

Elaboration De La Carte Géotechnique Et Evaluation De La Portance Du Sol De La Partie Sud-Ouest Du Quartier KALEBUKA/ Lubumbashi, R.D.Congo

Nyundo Kalombo Steve*¹, Kasongo wa Mutombo Portance¹, Tshimanga Emma³, Kalaka Mayur Clovis²

¹Université de Lubumbashi, Faculté de Sciences, Département de géologie/ Lubumbashi / R.D.Congo

²Centre de Recherche Agro-Alimentaire(CRAA), Département de Contrôle de Qualité, Lubumbashi/ R.D.Congo

³Centre de recherche agro-alimentaire (CRAA) Lubumbashi / R.D.Congo

Auteur correspondant : Nyundo Kalombo Steve, cloviskalaka@gmail.com



Résumé : Ce travail a porté sur l'élaboration de carte géotechnique ainsi que l'évaluation de la portance du sol de la partie Sud-Ouest du quartier KALEBUKA.

Les objectifs étaient d'avoir une connaissance de la distribution des classes de sol selon différents systèmes de classification géotechnique ainsi que d'évaluer la portance et déterminer la contrainte admissible en vue d'avoir une vue sur l'évolution de celle-ci avec la profondeur. L'élaboration de la carte géotechnique effectuée sur base de 41 observations suivant la classification AASHTO (désignation ASTM D-3282 M145), Les sols de classe A-2 constituent des bons supports de fondations d'ouvrages et forment des aquifères potentiels (nappe d'eau souterraine, zone de drainage, zone d'alimentation des nappes). Ils constituent également des 409 sites favorables à l'implantation des cimetières (sols aérés) car le délai nécessaire à la destruction de corps et la rotation de 5 ans peut être utilisée sans problème. Les sols A-4 constituent également des bons sous-bassement des fondations, mais sont très vulnérables à l'érosion hydrique et à la liquéfaction. Les sols A-7-5 et A-7-6 forment des substratums imperméables des aquifères. Ces sites peuvent servir à la mise en place des centres d'enfouissement technique. Ils sont également considérés comme gisement d'argiles dans la fabrication des céramiques et des produits.

Pour l'évaluation de la contrainte admissible ; à 50 centimètres de profondeur la portance varie entre 180 kPa pour les sols à faible portance et 1343 kPa pour le sol à portance élevée. Et à 1 mètre de profondeur la contrainte admissible varie entre 362 kPa pour les zones tendres et 1564 kPa pour les zones à forte contrainte.

Mots clés : Portance, Contrainte admissible, géotechnique, mécanique, granulométrie.

Abstract: This work focused on the development of a geotechnical map as well as the assessment of the bearing capacity of the soil in the south-western part of the KALEBUKA district.

The objectives were to have knowledge of the distribution of soil classes according to different geotechnical classification systems as well as to evaluate the bearing capacity and determine the admissible stress in order to have a view on the evolution of this with depth. The development of the geotechnical map carried out on the basis of 41 observations according to the AASHTO classification (ASTM D-3282 M145 designation), Class A-2 soils constitute good supports for foundations of structures and form potential aquifers (groundwater table, drainage zone, groundwater recharge zone). They also constitute 409 favorable sites for the establishment of cemeteries (aerated soils) because the time required for

the destruction of bodies and the 5-year rotation can be used without problem. A-4 soils also provide good foundation basement but are highly vulnerable to water erosion and liquefaction. A-7-5 and A-7-6 soils form impermeable aquifer substrates. These sites can be used for landfills. They are also considered clay deposits in the manufacture of ceramics and products.

For the assessment of allowable stress, at a depth of 50 centimeters, the bearing capacity varies between 180 kPa for low-bearing soils and 1343 kPa for high-bearing soils. And at a depth of 1 meter, the allowable stress varies between 362 kPa for soft zones and 1564 kPa for high-stress zones.

Keywords: Bearing capacity, permissible stress, geotechnical, mechanical, granulometric.

I. INTRODUCTION

L'épanouissement de la population ainsi que l'exode rural, s'accompagne par la naissance des nouveaux sites d'habitations, des innovations, etc. Ces sites connaissent des transformations dont leur aménagement est lié à des nombreux problèmes géotechniques à résoudre notamment (P. KASONGO et al. , 2018):

- La recherche des terrains pouvant supporter des grands ouvrages du génie civil (ponts, fondations de toutes structures, route etc.) ;
- La recherche des zones d'alimentation des aquifères pour fixer des périmètres de protection à proximité des captages d'eau souterraines ;
- La recherche des nouveaux sites d'implantation des centres d'enfouissement technique et des cimetières, etc.

Ainsi pour remédier à ces différents problèmes et d'autres non cités, une connaissance géotechnique des matériaux constituant les sites ciblés serait nécessaire à partir d'une étude géotechnique. Une étude géotechnique est l'ensemble d'observation et d'essai in situ et/ou au laboratoire qui concoure à un résultat, qui est une connaissance géotechnique notamment la portance du matériau ou sol du site sur lequel elle est effectuée. Elle permet de déterminer et d'optimiser les principes de fondations qui seront utilisés pour soutenir la future construction, elle met en évidence des anomalies dans les terrains avant que le projet ne démarre et ainsi éviter les importants surcoûts apportés par les arrêts de chantier et les adaptations du projet au terrain (nécessité de réaliser des fondations profondes par exemple), etc (M. DAS et al. ; 2002)..

C'est ainsi que ce travail porte sur l'établissement de la géotechnique et l'évaluation de la portance du sol de la partie sud-ouest du quartier KALEBUKA dans la commune annexe, ville de Lubumbashi en République Démocratique du Congo dans le but de connaître les types de sol, en fonction de différents systèmes de classification géotechnique, sur le site, leur répartition ainsi que le comportement mécanique en se focalisant sur la portance.

Pour atteindre nos objectifs, nous avons fait recours à la bibliographie basée sur l'exploitation des articles, les documents iconographiques, des ouvrages, des travaux dirigés tel que T.F.C, T.F.B, de la recherche sur internet et à la campagne de terrain, celle-ci pour le prélèvement des échantillons ainsi que la réalisation de l'essai pénétromètre dynamique. Et pour l'interprétation des données nous avons utilisé MS EXCEL et certains logiciels de cartographie (QGIS et autres) pour le traitement des cartes et l'interpolation enfin de produire des cartes thématiques.

II. METHODES

II.1. Localisation du site

Le secteur d'étude est au Sud-Ouest du quartier KALEBUKA qui est une partie dudit quartier de la Commune Annexe, Ville de Lubumbashi, province du haut Katanga en République Démocratique du Congo.

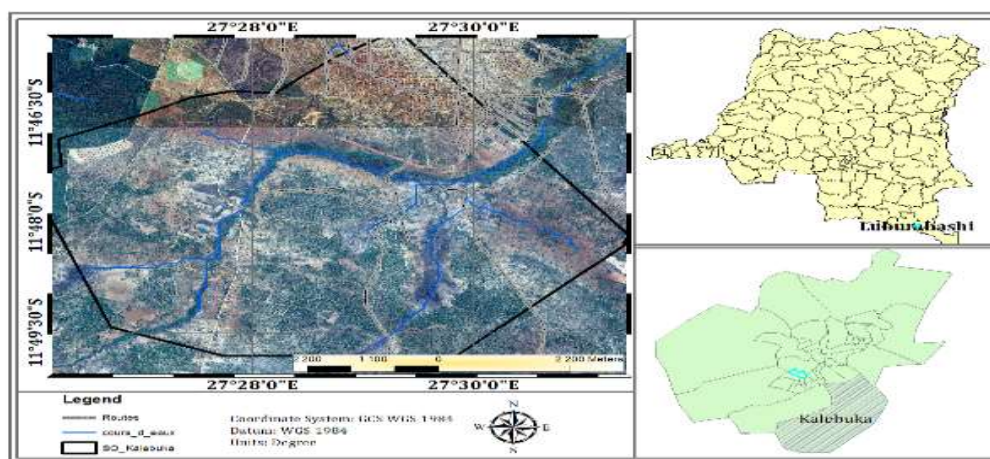


Fig.1. Carte de localisation de la zone d'étude

II. 2. METHODES

En géotechnique, les essais se réalisent suivant des normes préétablies. Il est habituel de caractériser les sols à l'aide d'essais relativement simples ; Ces essais sont appelés essais d'identification. Les principaux sont les suivants (Clerck, 1977 ; Cordary, 1994 ; Costet et al. 1975 ; Costet et al., 1983 ; Letourneur, 1971 ; Lousberg, 1978 ; Lunda, 2003 ; Callaud, 2004 ; Philipponnat et al., 2002 ; Sanglerat et al., 1983-1 ; Sanglerat et al., 1983-2 ; Verdeyen et al., 1968 ; Verdeyen et al., 1971 ; William, 1969 ; Dysli, 1997) :

- ✓ L'analyse granulométrique ;
- ✓ La détermination des limites d'Atterberg
- ✓ La valeur de bleu (méthode de la tâche) ;
- ✓ L'équivalent de sable ;
- ✓ La teneur en matière organique et
- ✓ L'analyse géochimique.

On détermine également la teneur en eau naturelle, la densité spécifique des grains qui entrent dans le calcul des autres paramètres comme la consistance, le pourcentage de passants avec la méthode d'analyse granulométrique par sédimentation.

II.3. Matériels

Pendant cette étude nous avons utilisées les matériels ci-après :

- ❖ GPS pour les coordonnées géographique, balance de précision, coupelle de Casagrande, densimètre, éprouvettes graduée, pycnomètre, pénétromètre dynamique, tares et les tamis.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Détermination de la teneur en eau naturelle

Les dispositifs utilisés sont la balance ainsi que la tare. Le mode opératoire de cet essai est détaillé dans la norme NF P 94-050. La teneur en eau est le rapport du poids d'eau au poids de sol sec ; (G. DEGOUTTE et al. 2009)

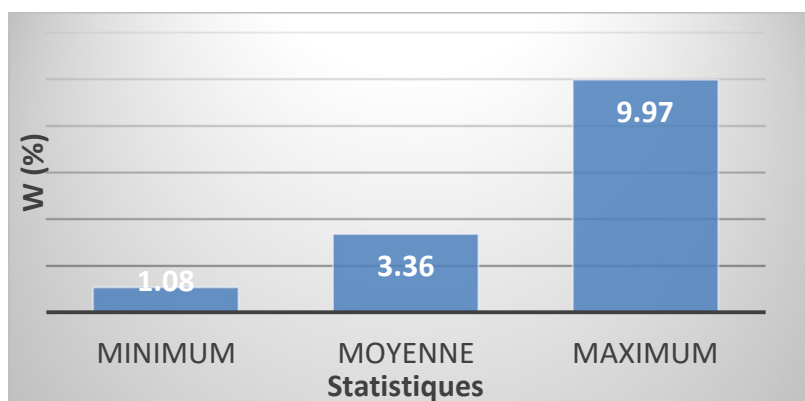


Fig. 2. Teneur en eau naturelle

3.2. Détermination de la densité spécifique des grains norme : NF P 94-054

La densité spécifique (G_s) d'un matériau est définie comme le rapport du poids d'un volume donné de la matière pour le poids d'un volume égal d'eau distillée. En mécanique des sols, la densité de sol en matières solides (ce qui est souvent désigné comme le poids spécifique du sol) est un paramètre important pour le calcul du poids-volume. (Das et al., 2002)

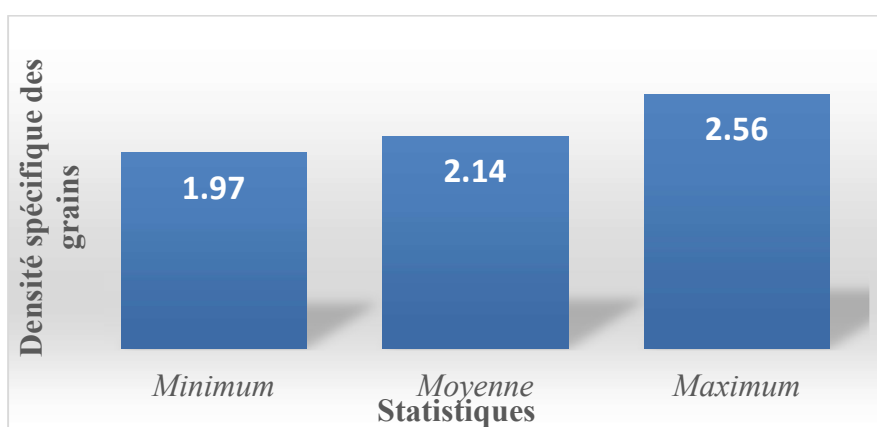


Fig.3. Densité spécifique

Selon le résultat de la densité, la zone d'étude de sol argileux, sableux et graveleux avec une présence de fer ou d'un autre élément susceptible d'augmenter la densité du sol.

3.3. Analyse granulométriques (NF P 94-056)

L'analyse granulométrique permet de mesurer la distribution dimensionnelle en poids des éléments d'un matériau. Elle comprend deux opérations (M. OLIVIER et al. 2016) :

- ❖ Le tamisage, pour la distribution dimensionnelle en poids des particules de dimension supérieure ou égale à 80 microns ;
- ❖ La sédimentométrie, pour la distribution dimensionnelle en poids des particules de dimension inférieure à 80 (75) μm . La sédimentométrie est basée sur la loi de Stokes qui donne la vitesse limite d'une particule tombant sous l'action de la pesanteur dans un liquide visqueux.

Les résultats sont traduits sous forme d'une courbe granulométrique, tracée dans des axes semi-logarithmiques, à partir de laquelle on peut déterminer deux coefficient de forme pour caractériser la distribution granulométrique soient: le coefficient d'uniformité de Hazen noté C_u et le coefficient de courbure C_c (A. Bouafia, 2018).

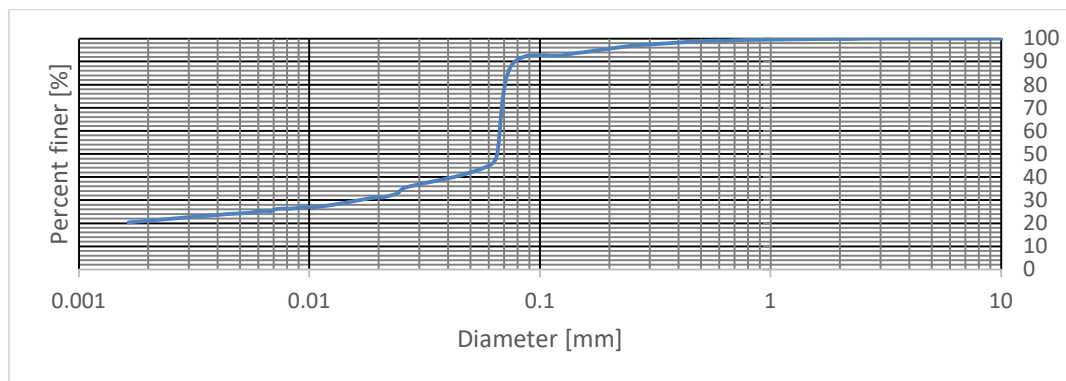


Fig4 courbe granulométrique

A partir de cette courbe on peut déterminer les proportions des classes granulométriques dans l'échantillon selon différents auteurs dans le fig. 4.

Tableau I : Représentation des classes Proportions granulométriques

Classe	Cailloux	Graviers	Sables	Limons	Argile
ϕ [mm] M.I.T	$d \geq 20\text{mm}$	$20\text{mm} > d \geq 2\text{mm}$	$2\text{mm} > d \geq 0,06\text{mm}$	$0,06\text{mm} > d \geq 0,002\text{mm}$	$d < 0,002\text{mm}$
Proportions	0,00%	0,20%	54,90%	23,70%	21,20%
ϕ [mm] Atterberg	$d > 20 \text{ mm}$	$20\text{mm} > d > 2\text{mm}$	$2\text{mm} > d > 0,02\text{mm}$	$0,02\text{mm} > d > 0,002\text{mm}$	$d < 0,002\text{mm}$
Proportions		0,20%	68,50%	10,10%	21,20%
ϕ [mm] U.S.C.S	$d \geq 20\text{mm}$	$20\text{mm} > d \geq 6\text{mm}$	$6\text{mm} > d \geq 0,06\text{mm}$	$d < 0,06\text{mm}$	
Proportions	0,00%	0,00%	55,10%	44,90%	
ϕ [mm] AASHTO et ASTM	$d \geq 20\text{mm}$	$20\text{mm} > d \geq 6\text{mm}$	$6\text{mm} > d \geq 0,06\text{mm}$	$0,06\text{mm} > d \geq 0,006\text{mm}$	$d < 0,006\text{mm}$
Proportions	0,00%	0,00%	55%	19,70%	25,20%

Le tableau textural permet de déterminer la classe texturale du sol à partir des classes (pourcentage en argile, sable et limon) issues de la courbe granulométrique. Ces trois paramètres définissent chacun une droite sur l'abaque dont la classe du sol correspond au point d'intersection de ces trois droites qui doit ensuite être classé parmi les différentes textures.

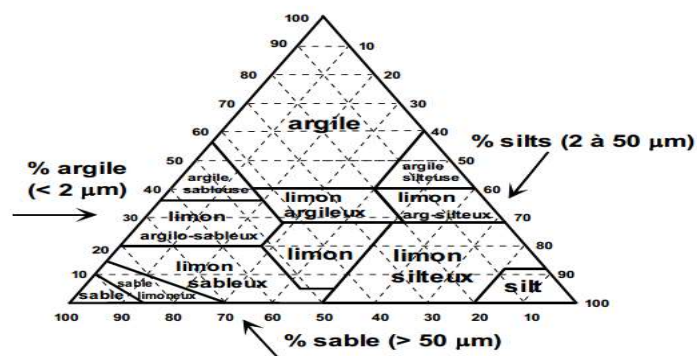


Fig. 6. Diagramme USDA (Degoutte, 2007)

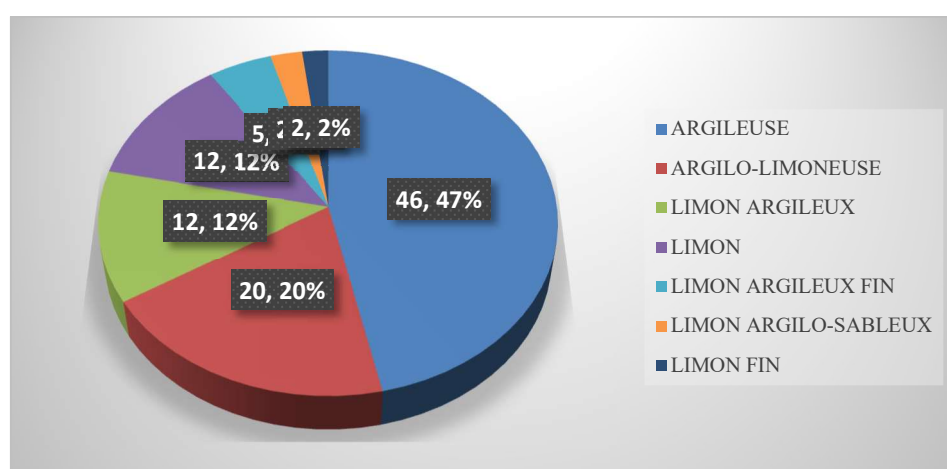


Fig. 7. Proportion des classes texturales dans la zone

Dans cette partie du quartier nous avons majoritairement un sol à texture argileuse et limoneuse.

3.4. Limite d'atterberg

La détermination des limites d'Atterberg comporte deux phases :

- 1°) La recherche de la limite de liquidité à la coupelle de Casa grande
- 2°) La recherche de la limite de plasticité par formation des rouleaux de 3 mm diamètre.

La norme NF P 94-51 (LPC, 1987) explique la réalisation de cet essai ainsi que les matériels utilisés. Et à norme NF P 94-051 explique la réalisation de l'essai de limite de plasticité. A partir de ces deux paramètres on peut déterminer l'indice de plasticité qui donne le degré de plasticité d'un sol.

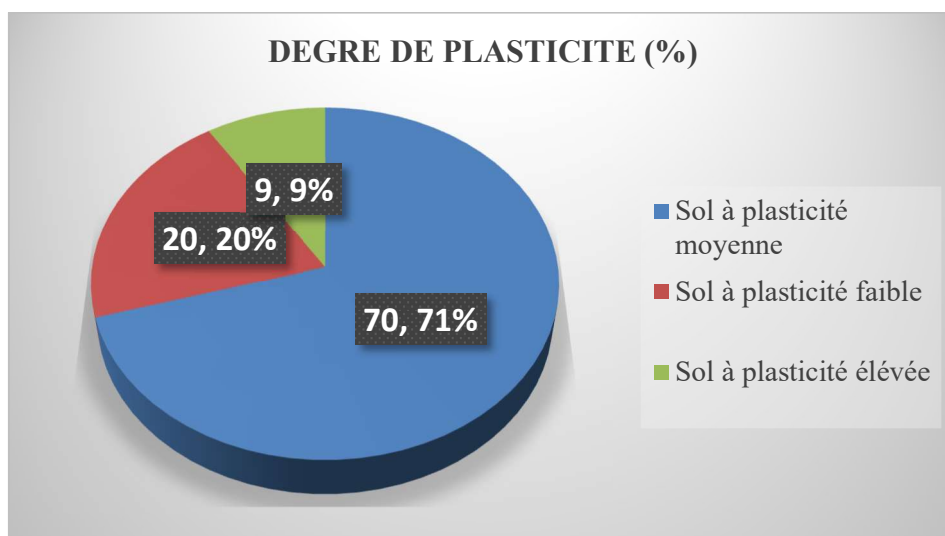


Fig 8. Degré de plasticité

Nous avons dans cette zone le sol à plasticité moyenne qui sont dominant.

3.5. ACTIVITE DES ARGILES

L'activité est le rapport de l'indice de plasticité en pourcentage à la teneur en argile exprimée elle aussi en pourcentage. (Fig9)

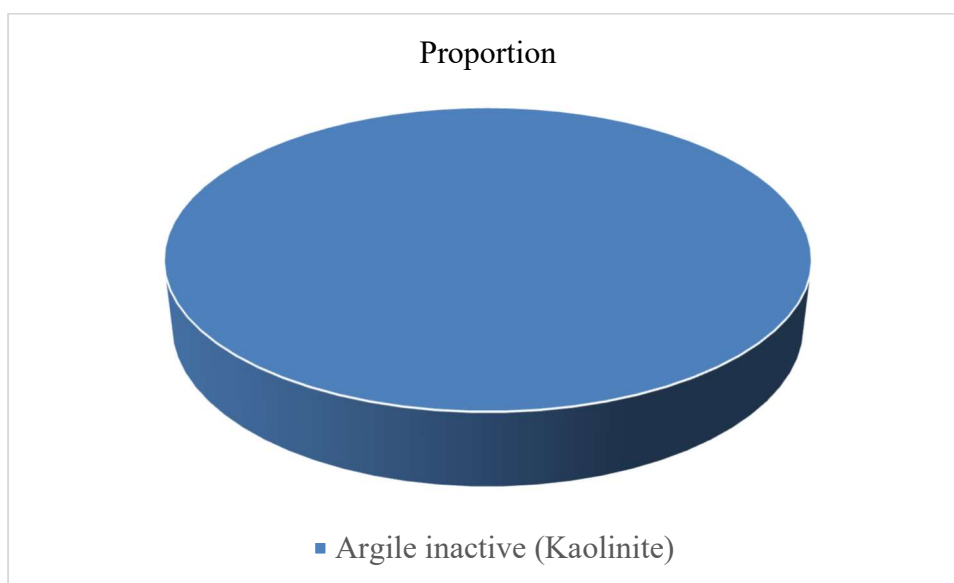


Fig. 9. Activité des argiles

3.6. Elaboration de la carte géotechnique

Les données qui ont servi à l'établissement de la carte géotechnique ont été obtenues grâce aux essais suivants :

- L'analyse granulométrique suivant la norme NF P 94-056 ;
- L'essai des limites de consistance suivant la norme NF P 94-051.

A) CLASSIFICATION AASTHO

La classification AASHTO décrit la classification des sols de n'importe quel endroit dans les groupes (y compris les indices de groupe) sur la base des résultats des tests de laboratoire à partir de la taille des particules caractéristiques, la limite de liquidité et de l'indice de plasticité. La figure 10 montre la répartition des classes AASHTO sur le secteur d'étude.

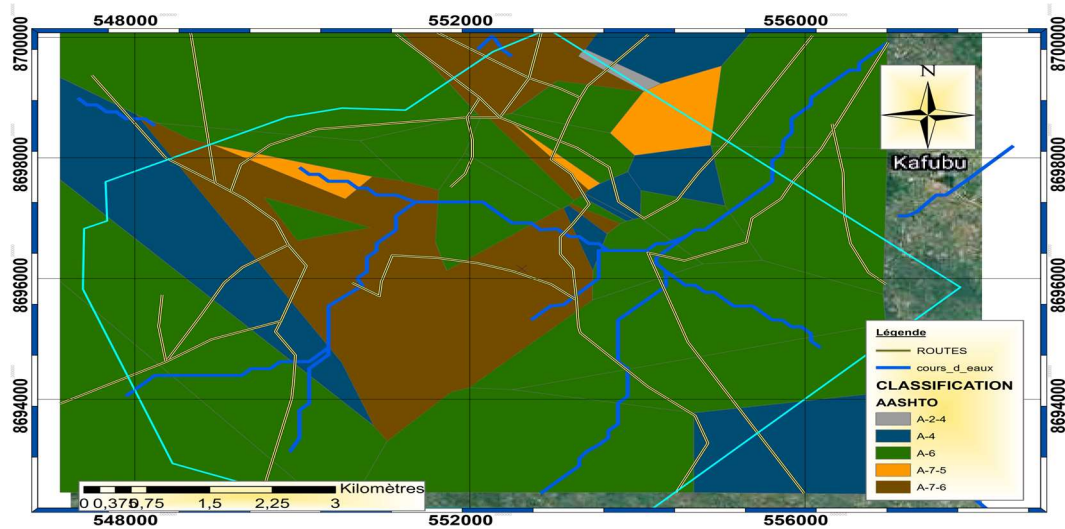


Fig10. Répartition des classes selon le système de classification AASHTO

Les sols de la classe A-6 (Argile plastique) se concentrent aux parties extrêmes de du site, ceux de la classe A-7-6 occupent la partie centrale, A-4 et A-7-5 un peu plus dispersé avec une petite partie de sol A-2-4 (sol granulaire : gravier, sable grossier avec limon qui peuvent être d'origine conglomératique ou gréseux).

B) CLASSIFICATION USCS

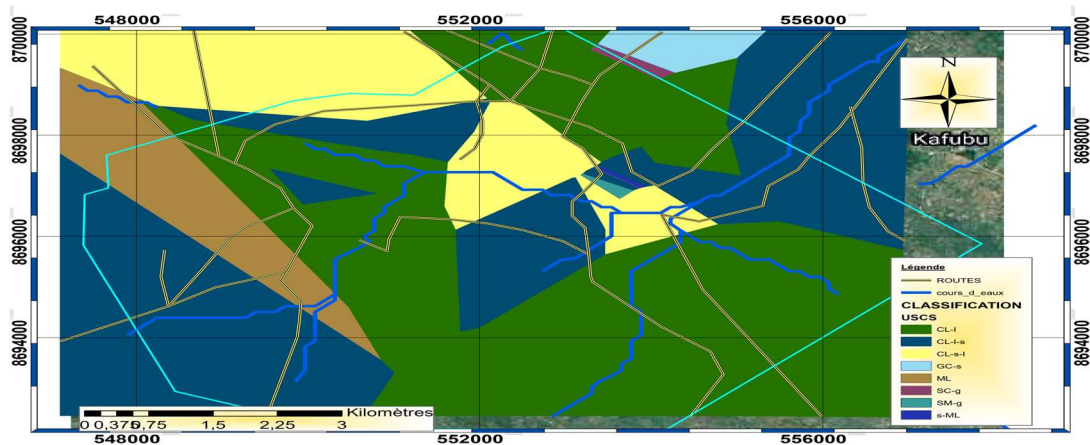


Fig. 11. Répartition des classes USCS

Le système de classification USCS est basé sur la classification granulométrique et sur la limite de liquidité et l'indice de plasticité en considérant aussi la quantité des matières organiques dans le sol.

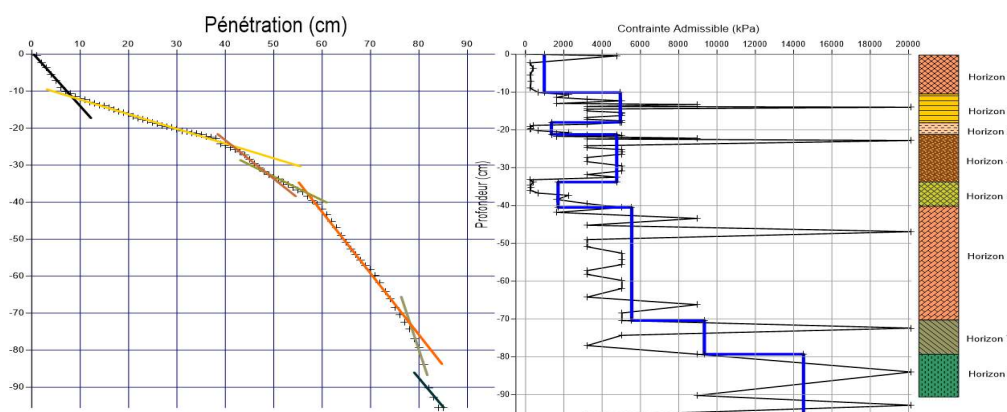


Fig.12. Pénétrogramme

La classe des argiles (CL-I) se localise au Sud Est et une domination des argiles sableux et sable argileux dans une grande partie de la zone.

3.7. Essai au pénétromètre dynamique

La caractérisation mécanique des sols conduit à la détermination des paramètres de déformabilité et de résistance du sol, nécessaires pour alimenter les codes de calcul, de plus en plus développés, qui aideront l'ingénieur à prévoir le comportement charge-déformation de l'ouvrage au cours de la conception. Cette caractérisation peut se faire soit à l'aide d'essais de laboratoire soit à l'aide d'essais in situ et parfois, selon une méthode mixte. (Navarrete, 2009)

Les essais in situ sont irremplaçables et de plus en plus répandus. Ils permettent d'obtenir, à un cout raisonnable, des renseignements sur le comportement mécanique des sols, en parallèle avec leur reconnaissance (Cordary, 1994).

C'est ainsi, pour l'évaluation de la portance et la contrainte admissible (en utilisant un coefficient de sécurité de 3) du sol, nous avons utilisé le pénétromètre dynamique. La portance peut donc être évaluée par le paramètre DCPI (DN) (mm/coup) qui traduit la résistance à la pénétration au DCP (K.A MOGOTSI et al. 2017).

Les résultats les essais sont représentés sur un graphique (DCI en fonction de la profondeur) qui montre l'évolution de la résistance du sol en fonction de la profondeur qu'on appelle pénétrogramme. (Fig 11et 12)

Le pénétrogramme permet non seulement de comprendre l'évolution de la résistance du sol avec la profondeur mais aussi de définir des horizons (couche) de sol en fonction de leur résistance.

Pour ce qui est de la carte géotechnique en fonction de la contrainte admissible, les différentes valeurs de contrainte admissibles observées sur chaque ont été ploté sur Arcgis et ont abouti à la carte suivante à 50 cm de profondeur

A cette profondeur la contrainte admissible varie entre 182 et 1344 kPa où la classe ayant la contrainte admissible (ABC) plus élevées se localise au Nord-Est sur le sol latéritique et la plus basse sur un sol dolomitique.

A cette profondeur (de 1m), nous observons une valeur de contrainte admissible variant entre 362 et 1564 kPa plus élevée par rapport à 50cm d'où une fondation à 1 m d'encastrement est envisageable selon le poids de l'ouvrage.

En dernier nous retiendront pour l'essai au pénétromètre dynamique que le sol latéritique présente une forte capacité portante et est un bon support de fondations, suivit de sol gréseux ainsi que le conglomerat. La dolomie serait un mauvais support de fondation des grands ouvrages du fait que la capacité portante diminue avec la profondeur lorsque celle-ci est altérée en profondeur, ce qui est le cas fréquent avec les roches carbonatées.

CONCLUSION

Nous retiendrons que les ensembles lithologiques du Sud-Ouest du quartier Kalebuka sont du super groupe du katanguienne, groupe de Kundelungu et Nguba. Ces sols sont à 66% constitués des argiles et limons (abaque USDA) qui peuvent être facilement compactés. La majorité des sols ont un degré de plasticité moyen (70%) et sont de très mauvais (75%) concernant l'indice de groupe.

De la classification géotechnique nous retiendrons une prédominance de sol de la classe A-6 : d'origine dolomitique, gréseuse ou micro gréseuse (49%), A-7-6 : Shale, grès (microgrès), dolomie (24%), A-2-4 provient d'un sol latéritique, A-4 proviendrait de shale, dolomie, A-7-5 : Shale, dolomie. L'essai au pénétromètre montre pour la majorité que la contrainte admissible est élevée pour les matériaux granulaires (surtout les sols latéritiques, le grès, microgrès) qui sont des bons supports d'ouvrages. Pour les sols à faible capacité portante on peut envisager une fondation profonde, coulé un radié, colonne ballastée. En tenant compte aussi du tassement du sol même celui-ci offre des contraintes admissibles élevée

Référence

- [1] Ali BOUAFIA : calcul des ouvrages géotechniques, problèmes résolus, reconnaissance et classification des sols pg 27 ;
- [2] Braja M. DAS: Soil Mechanics Laboratory Manual, 6è Edition Oxford University Press 2002;
- [3] Gérard DEGOUTTE (CGAAER) Paul Royet(Cemagref) : Aide-mémoire de mécanique des sols réédition 2009 pg 22 ;
- [4] ISSN 0335-3931 : Norme française : Détermination de la teneur en eau pondérale des matériaux octobre 1991 ;
- [5] ISSN 0335-3931 : Norme française : Détermination de la masse volumique des particules solides des sols octobre 1991 ;
- [6] ISSN 0335-3931 : Norme française : Analyse granulométrique des sols octobre 1991 ;
- [7] Ifsttar. (1987). Limites d'Atterberg. Laboratoire central des ponts et chaussées., France : Ministère de l'équipement, du logement, de l'aménagement du territoire et des transports ;
- [8] KASONGO P., Lunda J.-M., & KIPATA, L. (2018). Elaboration de la carte géotechnique de la ville de Lubumbashi Guide technique de sélection des sites d'implantation d'ouvrages du Génie civil (Vol. 14(N°36)). Lubumbashi, Dép. Géol, Rép. démocr.Congo: European scientific journal ;
- [9] K.A MOGOTSI, F.H VAN DER MERWE: Can one the dynamic cone penetrometer predict the allowable bearing pressure, 2017.
- [10] Myriam OLIVIER – CEREMA / DT_CE Ali MESBAH - ENTPE / DGCB Cayenne, Guyane, 11-15 avril 2016 : « construction en terre » focus sur la fabrication et la construction en blocs de terre compressée : Essais d'identification des sols ;
- [11] M. A. BENZ NAVARETTE : Mesure dynamiques lors du battage du pénétromètre panda, Thèse 2009 ;
- [12] Standard Practice for Classification of soils and soil-Aggregate Mixture for Highway Construction purposes, D3282 Added keywords editorially in May 2004;
- [13] Standard Practice for Classification of soils Engineering Purposes (Unified Soil Classification System), D2487_06 Added keywords editorially in May 2004;