

Étude de valorisation des sols du chantier d'exploitation de diamants de Bakwanga colline, zone 4 de la Miba, selon leur utilisation dans les ouvrages de génie

[Study of the valorization of soils from the Bakwanga diamond mining site, zone 4 of Miba, according to their use in engineering works]

Joseph Kazadi Mutombo¹ and Jean Shimatu Mbuyi²

¹BTP Mbuji-Mayi, RD Congo

²Université de Mbuji-Mayi, RD Congo

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The objective of this work was to valorize the waste rock from the Bakwanga Colline Zone 4 mining site of the MIBA with pockets and layers of gravel containing more than 10 carats of diamonds per cubic meter, but abandoned because of the large volume of waste rock to excavate and move. To recover this waste rock, it is important to identify them and classify them in a category of construction materials. Soil identification and classification work based on the USCS, AASHTO, LCPC systems and many other classification standards (XPP 94-011) incates that these are SP sands or poorly graded sands or still group A-3 sands, non-plastic, non-organic, non-marly and compact. These soil classification systems indicate that the soils studied are among the soil classes with the best behavior as road infrastructure materials. They are also used in civil engineering works such as compacted earth dams in the shoulders and in the foundations. Studies made on the same types of soils in certain corners of the city of Mbuji-Mayi indicate that these soils can also be used for the manufacture of baked bricks or stabilized bricks.

KEYWORDS: identification, standard, classification and valorization.

RESUME: Ce travail avait pour objectif, la valorisation des stériles du chantier d'exploitation de Bakwanga Colline Zone 4 de la MIBA ayant des poches et couches de gravier titrant plus de 10 carats de diamants au mètre cube, mais abandonnés à cause du volume important en stérile à excaver et à déplacer. Pour valoriser ces stériles, il est important de les identifier et de les classer dans une catégorie des matériaux de construction. Les travaux d'identification et de classification des sols basés sur les systèmes USCS, AASHTO, LCPC et bien d'autres normes (XP P 94-011) de classification indiquent qu'il s'agit des sables SP ou des sables mal gradués ou encore des sables du groupe A-3, non plastique, non organique, non marneux et compact. Ces systèmes de classification des sols indiquent que les sols étudiés font partis des classes de sols ayant le meilleur comportement comme matériaux d'infrastructure routière. Ils sont aussi utilisés dans les ouvrages de génie civil tels que les barrages en terre compactée dans les épaulements et dans les fondations. Les études faites sur les mêmes types des sols dans certains recoins de la ville de Mbuji-Mayi indiquent que ces sols peuvent également être utilisés pour la fabrication des briques cuites ou briques stabilisées.

MOTS-CLEFS: identification, norme, classification, sol SP et valorisation.

1 INTRODUCTION

La valorisation des rejets miniers est un sujet d'actualité à nos jours en raison de leur impact environnemental et de leur coût de gestion élevé. La Société Minière de Bakwanga est l'une de plus grandes sociétés d'exploitation de diamants à ciel ouvert, en République

Démocratique du Congo. La production de diamants génère une quantité importante de stériles qui sont considérés comme des déchets, et sont souvent abandonnés sur les sites miniers. Cependant, ces stériles peuvent avoir une valeur économique considérable s'ils sont évalués et utilisés comme matériaux de construction.

Le chantier d'exploitation de diamants de Bakwanga colline Zone 4 de la MIBA contient des poches et couches géologiques titrant plus de 10 carats au m³. Ces carats sont abandonnés par-ci par-là à cause des volumes importants en stériles qu'il faille dégager avant d'extraire le gravier. La découverte de ce gravier peut entraîner de dépenses importantes, qui vont par la suite, soit réduire le profit de la société ou impacter négativement sur la rentabilité du projet d'exploitation.

Pour valoriser les stériles ou sols du Chantier de Bakwanga Colline Zone 4, nous devons déterminer leurs propriétés physico-mécaniques. La connaissance de ces propriétés nous permettra de déterminer les secteurs d'utilisation en tant que matériaux de construction.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude est dans le polygone minier de la MIBA. Le siège de la MIBA se trouve dans la ville de Mbuji-Mayi, au centre de la RDC, Chef-lieu de la province du Kasai-Oriental. Les coordonnées géographiques de la zone d'étude sont :

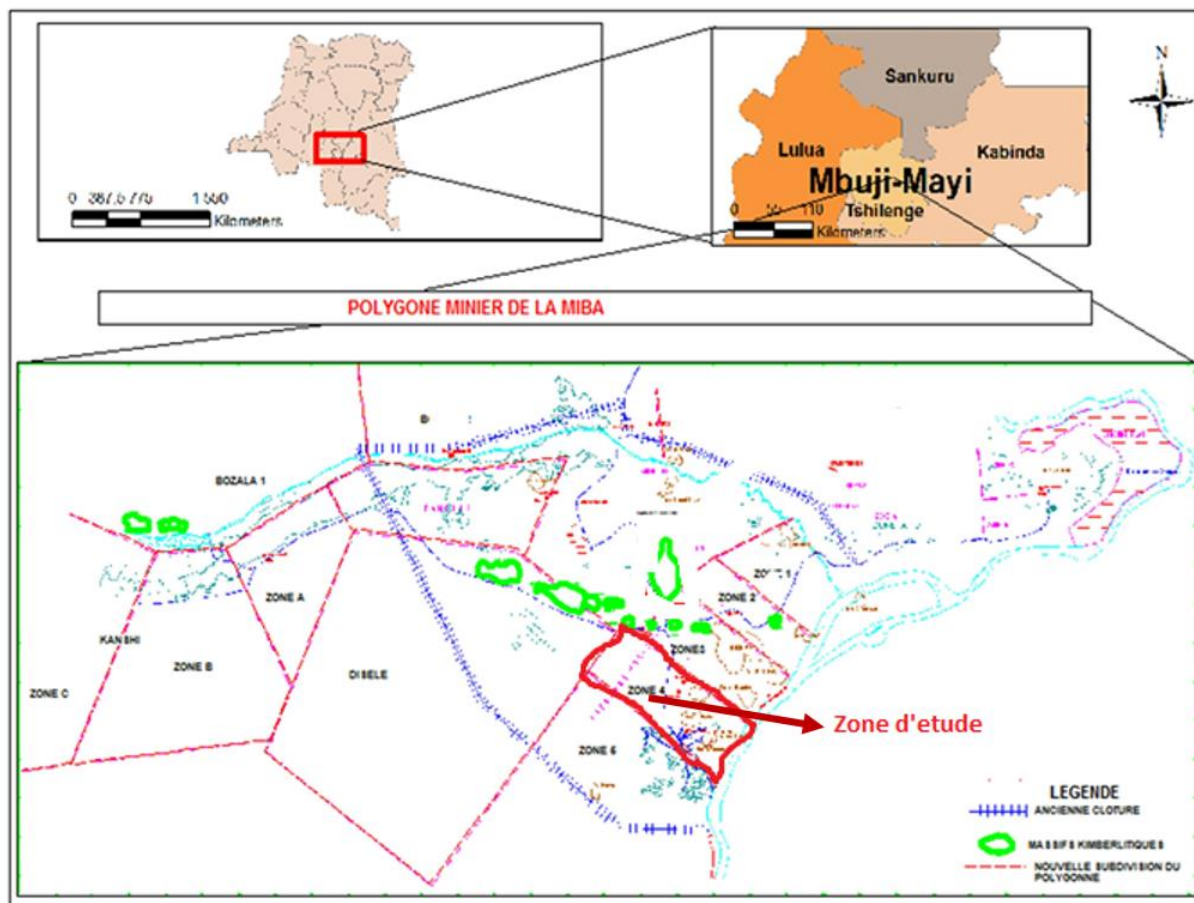


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude (Cartographie MIBA)

Les graviers exploités dans cette zone sont des roches sédimentaires. Leurs encaissants sont le calcaire, les grès et les sables, selon la Division de la Géologie MIBA.

2.2 MATERIELS ET METHODES D'IDENTIFICATION ET DE CLASSIFICATION DES SOLS

Les méthodes utilisées dans ce travail sont analytiques et expérimentales. La démarche pour aboutir aux résultats attendus suit le schéma suivant :

- Echantillonnage des sols du site d'étude ;
- Identification et classification ;
- Valorisation des sols selon leur utilisation dans les ouvrages de génie civil en s'appuyant sur la norme Unifiée et la norme AASHTO.

Les matériels utilisés sont ceux du Laboratoire Géotechnique et Matériaux de Construction de l'Université de Mbujimayi (LaGeMac). Le tableau suivant reprend les essais réalisés conformément aux normes en vigueur.

Tableau 1. Les essais réalisés conformément aux normes en vigueur

N°	Essai effectué ou paramètre déterminé	Norme
1	Détermination de paramètres de définition du sol	Méthodes classiques
2	Détermination de la teneur en naturelle	INEP 94-050
3	Essai granulométrique	NF-P18-560
4	Détermination des limites d'Atterberg	NF P 94-051
5	Détermination teneur en carbonate	XP P 94-011
6	Détermination de la teneur en matières organiques	XP P 94-011
7	Essai Proctor	NEP 94-093
8	Classification des sols	- XP P 94-011 - Terzaghi et Peck - Classification unifiée (USCS) - Classification AASHTO - Classification LCPC

2.2.1 LES PARAMETRES DE DEFINITION DES SOLS

Tableau 2. Relation entre les paramètres de définition des sols

Paramètre de nature	Formule	Paramètre d'état	Formule
Masse volumique des grains solides	$\rho_s = \frac{M_s}{V_s}$	Masse volumique totale ou humide	$\rho = \frac{M}{V}$
Masse volumique de l'eau	$\rho_w = \frac{M_w}{V_w}$	Masse volumique du sol sec	$\rho_d = \frac{M_s}{V}$
Masse volumique déjaugé	$\rho' = \rho_{sat} - \rho_w$	La teneur en eau	$\omega\% = \frac{M_w}{M_s} \times 100$
Poids volumique du sol saturé	$\gamma_{sat} = \frac{\gamma_s + e \times \gamma_w}{e + 1}$	Teneur en eau du sol saturé	$\omega_{sat} = \frac{n \times \gamma_w}{\gamma_d}$
Masse volumique du sol saturé	$\rho_s = \frac{M_{sat}}{V}$	L'indice des vides	$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1$
La gravité spécifique ou densité relative du solide	$G_s = \frac{\rho_s}{\rho_w} = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$	Le degré de saturation	$S_r = \frac{v_w}{v_v} \times 100 = \frac{\omega \times \rho_s}{e \times \rho_w}$
		La porosité	$n = \frac{V_v}{V} = \frac{e}{e + 1}$
		Compacité	$C = 1 - n$

Avec γ_i : Poids volumique de sol saturé ou des grains ou du sol sec.

V_a : Volume de l'air

V_w : Volume de l'eau

V_s : Volume des grains solides

$V_v = V_a + V_w$: volume des vides

$V = V_V + V_S$: volume total

$M_\omega = P_\omega$: Masse de l'eau

$P_S = M_S$: Masse des grains solides

$M = P = M_\omega + M_S$: Masse totale

3 RESULTATS ET INTERPRETATION

3.1 CAMPAGNE D'ÉCHANTILLONNAGE

Trente échantillons remaniés et 6 intacts ont été prélevés au chantier Bakwanga Colline Zone 4 à une profondeur variant entre 5 et 10 m, pour une superficie estimée à 120x150m³. Ces échantillons ont été réduits à 6 dont 5 remaniés et 1 intact au cours d'une identification visuelle des sols.

3.2 LES VALEURS MOYENNES DES PARAMETRES DE DEFINITION DU SOL

Tableau 3. Calcul de la teneur en eau naturelle

Echantillon	Masse tare(g) M_T	M_T +sol humide(g)	M_T +sol sec(g)	M_d (g)	M_ω (g)	w(%)
1	24,1322	40,131	39,5055	15,3733	0,6255	4,07
2	25,3174	45,2282	44,1364	18,819	1,0918	5,8
3	50,1954	70,9924	69,9268	19,7314	1,0656	5,4
4	55,5622	74,0518	73,0384	17,4762	1,0134	5,8
5	51,351	70,3423	69,6052	18,2542	0,7371	4,04

La teneur en eau naturelle moyenne est de 5,02%. Elle est faible par le fait que la période d'échantillonnage des sols est intervenue en saison sèche.

Tableau 4. Calcul de la masse spécifique moyenne des grains solides

Echantillon	Masse pycno M_p	M_p +sol	M_p +eau	M_p +sol+eau	ρ_s (kg/m ³)
1	63,6869	88,7491	175,0345	190,6742	2659,82
2	63,6869	88,7758	175,0345	190,5025	2607,75
3	63,6869	88,712	175,0345	190,7411	2685,53
4	63,6869	88,7472	175,0345	190,737	2678,01
5	63,6869	88,7395	175,0345	190,7427	2681,03

La masse spécifique moyenne des grains solides est $\rho_s = 2662,43 \text{ kg/m}^3$

et on en déduit que $\gamma_s = 26,12 \text{ kN/m}^3$.

La masse spécifique moyenne de ces sols est comprise dans marge normale, allant de 2650 kg/m³ à 2750 kg/m³.

Tableau 5. Calcul de ρ , ρ_d et autres paramètres

Echantillon	Masse sol sec (kg)	w (%)	Volume (m ³)	ρ_d (kg/m ³)	ρ (kg/m ³)
1	0,255	4,07	$0,143 \cdot 10^{-3}$	1781,97	1854,50
2	0,271	5,8	$0,143 \cdot 10^{-3}$	1893,78	2003,62
3	0,267	5,4	$0,143 \cdot 10^{-3}$	1865,83	1966,58
4	0,281	5,8	$0,143 \cdot 10^{-3}$	1963,66	2077,55
5	0,283	4,04	$0,143 \cdot 10^{-3}$	1977,64	2057,54

La masse volumique totale moyenne est de $\rho = 1991,96 \text{ kg/m}^3$ ($\gamma = 19,54 \text{ kN/m}^3$) et la masse volumique sec moyenne est $\rho_d = 1896,58 \text{ kg/m}^3$ ($\gamma_d = 18,61 \text{ kN/m}^3$).

On sait que le poids volumique du sable prend de valeur allant de 17 à 20 kN/m^3 (et $\gamma_d \approx 14$ à 18 kN/m^3) et le sol argileux de 16 à 22 kN/m^3 (et $\gamma_d \approx 10$ à 20 kN/m^3) []. Ainsi, le sol de la zone d'étude peut être considéré comme un sol sableux.

Nous pouvons en déduire :

Tableau 6. Résultats de calcul de S_r , ω_{sat} et γ_{sat}

Paramètre	e	n	C	S_r	G_s	ω_{sat}	γ_{sat}
Résultat	40%	29%	71%	33%	2,7	15,3%	21,45 kN/m^3

On sait que le poids volumique du sable saturé ou de l'argile saturée prend de valeur allant de 19 à 22 kN/m^3 . Ainsi, le sol de la zone d'étude peut être considéré comme un sol sableux, sans faire de confusion avec un sol argileux, étant donné que les résultats précédents (γ , γ_s) témoignent en faveur d'un sol argileux.

Tableau 7. Classification des sols selon Terzaghi et Peck

Sable à granulométrie étalée	n (%)	ω_{sat}	γ_d/γ_ω	$\gamma_{sat}/\gamma_\omega$
Peu compact	40	25	1,6	2
Compact	30	16	1,9	2,2
Sol de la zone d'étude	29	15,3	1,9	2,2

Au regard des résultats du tableau 7, le sol de la zone d'étude peut être considéré comme un sable à granulométrie étalée compact.

3.3 ANALYSE GRANULOMÉTRIE DES SOLS

Nous rappelons que l'analyse granulométrique s'est effectuée au laboratoire suivant la norme française NF-P18-560.

Cinq échantillons ont été soumis à l'analyse granulométrique. Les résultats des analyses granulométriques sont présentés dans sur le tableau 8 et sur la figure 2.

Tableau 8. Analyse granulométrique du Premier échantillon des sols

Dimension tamis en mm	Refus	Refus cumulés	Refus cumulés en %	% Passant
4,75	0	0	0	100
2,36	0,6856	0,6856	0,14	99,86
1,18	0,7206	1,4062	0,28	99,72
0,6	4,0352	5,4414	1,09	98,91
0,3	182,6	188,0414	38,68	62,27
0,15	243,6	431,6414	86,61	13,39
0,075	60,0319	491,6733	98,65	1,35
0,073	5,4405	497,1138	99,75	0,25
Passant 0,073	1,2633	498,3771	100	0

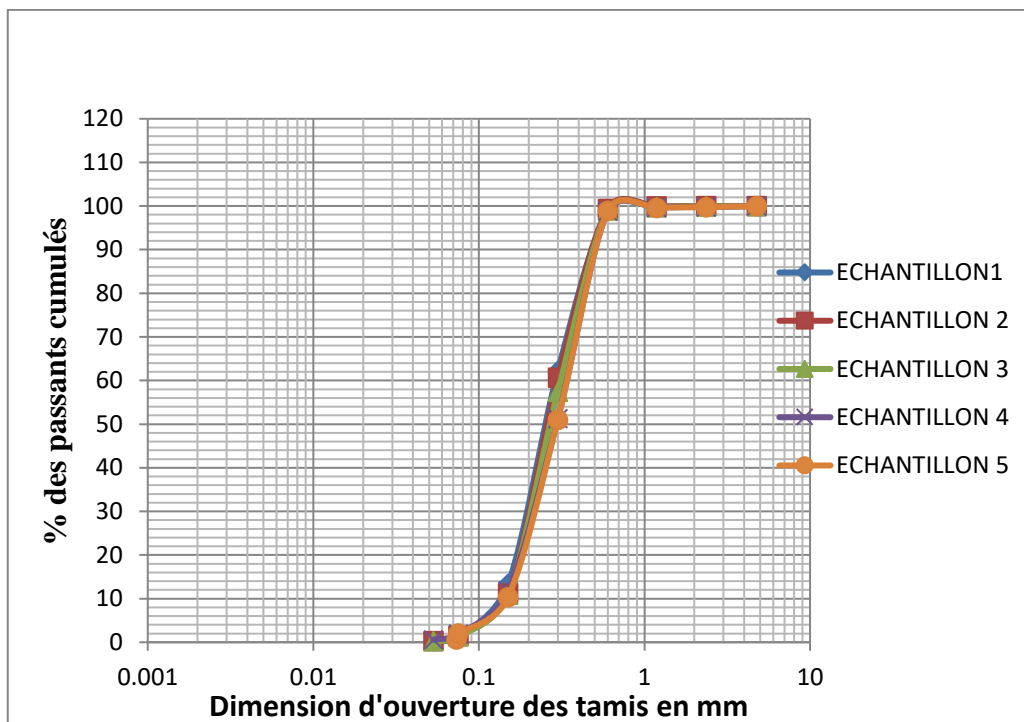


Fig. 2. Courbe des analyses granulométriques

Tous les sols analysés présentent des courbes de même forme correspondant aux sables fins et grossiers.

En lisant la courbe granulométrique, on a :

- D_{10} = le diamètre pour 10% des passants = 0,18mm ;
- D_{60} = le diamètre pour 60% des passants = 0,33mm;
- D_{30} = le diamètre pour 30% des passants = 0,2mm;
- D_{50} = le diamètre moyen pour 50% des passants = 0,3mm.

Puis, on a :

- Le coefficient de courbure $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \cdot D_{10}} = 0,8$
- Le coefficient d'uniformité $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 1,83$

$C_u = 1,83 < 2$, la granulométrie est dite serrée. [4]

$C_c = 0,8 < 1$, la granulométrie est dite granulométrie "mal graduée". [4]

3.4 LA DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG

Tableau 9. Calcul des limites de liquidité pour 25 coups

Tare	Masse tare ou M_T	M_T +sol humide	M_T +sol sec	M_d	M_ω	ω_L
1	31,8446	43,4207	41,3962	9,5516	2,0245	20,2
2	42,1362	52,9118	51,0559	8,9197	1,8556	20,81
3	64,5917	76,5864	74,5607	9,969	2,0257	20,32
4	56,9006	70,5995	68,2863	11,3857	2,3132	20,32
5	43,2349	55,1263	53,1181	9,8832	2,0082	20,32

La limite de liquidité moyenne est : $\omega_L = 20,39$ %. Cette valeur est comprise entre 20 et 25% ; c'est un intervalle des valeurs acceptables en technique routière [1].

Tableau 10. Calcul de la valeur moyenne de la limite de plasticité

Tare	M_T	M_T +sol humide	M_T +sol sec	M_d	M_ω	ω_p
1	42,9589	48,6163	47,8604	4,9015	0,5785	11,8
2	43,2839	49,1451	48,3628	5,0789	0,7823	15,4
3	58,5988	61,5954	61,1892	2,5904	0,4062	15,68
4	66,9241	70,6515	70,149	3,2249	0,5025	15,58
5	42,2121	48,1263	47,3992	5,1871	0,7271	14,02

La limite de plasticité moyenne est $\omega_p = 14,50 \%$

Les limites de liquidité et de plasticité permettent de déterminer la limite de retrait ainsi que quelques indices :

- Limite de retrait : $\omega_s = 5.4 - 0.27W_l + W_p = 5,49 \%$
- Indice de plasticité : $I_p = \omega_l - \omega_p = 5,89\%$
- Indice de consistance : $I_c = \frac{w_L - w}{I_p} = I_c = 2,61$
- Indice de liquidité $I_L = 1 - I_c = -1,61$

Selon la norme XP P 94-011, les valeurs de $I_p \leq 12$, $I_c > 1$ et $I_L \leq 0$ permettent de qualifier le sol de la zone d'étude comme un sol non plastique et de consistance très dure.

3.5 TENEUR EN CaCO_3 T_c ET EN MATIERES ORGANIQUES MO

La teneur moyenne en CaCO_3 est de 1,9951 % ou 2%, valeur comprise 0 à 10%.

La teneur moyenne en matières organiques MO du sol de Bakwanga central zone 4 est de 0,9975% ou 1% et inférieure à 3%.

Selon la norme XP P 94-011, le sol de la zone d'étude est qualifié de non marneux et de non organique.

3.6 DÉTERMINATION DE L'OPTIMUM PROCTOR

ECHANTILLON 1

Tableau 11. Recherche de teneur en eau optimale

Masse Tare(g) ou M_T	M_T + sol humide(g)	M_T +sol sec(g)	ρ_d (g)	M_ω (g)	W(%)
101,6246	126,8424	123,7804	22,1558	3,0620	13,82
105,5712	124,4282	122,4936	16,9224	1,9346	11,43
82,5164	106,2785	104,2488	21,7324	2,0297	9,34
25,3119	36,3629	35,6151	10,3032	0,7478	7,26
25,9474	34,1539	33,6734	7,726	0,4805	6,22

Tableau 12. Masse volumique du sol sec en fonction de la teneur en eau

M_m	M_m + sol humide tassé (kg)	Masse sol tassé(g)	Volume	ρ	W(%)	ρ_s
3,367	5,359	1,992	0,000937	2125,93	13,82	1867,80
3,367	5,456	2,089	0,000937	2229,46	11,43	2000,77
3,367	5,481	2,114	0,000937	2256,14	9,34	2063,41
3,367	5,346	1,979	0,000937	2112,06	7,26	1969,10
3,367	5,237	1,87	0,000937	1995,73	6,22	1878,87

Avec M_m , la masse du moule en kilogramme

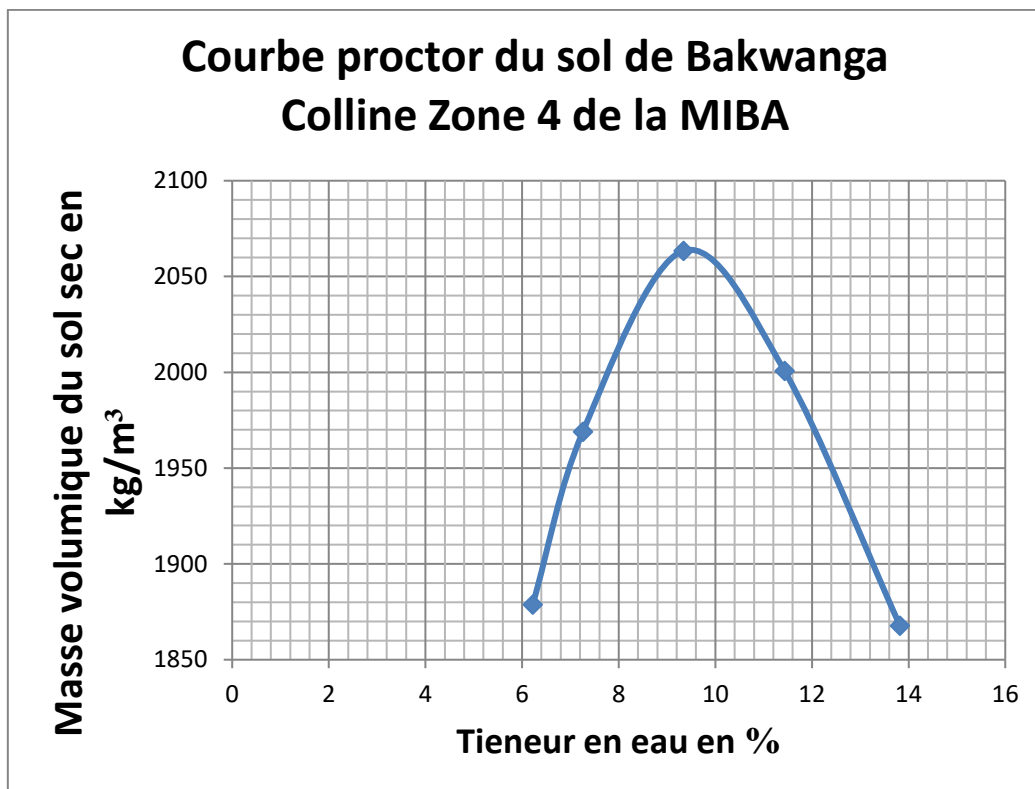


Fig. 3. Courbe de l'optimum Proctor.

L'optimum Proctor (w_{opt}, ρ_d) du sol du chantier de Bakwanga central est :

$$\rho_d = 2063,41 \text{ kg/m}^3 \text{ et } w_{opt} = 9,34\%$$

La procédure reste la même pour les quatre autres échantillons. Les résultats sont :

- Echantillon 2 : $\rho_{dmax} = 2060 \text{ kg/m}^3$ et $w_{opt} = 10\%$
- Echantillon 3 : $\rho_{dmax} = 2063,17 \text{ kg/m}^3$ et $w_{opt} = 9,87\%$
- Echantillon 4 : $\rho_d = 2044,72 \text{ kg/m}^3$ et $w_{opt} = 9,87\%$
- Echantillon 5 : $\rho_d = 2058,98 \text{ kg/m}^3$ et $w_{opt} = 9,99\%$

Les moyennes de ces 5 échantillons sont : $\rho_d = 2058,10 \text{ kg/m}^3$ et $w_{opt} = 9,81\%$.

Les résultats des essais Proctor sont équivalents à $2,058 \text{ g/cm}^3$ pour la masse volumique sèche des sols étudiés et $9,81\%$ comme teneur en eau à l'optimum Proctor. Ces résultats sont compris dans les intervalles des valeurs fixées par NAVFAC Manuel (1982) et la U.S.Army Waterways Experiment, pour le sol SP, soit ρ_{dmax} varie de $1,68$ à $2,16 \text{ g/cm}^3$ et w_{opt} de 8 à 17% . Il s'agit des conditions de compactage du sol étudié pour un chantier de remblai routier.

3.7 SYNTHÈSE DES RESULTATS D'ANALYSE DES SOLS

Tableau 13. Paramètres de définition et de classification des sols du Chantier Bakwanga Colline Zone 4

N°	Paramètre	Valeur
1	Teneur en eau naturelle	5,02%
2	La masse spécifique moyenne des grains solides est ρ_s	2662,43kg/m ³
3	La masse volumique totale moyenne est de ρ	1991,96kg/m ³
4	La masse volumique sèche moyenne ρ_d	1896,56kg/m ³
5	Indice des vides e	0,4
6	Porosité n	0,29
7	Compacité C	0,71
8	Degré de saturation	0,33
9	Densité de grains solides	2,7
10	Teneur en eau du sol saturé ω_{sat}	15,3%
11	Poids volumique du sol saturé γ_{sat}	21,45kN/m ³
12	Coefficient de courbure C_c	0,8
13	Coefficient d'uniformité C_u	1,83
14	Limité de liquidité moyenne ω_L	20,39%
15	Limite de plasticité moyenne ω_p	14,50%
16	Limite de retrait ω_s	14,4%
17	Indice de plasticité I_p	5,89%
18	Indice de consistance I_c	2,61%
19	Indice de liquidité I_L	1,61%
20	Teneur en carbonate de calcium	2%
21	Teneur en matières organiques	1%
22	Masse volumique sèche à l'optimum Proctor ρ_{dmax}	2058,10 kg/m ³
23	Teneur en eau à l'optimum Proctor ω_{opt}	9,81%

3.8 ETUDE DE VALORISATION DU SOL D'ETUDE

Plusieurs systèmes de classification des sols existent à ce jour pour fournir des renseignements suffisamment fiables sur le comportement pouvant aider aux chercheurs à prendre des décisions rapides et efficaces, surtout dans les domaines de la construction routière, des infrastructures des pistes d'atterrissage, etc. Parmi ces systèmes de classification des sols validés internationalement, nous citons l'USCS (Unified Soil Classification System) ou classification unifiée, celle d'AASHTO (American Association for State Highway and Transportation Officials) utilisées aux USA et la classification LCPC.

D'après le système de classification des sols USCS et au vu des résultats obtenus sur l'analyse granulométrique, les sols étudiés sont qualifiés des sols SP ou des sols sableux mal gradués. Et selon le système AASHTO, ils sont qualifiés des sols A-3. Les sols A-3 font partis des groupes des sols A-1 et A-2 qui rassemblent les sols pulvérulents dont moins de 35% des particules passent le tamis de 75 μm qui est le cas des sols étudiés. La comparaison entre les systèmes AASHTO et USCS indiquent que les sols A-3 peuvent être confondus aux sols SP. La classification des sols faite à partir des USCS et AASHTO est confirmée par la classification LCPC.

La classification unifiée relative au modèle de comportement des sols selon leur utilisation indique que les sols étudiés étant les sols SP, leurs propriétés à l'état naturel, de compacité et saturé sont :

- Drainage excellent,
- Gélivité nulle à très faible,
- Compressibilité et gonflement presque nuls,
- Comportement comme infrastructure non soumise au gel passable à bon,
- Perméable
- Bonne résistance au cisaillement,
- Très faible compressibilité
- Facilité de mise en œuvre et de compactage moyenne.

Cette même classification indique que ces sols peuvent être utilisés dans les ouvrages de génie civil tels que les barrages en terre compactée dans les épaulements, dans les fondations et dans les travaux routiers en cas de remblai sans soulèvement dû au gel et remblai avec possibilité de soulèvement.

Le système de classification AASHTO – procédure d'identification confirme également que les sols SP ou les sols étudiés font partis des classes de sols ayant le meilleur comportement comme matériaux d'infrastructure routière.

Les sols étudiés sont déjà identifiés dans certains espaces de la ville de Mbuji-Mayi et utilisés pour la fabrication des briques stabilisées ou des briques cuites. Le dosage en matériaux pour les briques stabilisées de bonne qualité varient entre 6 à 12% de ciment et 88 à 94% de sable SP.

4 CONCLUSION

Ce travail avait pour objectif, la valorisation des stériles du chantier d'exploitation de Bakwanga Colline Zone 4 de la MIBA ayant des poches et couches de gravier titrant plus de 10 carats de diamants au mètre cube, mais abandonnés à cause du volume important en stérile à excaver et à déplacer. Pour valoriser ces stériles, il est important de les identifier et de les classer dans une catégorie des matériaux de construction. Les travaux d'identification et de classification des stériles ou sols indiquent que ces stériles sont des sables SP ou les sables mal gradués, non plastique, non organique, non marneux et compact.

Selon les systèmes de classification des sols USCS et AASHTO, ces stériles font partis des classes de sols ayant le meilleur comportement comme matériaux d'infrastructure routière. Ils sont aussi utilisés dans les ouvrages de génie civil tels que les barrages en terre compactée dans les épaulements et dans les fondations.

La Société Minière de Bakwanga peut donc songer à la valorisation de ces stériles en définissant les méthodes d'exploitation pour leur extraction et à la mise en place d'un ensemble d'appareillage pour la production des briques cuites ou stabilisées. Elle peut également s'inscrire sur la liste des sociétés de construction afin de bâtir les routes et autres ouvrages de génie civil en utilisant ses propres sols comme matériaux de construction.

REFERENCES

- [1] Y. ATLAN, mars 1978. Catalogue des essais géotechniques exécutés au Laboratoire Géotechnique d'Orléans.
- [2] V. Robitaille et D. Tremblay, 1997. *Mécanique des sols: théorie et pratique*, Bibliothèque nationale du Canada.
- [3] Khaled MEFTAH et Mohamed BEN ALI. Cours et exercices de géotechnique 1 selon Eurocodes7.
- [4] Luc Sibille, Avril 2018. Bases de la Géotechnique Module MXG4 IUT Génie Civil et Construction Durable, Université de Grenoble Alpes.
- [5] E. Tshimanga et M.Nkashama, 2016. Amélioration de la capacité portante d'un remblai: cas de la carrière du polygone minier de la MIBA à Mbujimayi (R.D.Congo), Université de Mbujimayi.
- [6] Shimatu J.M, 2012. Thèse de doctorat; caractérisation et mise en œuvre des sols argileux destinés aux matériaux cuits, «Cas de la province du Kasai-Oriental», Université de Mbujimayi.
- [7] L.Glosset et F.Wojtkowiak, (Février 1993). *Géotechnique appliquée à la sécurité des exploitations à ciel en terrains alluvionnaires*, Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement d'Alsace.