							
N°						50	40	31,5	25	20	10	5	2	1	0,5	0,2	0,08	LL	IP	gd (t/m3)	W%opm	95%opm	GL	HRB		
1	0,2	1,4	Grave latéritique argileuse rougeâtre	11	2,912	100	100	100	93,3	86,1	59,1	23,9	19,4	19	18,8	17,8	17,5	46	18	2,16	9,7	45	0,41	A - 2 - 7 (0)		
2	0,2	1,4	Grave latéritique argileuse rougeâtre	10,2	2,877	100	100	100	97,3	93,3	74	36	20,7	19,2	18,7	15,8	15,6	51	23	2,27	8	58	0,44	A - 2 - 7 (0)		
3	0,2	1,3	Grave latéritique argileuse rougeâtre	12,2	2,97	100	100	100	95,8	94,2	81	51,3	28,6	24,6	23,5	19	18,6	51	23	2,166	10,4	45	0,48	A - 2 - 7 (0)		
4	0,2	1,4	Grave latéritique argileuse rougeâtre	10,2	2,821	100	100	100	96,3	94,8	75,4	43,6	29,3	27,9	27,2	22,3	22	51	23	2,166	9,8	46	0,42	A - 2 - 7 (1)		
5	0,2	1,3	Grave latéritique argileuse rougeâtre	13,2	2,748	100	100	100	100	92,8	61,8	36,6	23,5	20,8	19,9	16,9	16,7	45	17	2,028	11,5	41	0,43	A - 2 - 7 (0)		
6	0,2	1,6	Grave latéritique argileuse rougeâtre	11,3	2,823	100	100	100	96,6	95,6	79,7	43,5	25,6	23,7	23,1	18,9	18,6	48	19	2,09	9	45	0,48	A - 2 - 7 (0)		
7	0,2	1,3	Grave latéritique argileuse rougeâtre	11	2,915	100	100	100	96,5	93,9	72,2	42,2	28,6	26,9	25,9	21,4	20,9	49	19	2,234	8,9	58	0,61	A - 2 - 7 (1)		
8	0,2	1,5	Grave latéritique argileuse rougeâtre	11	2,853	100	100	100	96,4	93,8	81,1	49,5	31,5	28,6	27,2	21,1	20	47	20	2,202	9,3	55	0,46	A - 2 - 7 (1)		
9	0,2	1,3	Grave latéritique argileuse rougeâtre	10,2	2,83	100	100	100	92,5	91,1	69,9	42,7	30,7	28,7	27,4	22,8	21,6	46	19	2,19	8,3	50	0,51	A - 2 - 7 (1)		
10	0,2	1,6	Grave latéritique argileuse rougeâtre	9,8	2,87	100	100	100	83,5	72,3	46,1	28,9	21,9	20,9	20,3	18,1	17,1	48	19	2,26	8	57	0,47	A - 2 - 7 (0)		



Figure A Tranchée routière



N

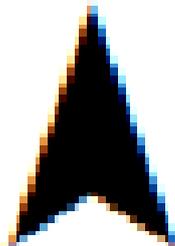


Figure B. Carrière en plein exploitation

