

Influence des caractéristiques physiques du sol sur la durabilité du corps de chaussée : cas des axes routiers de Bonabéri, Douala, Cameroun

Judicaël SANDJONG KANDA^{1*}, Ludovic Ivan NTOM NKOTTO², Marlyse NANKAP DJANGUE³, Jules - Remy NGOUPAYOU NDAM⁴, Roger FEUMBA⁴ et Merveille KAMDEM⁵

¹ *Institut National de Cartographie (INC), Direction de la Recherche, Laboratoire de Recherche sur Risques Naturels, BP 157, Yaoundé, Cameroun*

² *Mission de Promotion des Matériaux Locaux (MIPROMALO), Département de la Conception et de la Construction, BP 2393, Yaoundé, Cameroun*

³ *Institut National de Cartographie (INC), Direction de la Recherche, Laboratoire de Recherche sur le Changement Climatique, BP 157, Yaoundé, Cameroun*

⁴ *Université de Yaoundé I, Faculté des Sciences, Départements des Sciences de la Terre, BP 337, Yaoundé, Cameroun*

⁵ *Consulting Geotech Studies and Planning Engineering Office SARL, BP 15416, Yaoundé Cameroun*

* Correspondance, courriel : sandjongjudicael@yahoo.fr

Résumé

Les routes jouent un rôle important dans le développement socioéconomique d'un pays. Le réseau routier camerounais est insuffisant. Néanmoins les routes existantes sont confrontées à une faible durée de vie. L'objet de cette étude est de déterminer les caractéristiques physiques du sol et de montrer leurs influences sur la durabilité du corps de chaussée des axes routiers. Elle a été menée à Douala (Cameroun) au lieu-dit Bonabéri (du carrefour Bonassama à Sodiko). Les investigations sur le terrain ont consisté à faire un état des lieux du corps de chaussée ; prélever les échantillons de sol (05) pour des analyses et à effectuer l'essai de Porchet pour déterminer la perméabilité du sol. Après observations sur les deux axes routiers, il en ressort la présence de 12 points dégradés dont 11 pour la nouvelle route et 01 pour l'ancienne. Après le calcul des pourcentages en eau, les résultats montrent que les échantillons de sol contiennent 25 % pour la teneur en eau maximal et 18 % pour la teneur minimale. L'analyse granulométrique desdits échantillons de sol présente des proportions élevées de particule grenue (79,42 % ; 77,18 % ; 78,41 % ; 69,77 % ; 44,88 %) que de particule fine (20,58 % ; 24,49 % ; 21,59 % ; 30,33 % ; 55,32 %). La géologie des sols montre qu'ils sont constitués des sables, des sables limoneux et des limons sableux ou argile limoneuse. Les perméabilités obtenues sont de l'ordre de 10^{-4} et 10^{-5} . De fait, les sols sédimentaires (sol compressibles) influent négativement sur la durée de vie des chaussées (favorable à la déformation du corps de chaussée). Par conséquent, sont favorables à la déformation du corps de chaussée.

Mots-clés : *caractéristiques physique, sol, durabilité, corps de chaussée, Douala, Cameroun.*

Abstract**Influence of the physical characteristics of the soil on the durability of the road body : the case of the Bonaberi highways, Douala, Cameroun**

Roads play a primordial role in socioeconomic development of any given country. Currently the road network is not sufficient to play this role. However, those that already exist are confronted with the problem of short life span. The objective of this study is to determine the physical characteristics of the support soil and to show the influence that it has on the durability of the pavement body for the road network. The study was done in Douala, Cameroun precisely at Bonaberi (from carrefour Bonassama to Sodiko). The survey on the field consisted of getting the state of the art of the road; taking of soil samples (05) for analysis and realization of porchet test to determine the permeability of the soil. After observation on the two stretches of road we found out the presence of 12 degraded points i.e. eleven (11) for the new road and one (01) for the old road. After calculating the percentages of water content, the results show that the soil samples contain 25 % for the maximum water content and 18 % for the minimum water content. Granulometric analysis of the samples shows that the soil presents high proportions of grainy particles (79,42 %; 77,18 %; 78,41 %; 69,77 %; 44,88 %) and fine particles as follows (20,58 %; 24,49 %; 21,59 %; 30,33 %; 55,32 %). The geology of the soil shows that it's made up of sand, silty sand and sandy silt or silty clay. The permeabilities obtained are of the order 10-4 and 10-5. In fact, sedimentary soils (compressible soil) influence negatively the life span of the road (favorable to the deformation of the pavement body).

Keywords : *physical characteristics, soil, durability, pavement body, Douala, Cameroon.*

1. Introduction

Les voies de communication en général et les infrastructures routières en particulier sont considérées comme des vecteurs du développement. En tant que support physique des échanges, elles sont à la fois facilitateurs et amplificateurs des activités économiques d'un pays [1]. Dans tous les pays du monde, elles occupent une place privilégiée et sont encore plus accentuées en Afrique que partout ailleurs. Cependant, le réseau routier africain est insuffisant et ce qui existe connaît d'énormes problèmes techniques, et institutionnels [2]. Le Cameroun mobilise à lui seul 51 350 km de route dont 10 % (6 760 km) sont bitumées et 47 242 km non bitumées [3]. Sur les 10 % de route bitumées que compte ce pays, 76 % sont en mauvais état. Cette faiblesse a pour effet d'aggraver les disparités régionales et d'impacter sur le niveau de vie des populations [4]. Dans la ville de Douala capitale économique du Cameroun, il est à noter que les quartiers connaissent une croissance urbaine sans précédent avec un taux qui s'élève à 8 % par an. Ce dernier pose alors d'énormes problèmes de transport avec l'encombrement des chaussées, l'étroitesse et le mauvais état des routes [5]. Cependant, en tant que porte naturelle d'entrée, la ville de Douala concentre l'essentiel de l'activité industrielle et de services du pays : plus de la moitié de l'activité économique et de la production industrielle du Cameroun s'y déroule [6]. De ce fait, le transport joue un rôle central dans le fonctionnement et le développement des activités de cette ville [5]. Pour y remédier, des projets ont été mis sur pieds par les pouvoirs publics à l'instar du deuxième pont sur le Wouri, les projets de réhabilitations des routes bitumées dans plusieurs quartiers, en particulier ceux de l'arrondissement Douala IV^{ème} (Bonabéri), mais le problème reste toujours persistant. Quelques échanges et recherches montrent que les détériorations rapides des routes dans la ville de Douala sont dues aux inondations récurrentes [7], à la mauvaise qualité de matériaux utilisés pour la réalisation des travaux, au mauvais suivi des chantiers, à la mauvaise procédure utilisée lors des passations des marchés, aux conditions climatiques, à l'intensité du trafic et aux études géotechniques mal ou non réalisées [8]. Pourtant, la géotechnique joue un rôle essentiel dans l'acte de construire pour tous les travaux de projet

roumier [9]. Son but principal est d'étudier le sol afin de pérenniser l'infrastructure routière. Elle est considérée comme la base de toute activité dans la construction de tout ouvrage. Elle est utile dans les travaux de soutènements et de stabilisation de talus, de terrassement, les fondations des ouvrages d'art. D'où l'intérêt de cette étude dont l'objectif est de déterminer les caractéristiques physiques du sol de la zone d'étude et de montrer leurs influences sur la durabilité du corps de chaussée.

2. Méthodologie

2-1. Présentation de la zone d'étude

Ce travail de recherche a été conduit dans la région du littoral, à Douala ; précisément dans l'arrondissement de Douala IVème, chef-lieu Bonaberi (*Figure 1*) Il a débuté au niveau du carrefour Bonassama situé à environ 200 m du pont du Wouri et s'est achevé au carrefour Sodiko à 200 m de la gare routière. Du point de vue géographique, la ville de Douala est située entre $04^{\circ}01'$ et $04^{\circ}06'$ de latitude Nord et entre $09^{\circ}04'$ et $09^{\circ}45'$ longitude Est. Elle constitue le plus vaste des bassins côtiers camerounais avec une superficie de 19 000 km² dont 7000 km² sont immergées ; et possèdent une plate-forme continentale d'une largeur de 25 km [10]. Cette ville est caractérisée par une morphologie de plaine étalée ne dépassant pas 60 m. Ses collines sont constituées uniquement de terrain sédimentaire et sont entaillées par un réseau dense de cours d'eau. Les ruisselets affluent des fleuves côtiers. Le Wouri est l'unique fleuve qui traverse la ville de Douala dans sa partie Nord-Ouest et s'écoule suivant la direction NE-SW. Il est alimenté par les quartiers traversant le Nord et l'Ouest. Douala a un climat de type tropical humide influencé par la déviation de la mousson due au relief du mont-Cameroun situé à 60 km de l'ouest et qui culmine à 4070 m [11]. Les précipitations sont très abondantes avec une hauteur de 4200 mm. Elles sont quasi permanentes toute l'année et montrent l'existence de deux pics qui sont constitués d'une saison humide allant de mars à novembre et d'une saison sèche allant de décembre à février. Deux types de sol sont principalement rencontrés à Douala ce sont : les sols ferrallitiques et les sols hydromorphes. Le bassin sédimentaire de Douala présente deux systèmes aquifères important du bas vers le haut : le Système profond (grès de base, sable paléocène) et le système superficielle (formation miopliocène, Alluvions du quaternaires). Dans la ville de Douala et ses environs, la végétation est celle de la forêt ombrophile de basse altitude. Elle comprend : la forêt atlantique biafréenne située au niveau du Wouri, les mangroves localisées au niveau de la bordure côtière (Rhizophoras Moza et Avicennia germinan) [12], la forêt secondaire vieille et dégradée qui se trouve au niveau des zones de dépression, la forêt atlantique littorale ou forêt a *Alophira alata* et *Saccoplotis gabonensis*.

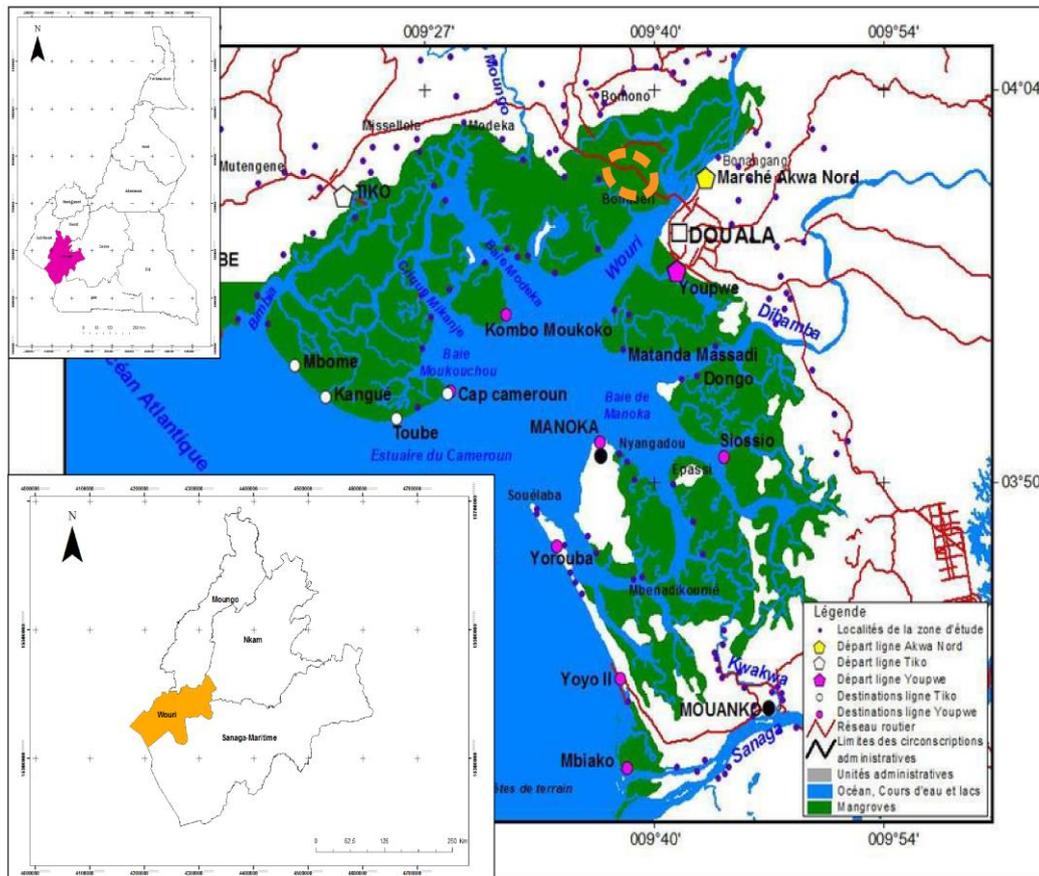


Figure 1 : Plan de localisation de la zone d'étude. Source : (KAMDEM Merveille)

2-2. Collecte et traitement de données

2-2-1. État des lieux et description de la chaussée de l'ancienne et la nouvelle route de Bonaberi

L'état des lieux a consisté à faire une reconnaissance du site afin de la délimiter. Ensuite, elle a continué par la description de l'état de chaussée des axes routiers. Cette étape a été menée de manière visuelle. Les observations ont permis de décrire l'environnement de ces axes tout en montrant les zones fortement dégradées sur la chaussée. Les dégradations présentes sur la chaussée des axes de Bonaberi ont été comparées avec ceux du catalogue des dégradations des chaussées superficielles [13]. Les coordonnées géographiques en Universal Transverse Mercator (UTM) de chaque dégradation ont été relevées afin de les cartographier.

2-2-2. Caractérisation des paramètres physiques

Pour déterminer les paramètres physiques du sol, dans un premiers temps une campagne de collecte des échantillons de sol ont été fait. À l'aide d'un engin (pénétomètre statique) des sondages ont été fait à plusieurs endroits du site et à différentes profondeurs du haut vers le bas (1 m, 2 m, 3 m et 4,5 m). Au total 05 échantillons de 10 kg de couleurs diverses ont été sélectionnés sur des milieux différents tout au long de zone d'étude. Ces échantillons ont été conditionnés dans des sacs en plastique et transporté au laboratoire géotechnique de la structure COMPETING BET pour la réalisation des analyses que sont :

- La détermination de la teneur en eau (W) : Les échantillons de sol prélevé (100 g) (Wh) ont été pesés à l'état naturel, ensuite séchés à l'étuve à 105°C pendant 24 h. Après séchage ils ont été pesés à l'aide d'une balance de précision pour obtenir le poids des échantillons sec Ws. Et la teneur en eau W a été calculée d'après la formule de la Norme Française (NF) [14] (Équation 1).

$$W = \frac{W_h - W_s}{W_s} \tag{1}$$

avec, W_h qui est le poids de l'échantillon de sol humide en gramme(g), W_s le poids de l'échantillon de sol sec en gramme(g) et W : la teneur en eau en pourcentage (%);

- L'analyse granulométrique : Celui-ci a été rendu possible suite à l'utilisation de deux procédés standards différents à savoir, le tamisage (qui s'est fait par voie sèche, les échantillons prélevés ont été lavés puis séchés à l'étuve à 105°C et tamisés à l'aide des tamis avec des mailles de dimensions supérieures à 80 microns) et la sédimentométrie (elle porte sur les particules de dimensions inférieures à 80 microns) ;
- La détermination de la coupe lithologique : elle a été faite en identifiant visuellement des échantillons en fonction de la couleur et de la profondeur. Ensuite, les résultats de l'analyse granulométrique ont permis de répartir les échantillons de sol en fonction de leur proportion dans le diagramme triangulaire de classification des produits d'altération [15] ;
- La détermination de la perméabilité : Cinq (05) trous de 50 cm dénommés P1 à P5 ont été creusés à l'aide d'une tarière manuelle. La perméabilité a été déterminée par la méthode de Porchet [16]. Celle-ci consiste à suivre, en fonction du temps, l'infiltration d'une quantité d'eau versée dans un trou. Le niveau de l'eau dans ce trou est porté sur une fiche Préconçue en fonction du temps. La perméabilité K se détermine en traçant la courbe (**Équation 2**).

$$\log\left(h + \frac{R}{2}\right) \tag{2}$$

Cette courbe est fonction du temps à l'échelle semi-logarithmique. Une fois le régime stabilisé, on obtient une droite de pente (**Équation3**).

$$p = \frac{-2K}{2,3R} \tag{3}$$

La conductivité hydraulique est donnée par la relation :

$$K = -p \frac{2,3R}{2} \tag{4}$$

avec, K : perméabilité (en $m.s^{-1}$), R : rayon du trou (en m), p : pente de la droite représentative de l'essai d'infiltration.

3. Résultats

3-1. État des lieux des chaussées de l'ancienne et la nouvelle route

3-1-1. Présentation des axes routiers de la zone d'étude

Les axes routiers de Bonaberi (ancienne et nouvelle route) sont des voies principales qui mènent directement dans la zone portuaire et sont à cet effet caractérisées par plusieurs éléments qui sont décrits dans le **Tableau 1**.

Tableau 1 : Description des axes routiers ancienne et nouvelle route

	Point Kilométrique (PK)	Structure du corps de chaussée	Etat de la chaussée	Nature du trafic	Types d'aménagement	Types d'entretien
Ancienne route	3090 m	<ul style="list-style-type: none"> - Couche de roulement en pavé entre PK 30 et PK 830 donc sur un linéaire de 700 m - Couche de roulement en bitume sur le reste du tronçon - Couche de base est la grave concassée - Couche de fondation est la pouzzolane 	<ul style="list-style-type: none"> - Moyen état (Présence d'un affaissement) 	<ul style="list-style-type: none"> - Trafic très intense (les véhicules qui circulent sont les poids lourd, les taxis, les motos etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> - Route à deux voies - Terre-plein centrale avec aménagement de l'espace vert - Présence d'ouvrage d'assainissement et rigoles bouchés 	<ul style="list-style-type: none"> - Entretien curatif
Nouvelle route	3420 m	<ul style="list-style-type: none"> - Couche de roulement en béton bitumineux sur tout le tronçon ; - Couche de base est la grave concassée /grave de ciment ; - Couche de fondation est la pouzzolane. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvais états (Présence des pathologies tels les nids de poules, les fissures, les arrachements, ...) 	<ul style="list-style-type: none"> - Trafic très intense (présence Des véhicules de toutes les classes) 	<ul style="list-style-type: none"> - Route à deux voies sans terre-plein centrale - Absence des ouvrages d'assainissement 	<ul style="list-style-type: none"> - Entretien curatif

3-1-2. Dégradations présentes sur les axes routiers (ancienne et nouvelle route)

Les résultats de l'état des lieux de ces routes montrent que la nouvelle route est fortement dégradée (11 dégradations) contre une dégradation sur l'ancienne route. Au total, on dénombre sur ces chaussées 12 dégradations dont, 45 % nids de poule, 15 % arrachements, 8 % fissuration, 15 % épaufrure, 8 % bombements et enfin 8 % affaissement (*Figure 2a, 2b, 2c*). Le diagramme de la *Figure 3* représente les proportions de ces dégradations sur la chaussée et enfin ces derniers sont représentés sur la *Figure 4*



Figure 2 : *Dégradations présentes sur la nouvelle route (NR) : a) Nids de poule sur la nouvelle route, b) ressauge, c) Arrachement*

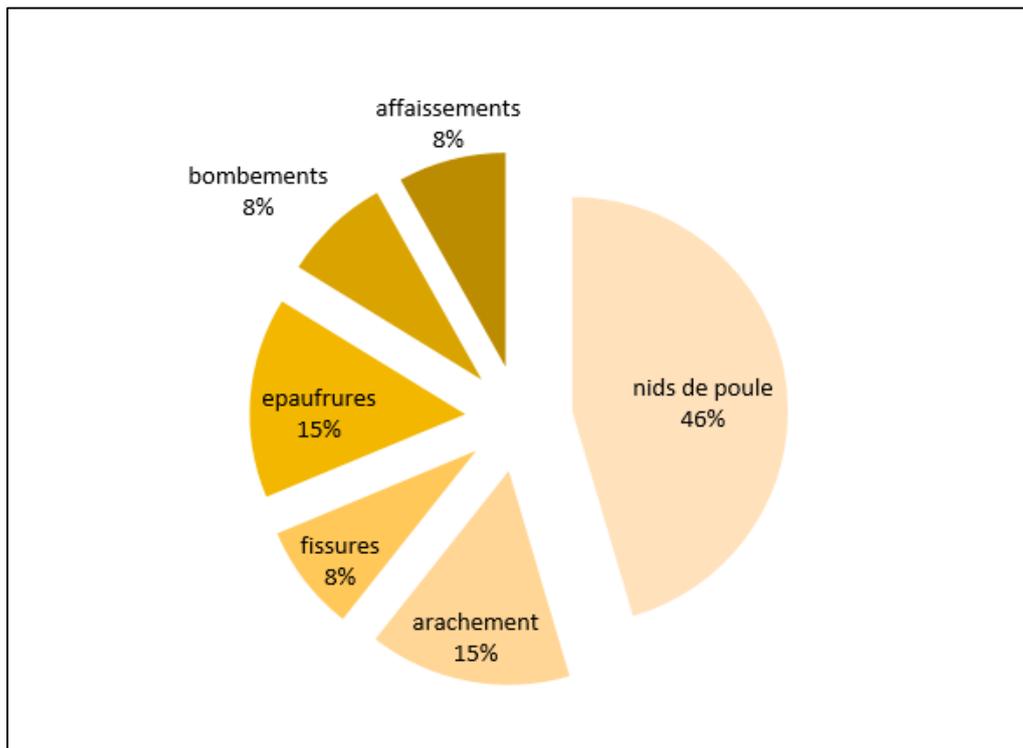


Figure 3 : *Pourcentage des dégradations sur l'ancienne et la nouvelle route*

ETAT DES LIEUX DES ROUTES ANCIENNE ET NOUVELLE DE BONABERI (DOUALA - CAMEROUN)

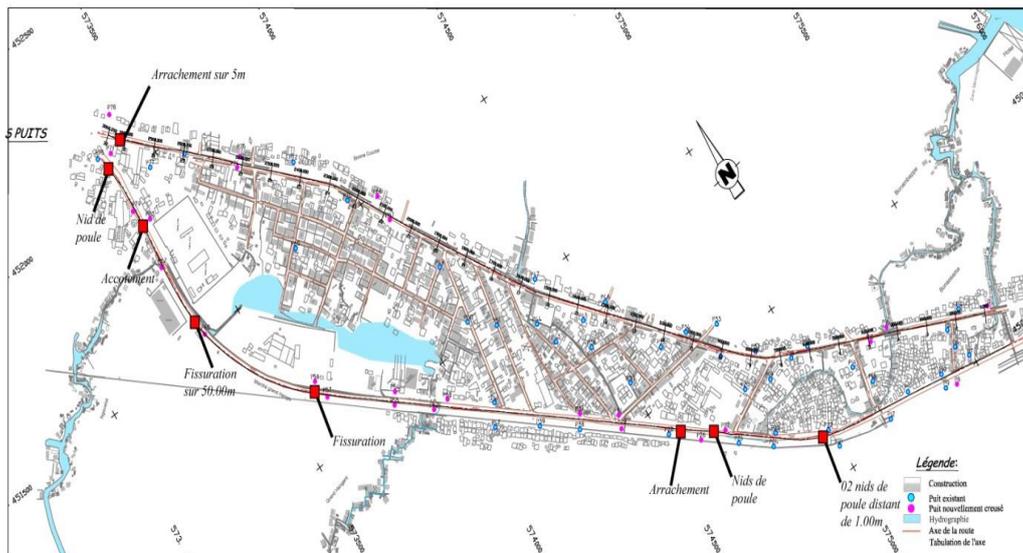


Figure 4 : Cartographies des points dégradés sur la chaussée. Source : (MOIFFO Judicaël)

3-2. Caractéristiques physiques du sol

3-2-1. Teneur en eau des échantillons de sol

Les teneurs en eau naturelles varient d'un échantillon à un autre. Les résultats de la **Figure 5** montrent que la teneur en eau des échantillons E1, E2, E3, E4 et E5 sont respectivement 18,1 %, 15,53 %, 16,27 %, 15,36 % et E5 25 %. La teneur en eau est plus élevée pour E5 et plus faible pour E4. Par ailleurs, la **Figure 5** montre l'évolution de la teneur en eau naturelle du sol en fonction de la profondeur.

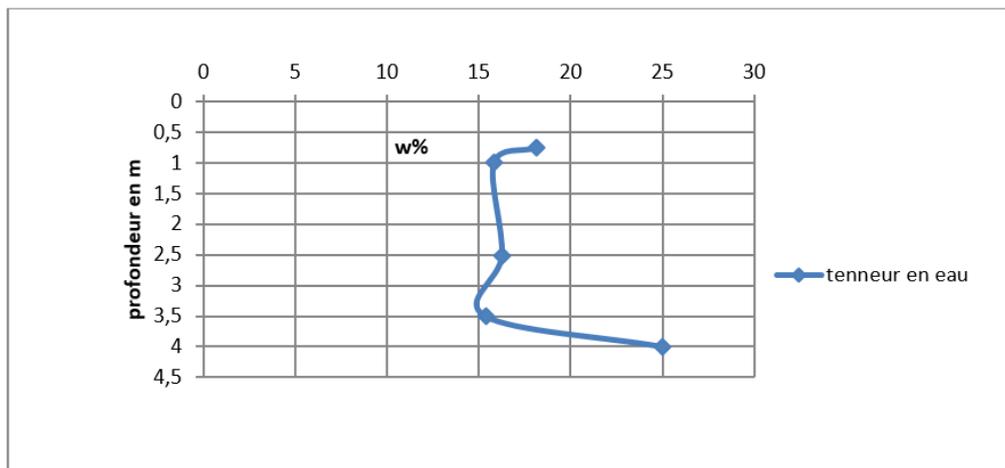


Figure 5 : Évolution de la teneur en eau en fonction de la profondeur

3-2-2. Granulométrie

L'analyse des échantillons de sol de la zone d'études ont permis de ressortir dans le **Tableau 2** la distribution des particules en pourcentage. Ainsi, l'échantillon E1 possède 79,42 % de particules grenues et 20,58 % de particules fines, l'échantillon E2 contient 77,18 % de particules grenues et 24,49 % de particules fines ; l'échantillon E3 à 78,41 % de particules grenues et 21,59 % de particules fines ; L'échantillon E4 à 69,77 %

de particules grenues et 30,33 % de particules fines et enfin E5 à 69,77 % de particule grenue et 55,33 % de particule fines. Il est constaté que les échantillons E1, E2 et E3 ont un pourcentage élevés en sables avec les valeurs respectives de 64,65 % ; 65,13 % et 62,71 %. Les échantillons E1, E3 et E5 ont une proportion nulle en cailloux alors qu'E2 et E4 sont très faibles en cailloux. Les différentes proportions des particules de sol ont servi pour le tracer des courbes granulométriques (*Figure 6*).

Tableau 2 : Proportion des échantillons granulométriques des produits d'altération du sol

Echantillons (E)	cailloux (%)	Graviers (%)	Sables (%)	Limons (%)	Argiles (%)	Limon+argile (%)	Particules grenues (%)	Particules fines (%)
E1	0,00	14,77	64,65	3,24	17,34	20,58	79,42	20,58
E2	1,68	10,37	65,13	3,94	20,55	24,49	77,18	24,49
E3	0,00	15,3	62,71	2,89	18,7	21,59	78,41	21,59
E4	0,69	11,54	57,44	4,31	26,02	30,33	69,77	30,33
E5	0,00	3,2	41,48	7,90	47,42	55,32	44,88	55,32

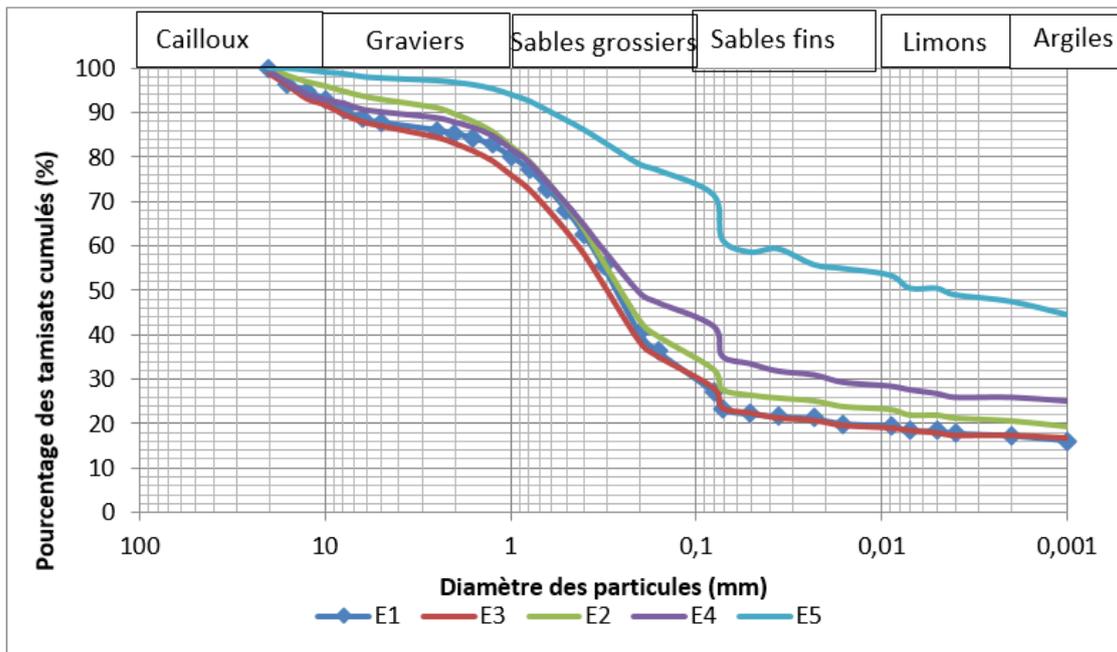


Figure 6 : Courbes granulométriques

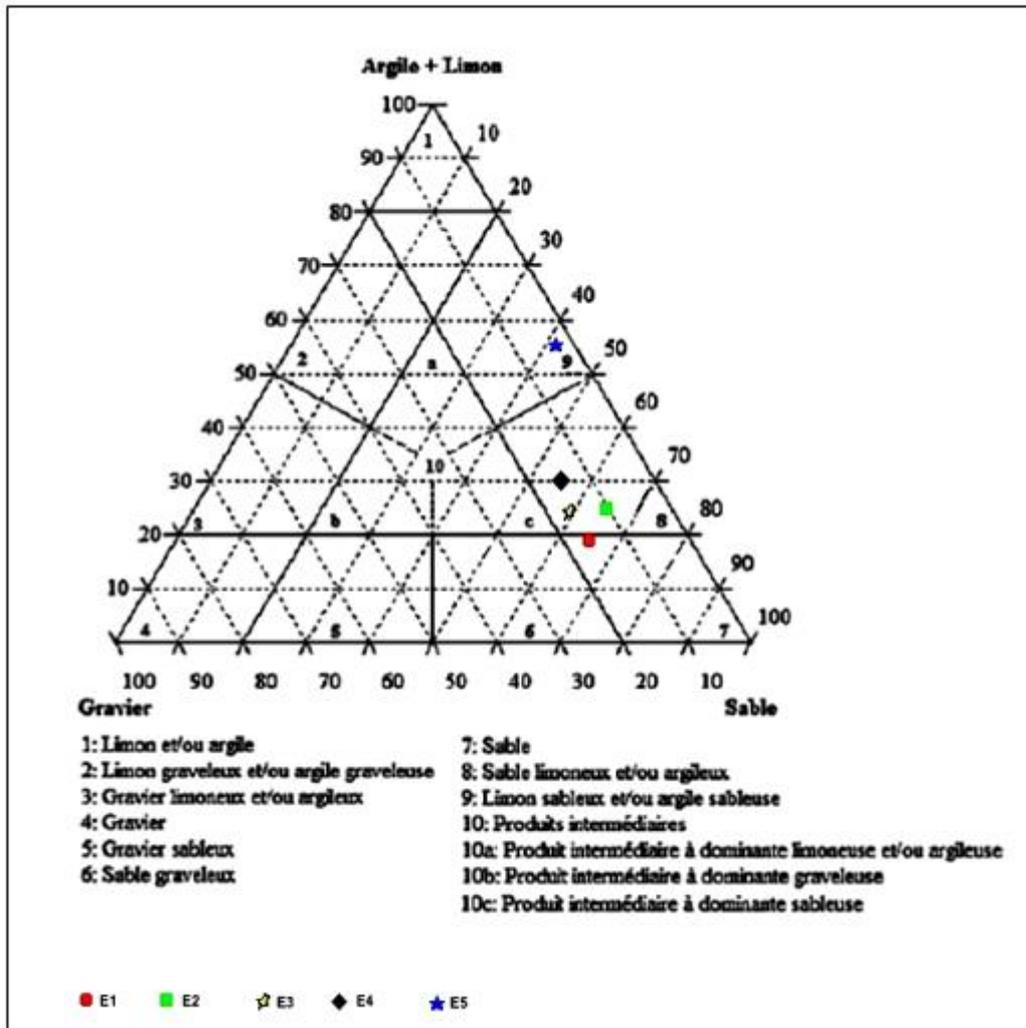


Figure 7 : Diagramme triangulaire d'Ekodeck

3-2-3. Lithologie

Le diagramme triangulaire de classification des produits d'altération d'Ekodeck (**Figure 7**) montre que la lithologie des formations d'altération de la zone d'études est constituée de matériaux suivants :

- l'échantillon E1 correspond au sable qui est l'horizon superficiel ;
- l'échantillon E2 est constitué de sable limoneux ou argileux encore appelé horizon argileux meuble ;
- l'échantillon E3 est un sable limoneux ou argileux qui correspond à l'horizon nodulaire
- l'échantillon E4 est un sable limoneux qui correspond à l'allotérite ;
- l'échantillon E5 est un limon sableux ou argile sableuse qui correspond à l'isaltérite.

Ces formations ainsi définies, sont réparties en deux zones suivant leur degré de saturation (**Figure 8**) : la zone non-saturée qui constitue les sables et les sables limoneux (E1, E2, E3 et E4). C'est le siège du drainage libre d'eau d'infiltration et la zone saturée qui est représentée par les matériaux sableux-limoneux caractérise le complexe eau-solide (E5).

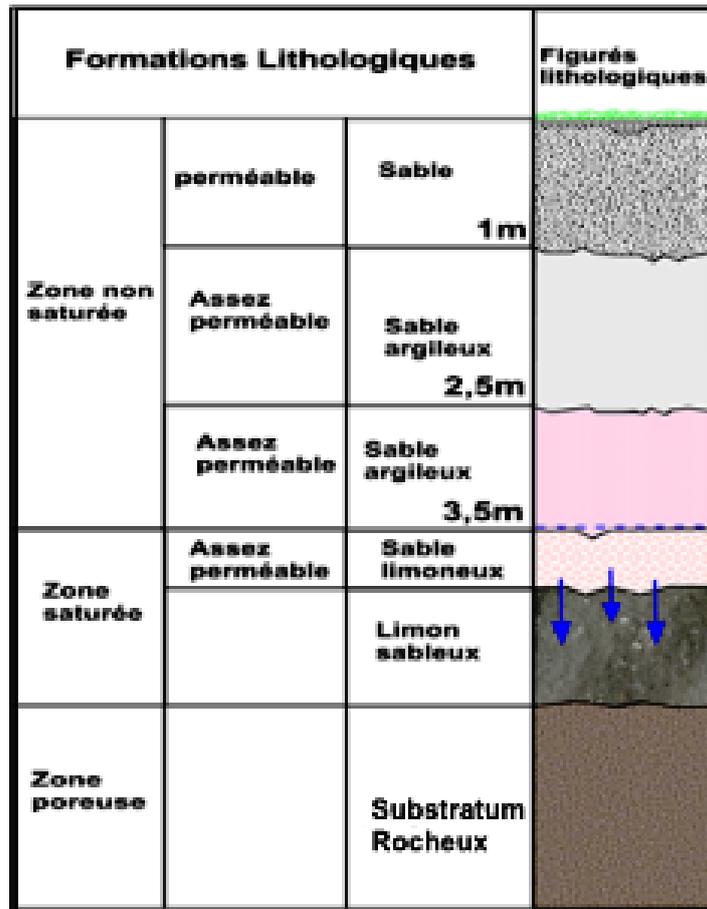


Figure 8 : Coupe lithologique

3-2-4. Perméabilité

L'essai de Porchet réalisé a permis d'obtenir les valeurs de la perméabilité inscrit dans le **Tableau 3**. Ces valeurs varient d'un point à un autre. Ce sont respectivement : $1,72 \cdot 10^{-5}$; $4,025 \cdot 10^{-5}$; $2,87 \cdot 10^{-5}$; $1,26 \cdot 10^{-4}$; $4,025 \cdot 10^{-5}$ pour les trous 1, 2, 3, 4, 5

Tableau 3 : Valeurs de perméabilité de quelques puits représentatifs

N° du puits	1	2	3	4	5
Perméabilité K en m/s	1,72E-05	4,025E-05	2,87E-05	1,26E-04	4,025E-05

4. Discussion

4-1. Types de dégradation sur les axes routiers

L'abondance des nids de poules et leurs appartenances aux dégradations d'arrachements pourraient être dues au défaut de planéité de la plateforme, aux mauvais compactages de la chaussée ; à la stagnation de l'eau sur la chaussée et à d'autres dégradations tels que les ornières, les tôles ondulés et au ravinement. Ce résultat est similaire à celui de [17]. Cet auteur travaillant sur le dimensionnement des chaussées en zone

marécageuse dans la ville de Douala a montré la présence des nids de poule sur la chaussée dans plusieurs autres quartiers (Deido, Deido Bassa, Banondjo, Ndokoti, Makepe, Missouke,). En effet [18] a mentionné dans une étude portant sur la qualification et quantification des dégradations d'une route non revêtue que les nids de poule des routes revêtues ne sont pas des dégradations structurelles ; il s'agit d'un phénomène de surface, une maladie de peau en quelque sorte. Par contre; pour les routes non revêtues, les nids de poule sont considérés comme un désordre structurel.

4-2. Caractéristique physique du sol

4-2-1. Teneur en eau

L'augmentation de la teneur en eau en fonction de la profondeur observée chez certains échantillons pourrait être due au fait que ces échantillons de sol soient proches de la nappe souterraine. Ces résultats sont semblables à ceux [19] qui a investigué sur l'hydrodynamique d'un bassin versant en zone de socle cristallin fracturé et altéré et a obtenu les teneurs en eau de l'ordre de 23,1 à 27,6 % pour ses échantillons de sol. De plus, des travaux menés par [20] ont prouvé que la teneur élevée en eau diminue la portance du sol ce qui peut avoir une influence sur le compactage lors des travaux routiers. Ceci explique les problèmes de déformation et l'apparition des fissures sur la chaussée. Toute fois l'eau est une cause de dégradation prématurée des chaussées puisqu'elle accélère ou cause typiquement des dégradations comme la remontée de fines, l'orniérage, la fissuration et les défauts localisés (nids de poule) [21]. [22] a montré que les déformations permanentes des matériaux non traités (assise en grave non traitée) sont causées par la variation de la teneur en eau de ces matériaux qui sont l'un des principaux modes de détériorations des chaussées souples.

4-2-2. Granulométrie

Au regard des résultats de l'analyse granulométrique, les produits d'altérations du sol étudié sont constitués des proportions élevées de particules grenues et des proportions faibles de particules fines cela pourraient s'expliquer par une altération du sol. En effet, [23] travaillant sur caractérisation physique et hydrodynamique d'un aquifère à nappe libre en zone de socle a montré que ce déséquilibre s'explique par le degré de l'altérabilité de chaque horizon résultant de la diminution importante, de la taille des particules du sol, de la profondeur vers la surface du profil d'altération, ou soit du drainage météorique des matériaux de la surface vers la profondeur.

4-2-3. Lithologie

L'obtention des textures sableuses, sableuses limoneuses, limoneuses sableuses ou argileuses sableuses serait favorables à l'infiltration de l'eau. Selon [24], ces derniers sont favorables à l'infiltration des eaux avec un horizon de faible accumulation et en profondeur, un horizon généralement humifères ou non. En outre, la nature de la lithologie obtenue fait penser à des sols compressibles qui ne sont pas favorables à l'implantation d'une route, ceci pouvant entraîner le risque de déformation et d'affaissement de la chaussée.

4-2-4. Perméabilité

Les calculs de conductivité hydraulique ou de perméabilité à partir de l'essai de Porchet ont permis d'obtenir des valeurs qui vont de l'ordre de 10^{-4} à 10^{-5} m/s. Ces ordres des perméabilités d'après la classification de [25] permettent de dire que les sols de la zone d'étude sont perméables et assez perméables. Ces résultats sont similaires à ceux de [11] qui lors de ces études menées dans le bassin versant de Besseke à Douala a obtenu des valeurs de perméabilité à l'ordre de 10^{-6} m/s qui correspondent à des sols peu perméables. Cette différence peut être due à la méthodologie adaptée pour l'essai de la perméabilité. De plus, les valeurs de la

perméabilité de la zone d'étude laissent penser à une alimentation assez rapide de la nappe supérieure par les eaux de pluie dont un taux d'infiltration est important. Ces valeurs témoignent d'un écoulement latéral facilité par la granulométrie, présentant l'avantage d'une alimentation des aquifères par les cours d'eau en période de crues [19]. Selon [26], la perméabilité est fonction de la granulométrie et du degré d'interconnexions entre les vides d'un réservoir. Un sol riche en particules grenues sera d'autant plus perméable qu'un milieu riche en particules argileuses. Cependant les sables limoneux superficiels sont les plus perméables malgré leur enrichissement en particules limoneuses qui ont une forte capacité de rétention. Cette perméabilité serait donc influencée par la présence des macropores causées par l'action des racines des plantes ou des organismes vivants (vers de terre, insectes), des fissures de dessiccation souvent présentes dans les matériaux limoneux [27].

5. Conclusion

Parvenu au terme de cette étude dont l'objectif général était de montrer l'influence des caractéristiques physiques sur du sol et leur impact sur le corps de chaussée de l'ancienne et la nouvelle route de Bonaberi (de Bonassama à Sodiko) ; Il a été permis de constater que la chaussée de la nouvelle route a 11 dégradations contre 01 sur l'ancienne route. Parmi ces dégradations, 45 % sont constitués des nids de poule. Le milieu est constitué des sols dont la répartition granulométrique présente des particules grenues supérieurs aux particules fines sauf l'échantillon 5 qui a une proportion de particule grenue de 44,88 % et 55,32 % de particule fine. Les formations géologiques rencontrées sont les roches sédimentaires (sable, sable limoneux, et argile sableuse) ce qui confèrent des sols de nature perméables et assez perméables pour des ordres de perméabilité successifs de 10^{-4} et 10^{-5} .

Références

- [1] - L. FEUDJIO NGUETSOP, "du réseau routier au Cameroun et développement du linéaire", Mémoire, DEESS/MASTER II en Analyse et évaluation des projets, Faculté de Sciences Economiques, Université de Rennes 1, Université de Yaoundé II, (2008) 95 p.
- [2] - M. COMBERE, "Problématique du dimensionnement des Chaussées souples au Burkina Faso", Projet de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception, Université Cheikh Anta Diop de Dakar/université de Thiès, école polytechnique de Thiès, (2008) 164 p.
- [3] - Ministère des Travaux Publics (MINTP) "Présentation du réseau routier", (2016), [En ligne] URL : https://fr.wikipedia.org/wiki/Routes_au_Cameroun
- [4] - Communauté Urbaine de Douala (CUD), "Note communautaire du projet de réhabilitation de l'accès Est à la ville de Douala par la RN3", (2013) 13 p.
- [5] - Ministère de l'Habitat et du Développement Urbain (MINDUH), "Etudes d'impact environnemental et social détaillée pour la construction de la station de traitement des boues de vidange de Ngombe, Douala". Secrétariat Général- Cellule de Préparation - Rapport final du Projet de Développement des Villes Inclusives, (2017) 188 p.
- [6] - DIDIER PLAT, AMAKOE ADOLHOUME, BANO BARRY, E. BOUPDA, L. DIAZ OLVERA, XAVIER GODARD, L. R. KEMAYOU, P. POCHET., MAÏDADI SAHABANA, B. NAGONE ZORO, "Pauvreté et mobilité urbaine à Douala". Rapport final SSATP No 09/04/DI, Programme de politiques de transport, Afrique subsaharienne (SSATP) Région Afrique, Banque mondiale, (2007) 153 p.
- [7] - Z. N. FOGWE, M. TCHOTSOUA, "Evaluation géographique de deux décennies de lutte contre les inondations dans la ville de Douala". In : Vu Do Quynh (AUF, Campus numérique francophone de Hanoi). CD ROM - 1er Journées Scientifiques Inter-Réseaux de l'AUF 6-9 novembre 2007, Hanoi

- (Vietnam) Gestion intégrée des eaux et des sols. Ressources, aménagements et risques en milieux ruraux et urbains, (2008) 8 p.
- [8] - FELLAHI WASSIM, "Caractérisation et résilience des risques géotechniques dans un projet routier". Mémoire pour l'Obtention du Diplôme de Master en Génie Civil Option Infrastructure de Base et Géotechnique. Université Aboubekr Belkaid - Tlemcen Faculté de Technologie Département de Génie Civil, (2012) 112 p.
- [9] - F. PORTET, O. NOËL, "Géotechnique routière : Contexte et finalités", Ecole des Mines de Douai, 1st Ed. [Ebook], (2011), [En ligne] URL : <http://www.ente-aix.fr/documents/135-geotechnique/geotechnique>
- [10] - F. R. NGUENE, S. TAMFU, J. P. LOULE & C. NGASS, "Paléoenvironments of the Douala and Kribi-Campo Sub - Basins in Cameroon", West Africa. In : Curnelle, R. Ed. Les Editions de Géologie Africaine, Bulletin du Centre de Recherche Exploration Production Elf-Aquitaine ; Mémoire, 13 (1992) 129 - 139
- [11] - R. FEUMBA, "Hydrogéologie et évaluation de la vulnérabilité des nappes dans le bassin versant de Besseke à Douala (Cameroun)", Thèse - Doctorat, Université de Yaoundé I, (2015) 253 p.
- [12] - SUH NEBA AARON, "Géographie moderne du Cameroun", 2è Ed, (1987) 112 p.
- [13] - Laboratoire central des Ponts et Chaussées (LCPC), "Catalogue des dégradations de surface des chaussées", Vol. 1, (1998) 93 p.
- [14] - Norme française, "Terminologies relative au calcul de dimensionnement des chaussées", NFP 98 - 080, (1992)
- [15] - G. E. EKOUECK, "Altération des roches métamorphiques du Sud-Cameroun et aspects géotechniques", Thèse - Doctorat d'Etat, Université, Grenoble, (1984) 378 p.
- [16] - D. LOUDIERE, A. FATTON, "Essais de perméabilité pour les études de lagunage", Bulletin de l'Association internationale de géologie de l'ingénieur, 26 (1982) 467 - 471
- [17] - P. TENE MBIMBI, "Dimensionnement des chaussées en zone urbaine marécageuse cas de la ville de Douala", ENSP, Université de Yaoundé I, (2014) 102 p.
- [18] - VIZIRET "Qualification et quantification des dégradations d'une route non revêtue pour la programmation d'entretien" Bulletin des laboratoires des ponts et chaussées, N° 213 réf. 4157 de janvier-février, (1992)
- [19] - A. F. BON, "Hydrodynamique d'un bassin versant en zone de socle cristallin fracturé et altéré: cas du bassin versant de l'Olézoa, Yaoundé-Cameroun". Mémoire - DEA, Université de Yaoundé I, (2008) 78 p.
- [20] - Centre de Recherches Routières (CRR), "Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau", (1947) 69, [Adresse] : Boulevard de la Woluwe 42 1200 Bruxelles Tél. : 02 775 82 20 - fax : 02 772 33 74 www.crr.b
- [21] - N. VULCANO-GREULLET, J. P. KERZREHO, A. CHABOT and V. MAUDUIT, "Stripping phenomenon in thick pavement top layers", 11th Int. Conf. On Asphalt Pavements, Nagoya Aichi, Japan, August, (2010) 1 - 6
- [22] - F. ALLOU, C. CHAZALLON, P. HORNYCH, C. PETIT, "Modélisation de l'influence de la teneur en eau sur les déformations permanentes dans les chaussées souples" Université de Limoges, IUT d'Egletons, Laboratoire de Mécanique et Modélisation des Matériaux et Structures du Génie Civil, boulevard Jacques Derche, 19300 Egletons, France, 9 p.
- [23] - M. L. KONGANDEMBOU, "Caractérisation physique et hydrodynamique d'un aquifère à nappe libre en zone de socle cristallin fracturé et altéré : cas du Bassin Versant expérimentale du Mengond au sud Cameroun". Mémoire - MASTER II, Département des sciences de la terre, faculté des sciences, Université de Yaoundé I, (2015) 87 p.
- [24] - DIN NDONGO, "Mangrove du Cameroun, statut écologique et perspective de gestion durable", Thèse de Doctorat, Université Yaoundé I, (2001) 252 p.
- [25] - J. J. COLLIN, "Les eaux souterraines. Connaissance et gestion", Éd. BRGM, (2004) 174 p.
- [26] - G. CASTANY, "Hydrogéologie. Principe des méthodes", Ed. Dunod, Paris, (1998) 238 p.
- [27] - A. PARRIAUX, T. BUSSARD, "Dimensionnement des aires d'alimentation Zu", OFEFP, Lausanne, (2002) 143 p.