

## **CARACTÉRISATION GÉOMÉTRIQUE ET PHYSICO-MÉCANIQUE DE GRANULATS ROULÉS DE TYPE QUARTZITE EXPLOITÉS AU TOGO**

**Kossi Bollanigni AMEY<sup>1\*</sup>, Kouma NEGLO<sup>1</sup>, Agbéko Yaovi KOUTO<sup>2</sup>,  
Irina PACHOUKOVA<sup>1</sup>, Ampah Kodjo Christophe JOHNSON<sup>3</sup>  
et Ezoba NAYO<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs (ENSI), Université de Lomé,  
BP 1515 Lomé, Togo*

<sup>2</sup>*Institut Universitaire de Formation Technique (FORMATEC),  
BP 20436 Lomé, Togo*

<sup>3</sup>*Département des Sciences de la Terre, Université de Lomé,  
BP 1515 Lomé, Togo*

---

\*Correspondance, e-mail: [ameykoss3@yahoo.fr](mailto:ameykoss3@yahoo.fr)

### **RÉSUMÉ**

Cette étude a pour objet d'analyser les granulats roulés de type quartzite exploités au Togo et de les caractériser par leurs propriétés géométriques, physiques et mécaniques. Soixante-trois (63) échantillons de granulats prélevés dans 21 sites d'extraction sont analysés en laboratoire. Les résultats montrent que les quartzites roulés utilisés comme granulats au Togo sont faits globalement des graves et sont de la classe granulaire 6,3/40. Ils sont de la catégorie  $f_3$  et  $G_{A90}$ , de granulométrie serrée, mal gradués (GP), très mal classés et à forte asymétrie vers les petites tailles. Les moyennes de leurs densités apparente et absolue sont respectivement de 1,49 et 2,60 et ils sont classés dans les catégories B, C et D ( $LA_{40}$  et  $LA_{50}$ ). Dans le but de disposer de granulats pour les bétons classiques (4/20), cellulaires (0/4) et cyclopéens ( $D > 20$ ), il est recommandé aux professionnels de la construction de tamiser les granulats roulés à travers les tamis de mailles 0,63mm, 4 mm et 20 mm.

**Mots-clés :** *granulats roulés, propriétés géométriques, physiques, mécaniques, Togo.*

**ABSTRACT****Geometric and physical - mechanical characterization of rolled granular exploited in Togo**

The objectives of this survey is to analyze rolled granular of type quartz exploited in Togo and to characterize them by their geometric, physical and mechanical properties. Sixty three (63) samples of granular from 21 sites of extraction are analyzed in laboratory. The results show that the rolled granular used in Togo are classified 6,3/40. They are in the category  $f_3$  and  $G_{A90}$ , have tight granulometry, are badly stepped (GP), very badly classified and have strong asymmetry toward small sizes. Their means obvious and absolute densities are respectively 1,49 and 2,60 and they are classified in B, C and D ( $LA_{40}$  and  $LA_{50}$ ) categories. In order to get granular for classic concretes (4/20), mortars (0/4) and big granular concretes ( $D>20$ ), it is recommended to civil engineering construction professionals to sift rolled granular through sifters 0,63 mm, 4 mm and 20 mm.

**Keywords :** *rolled granular, geometric, physical, mechanical properties Togo.*

**I - INTRODUCTION**

En matière de construction ou de réalisation d'ouvrages de génie civil, les granulats demeurent l'un des matériaux les plus utilisés au Togo. De nature et d'origine diverses, ces granulats trouvent leurs utilisations aussi bien dans la confection des bétons hydrauliques (bâtiments et ouvrages d'arts) que dans la préparation des bétons hydrocarbonés (routes). Les granulats du Togo existent de façon naturelle (origine rocheuse). On distingue les granulats roulés qui ont les bords arrondis et les granulats concassés qui présentent des bords à angles saillants. Compte tenu de leurs disponibilités sur l'étendue du territoire togolais, les quartzites roulés sont les granulats les plus utilisés dans les constructions des ouvrages en bétons hydrauliques. Leur forme, leur nature et leur constitution sont des facteurs qui conditionnent les types et les propriétés des bétons [1].

L'objectif de cette étude est d'analyser les propriétés granulaires des quartzites roulés exploités au Togo en les caractérisant par leurs propriétés géométriques, physiques et mécaniques telles que les distributions différentielle et cumulative, les indices centésimaux, les coefficients de Hazen et de courbure, la classe granulaire, les coefficients de forme, les densités et la dureté. Pour ce faire, soixante-trois (63) échantillons de granulats prélevés dans 21 sites d'extraction du Togo sont analysés en laboratoire. Les résultats permettent de définir les potentialités granulaires

des quartzites roulés et de mettre à la disposition des professionnels de la construction (ingénieurs, techniciens, bureau d'études, entrepreneurs), des données sur ces granulats destinés aux usages dans les constructions.

## II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le matériel utilisé pour l'expérimentation est composé d'une étuve, un jeu de tamis de la série AFNOR [2] de mailles 0,08 mm - 0,125 mm - 0,25 mm - 0,5 mm - 1 mm - 2 mm - 4 mm - 5 mm - 6,3 mm - 8mm - 10mm - 12,5 mm - 16 mm - 20 mm - 25mm - 31,5mm - 40 mm, un appareil vibrant, une balance, un appareil Los Angeles, un conteneur cylindrique étanche de 1l, des éprouvettes, un pied à coulisse. Des échantillons de granulats sont prélevés dans vingt et une (21) carrières d'extraction de graviers roulés sur tout le territoire togolais à raison de trois (3) échantillons de 10 kg par site, soit soixante-trois (63) échantillons. Les points de prélèvement sont indiqués sur la *Figure 1*.

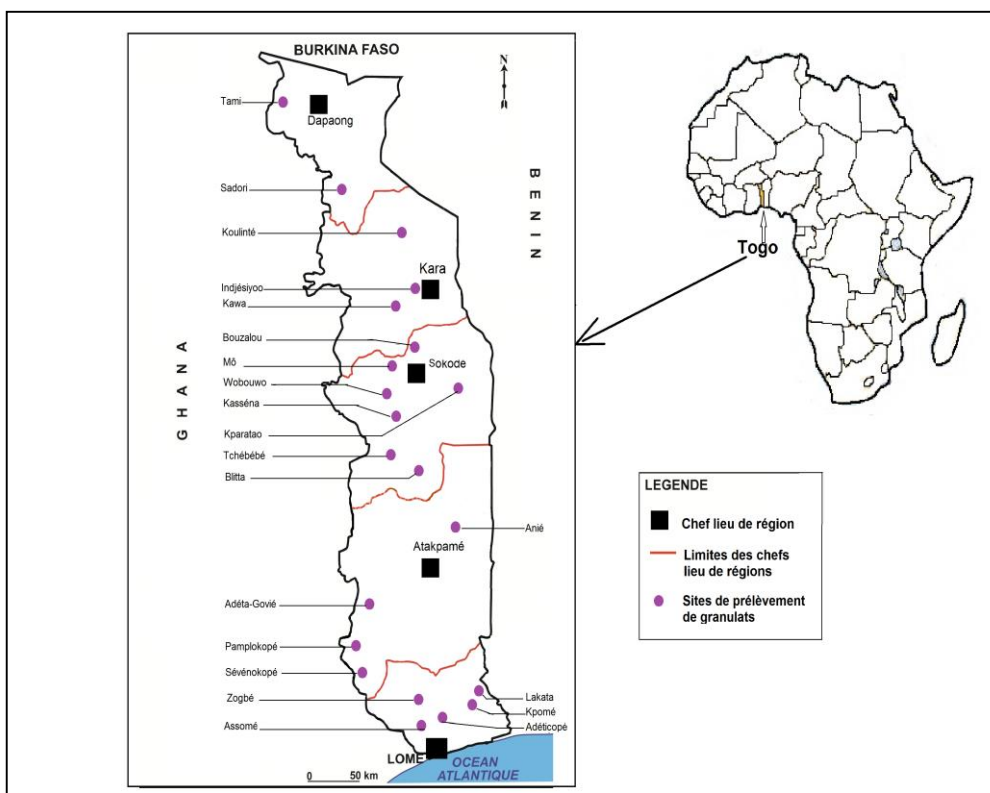


Figure 1 : Localisation des sites d'échantillonnage

Les granulats prélevés sont séchés dans une étuve à une température de 105°C pendant 20h. Les échantillons secs ainsi obtenus sont ensuite soumis aux essais suivants :

- mesure des dimensions des granulats par pied à coulisse;
- tamisage sur les tamis de mailles 0,08 mm - 0,125 mm - 0,25 mm - 0,5 mm - 1 mm - 2 mm - 4 mm - 5 mm - 6,3 mm - 8mm - 10mm - 12,5 mm - 16 mm - 20 mm - 25mm - 31,5mm - 40 mm conformément à la norme NF EN 933-1 [3];
- mesure de densité apparente à l'aide du conteneur cylindrique ;
- mesure de densité absolue par la méthode de pesées hydrostatiques;
- mesure de la dureté à l'aide de l'appareil Los Angeles;

Ensuite, les paramètres géométriques, physiques et mécaniques ont été calculés.

### III - ÉQUATIONS FONDAMENTALES

Les équations décrivant les paramètres permettant l'analyse des granulats étudiés sont présentées ci-après. Il s'agit des distributions différentielle et cumulative, des coefficients de courbure et d'uniformité, des densités apparente et absolue, de la classe granulaire, des indices centésimaux, des coefficients de forme (cubique, plate ou d'aplatissement) et de la dureté Los Angeles.

#### III-1. Descriptions mathématiques des distributions

Les expressions des distributions différentielles ( $q_r(x)$ ) et cumulatives ( $Q_r(x)$ ) à partir des masses retenues sur les différents tamis sont données par **les équations (1) et (2)** [4]:

$$Q_{r,i} = \sum_{v=1}^i \Delta Q_{R,v} = \sum_{v=1}^i \bar{q}_{r,v} \Delta x_v \quad (1)$$

Avec :  $1 \leq v \leq i \leq n$

$$q_r(x) = \frac{dQ_r(x)}{dx} \quad (2)$$

### III-2. Coefficients d'uniformité et de courbure

L'étendue granulaire d'un granulat peut se mesurer par les coefficients d'uniformité  $C_u$  et de courbure  $C_c$  dont les expressions sont données par *les équations (3)* [5]:

$$C_u = \frac{x_{60}}{x_{10}}, \quad C_c = \frac{(x_{30})^2}{x_{10} \times x_{60}} \quad (3)$$

où  $x_{60}$ ,  $x_{30}$  et  $x_{10}$  désignent respectivement les tamis correspondant à  $Q_{r60}$ ,  $Q_{r30}$  et  $Q_{r10}$ .

Suivant les valeurs de  $C_u$  et  $C_c$ , les sédiments peuvent être classés conformément aux *Tableaux 1 et 2*.

**Tableau 1 :** Classification des matériaux selon les coefficients de Hazen

Appréciation	Intervalles
matériau à granulométrie très serrée	$C_u < 2$
matériau à granulométrie serrée	$2 \leq C_u < 5$
matériau à granulométrie semi serrée	$5 \leq C_u < 20$
matériau à granulométrie étalée	$20 \leq C_u < 200$
matériau à granulométrie très étalée	$C_u \geq 200$

**Tableau 2 :** Identification de la gradation des gravillons

Appréciation	Intervalles
matériau propre bien gradué (GW)	$C_u > 4$ et $1 < C_c < 3$
matériau mal gradué (GP)	$C_u \leq 4$ ou $C_c \leq 1$ ou $C_c \geq 3$

### III-3. Classe granulaire

Les granulats sont aussi caractérisés par leur classe granulaire, désignée par  $d/D$ . Les valeurs de  $d$  et  $D$  sont données à partir de critères d'acceptation d'un granulat illustrés par *le système d'équations (4)* [6;7]:

$$\begin{cases} q_r(D) + q_r(0,63d) \leq \begin{cases} 15\% & \text{si } D > 1,56d \\ 20\% & \text{si } D \leq 1,56d \end{cases} \\ q_r(1,56D) = 0 \\ 100 - Q_r(0,63d) \leq \begin{cases} 3\% & \text{si } D > 5 \text{ mm} \\ 5\% & \text{si } D \leq 5 \text{ mm} \end{cases} \end{cases} \quad (4)$$

### III-4. Paramètres d'analyse des indices centésimaux

Les centiles partagent une série en cent groupes d'effectifs égaux et sont calculés à l'aide des *équations (5) et (6)* suivantes :

$$c_{p\%} = x_i + a \frac{p\% - r_c(x_i)}{q_r(x_i)} \quad (5)$$

avec :

$$a = x_i - x_{i-1} \quad \text{et} \quad r_c(x_i) = \sum_{x_i}^{x_{\max}} q_r(x_i) \quad (6)$$

Dans ces formules les paramètres sont définis comme suit :

$a$  : l'amplitude de la classe ;

$x_{i-1}$  et  $x_i$  : les limites inférieure et supérieure de la classe du centile; elles sont données par les mailles des tamis ;

$c_{p\%}$  : le centile ;

$p\%$  : le pourcentage de calcul du centile ;

$q_r(x_i)$  : le pourcentage de refus sur tamis  $x_{i+1}$  (distribution différentielle) correspondant à la classe du centile ;

$r_c(x_i)$  : le pourcentage de refus cumulés sur tamis  $x_i$  ;

$x_{\max}$  : la plus grande valeur de la classe du centile; elle est donnée par la maille du plus grand tamis.

Les indices centésimaux de caractérisation des granulats sont le grain moyen, le sorting index et le skewness dont les expressions sont données par *les équations (7), (8) et (9)*:

$$gm = \frac{c_{16\%} + c_{50\%} + c_{84\%}}{3} \quad (7)$$

$$Si = \frac{c_{84\%} - c_{16\%}}{4} + \frac{c_{85\%} - c_{5\%}}{6,6} \quad (8)$$

$$Sk = \frac{c_{84\%} + c_{16\%} - 2c_{50\%}}{2(c_{84\%} - c_{5\%})} + \frac{c_{95\%} + c_{5\%} - 2c_{50\%}}{2(c_{95\%} - c_{5\%})} \quad (9)$$

Les intervalles de confiance de ces indices sont donnés dans les *Tableaux 3 et 4*

**Tableau 3 :** Intervalles de confiance du sorting index

Intervalles	Appréciation
$0,00 \leq Si < 0,35$	Très bien classé/strié
$0,35 \leq Si < 0,50$	Bien classé
$0,50 \leq Si < 0,71$	Assez bien classé
$0,71 \leq Si < 1,00$	Moyennement classé
$1,00 \leq Si < 2,00$	Médiocrement classé
$2,00 \leq Si < 4,00$	Très mal classé.

**Tableau 4 :** Intervalles de confiance du Skewness

Intervalles	Appréciation
$-1,0 \leq Sk < -0,3$	Forte asymétrie vers les grandes tailles
$-0,3 \leq Sk < -0,1$	Asymétrie vers les grandes tailles
$-0,1 \leq Sk < 0,1$	Symétrie granulométrique
$0,1 \leq Sk < 0,3$	Asymétrie vers les petites tailles
$0,3 \leq Sk < 1,0$	Forte asymétrie vers les petites tailles

### III-5. Forme des granulats

Les paramètres de forme sont fonction des dimensions des granulats (épaisseur, grosseur et longueur). Leurs expressions sont données par *les équations (10)* [8]:

$$F_p = \frac{L}{E}, F_c = \frac{L.G.E}{E^3} \text{ et } A = \frac{G}{E} \quad (10)$$

où  $F_p$ ,  $F_c$  et  $A$  sont les coefficients de forme plate, forme cubique et d'aplatissement;  $L$ ,  $G$  et  $E$  sont la longueur, la grosseur et l'épaisseur des grains. Un granulat est de forme cubique si  $F_p < 3$  et  $F_c < 4$ .

### III-6. Paramètre de dureté

La dureté est obtenue par frictions des granulats à partir de l'appareil Los Angeles. Le coefficient de dureté Los Angeles (LA) est donné par *l'équation (11)*:

$$LA = 100 \frac{m_L}{M_L} \quad (11)$$

Où  $M_L$  est la masse de matériaux soumis à l'essai Los Angeles et  $m_L$  la masse des éléments inférieurs à 1,6mm produits au cours de l'essai.

#### IV - RÉSULTATS

Les propriétés géométriques, physiques et mécaniques obtenues pour les granulats sont données dans le **Tableau 5**. Ces résultats sont basés sur la moyenne de 3 prélèvements effectués sur 21 sites d'exploitation de granulats au Togo.

**Tableau 5 : Propriétés géométriques, physiques et mécaniques des granulats**

numero dordre	localité de prélèvement	forme de granulats		uniformité et courbure		classes granulaires		indices centisimales			densités		duretés		Formation géologique		
		forme cubique	forme plate	coefficient d'aplatissement	coefficient de courbure	coefficient d'uniformité	petit grain	gros grain	grain moyen	sorting index	skewness	densité apparente	densité absolue	Coefficient Los Angeles		Coefficient Micro Deval	
																	Fc
1	adéticopé	78,77	21,33	33,66	2,00	1,28	8	31,5	4,93	5,52	0,86	1,64	2,65	32,78	6,90	bassin sédimentaire côtier	
2	assomé	-	-	41,67	3,13	1,28	3,15	25	5,52	4,17	0,01	1,56	2,62	37,80	-		
3	kpomé	-	-	29,25	2,54	1,55	3,15	25	4,63	4,52	0,55	1,63	2,64	38,46	-		
4	lakata	86,08	13,92	24,56	3,13	1,28	3,15	25	5,08	5,37	0,78	1,62	2,57	51,17	16,40		
5	anié	74,21	25,79	33,09	3,13	1,28	8	25	5,08	5,39	0,75	1,39	2,67	41,32	3,70	chaîne des dahomeyides	
6	zogbé	-	-	52,38	2,00	1,28	8	25	5,10	5,61	0,80	1,70	2,65	35,68	-		
7	adéta govié	58,16	41,84	57,14	2,00	0,78	16	40	3,81	4,62	0,97	1,39	2,57	44,29	18,93		
8	sévénokopé	44,51	55,49	59,65	3,20	1,25	3,15	25	5,62	4,66	0,19	1,44	2,66	45,87	18,02		
9	pamplokopé	23,00	77,00	62,73	2,50	0,98	12,5	40	3,67	4,44	0,99	1,27	2,60	45,64	23,48		
10	kawa	64,55	34,45		1,97	0,80	16	40	5,75	6,68	0,92	1,60	2,64	38,17	6,80		
11	indjésiyou	79,38	20,62	27,91	1,58	0,99	20	40	4,50	5,75	0,98	1,45	2,59	47,41	9,47		
12	wobouwo	80,48	19,52	26,92	2,50	1,03	6,3	31,5	4,90	5,26	0,79	1,42	2,50	48,85	14,40		
13	kparatao	55,80	44,20	54,41	1,57	1,00	10	31,5	4,33	5,20	0,97	1,41	2,68	59,91	30,67		
14	blitta	85,16	14,84	38,67	2,00	1,28	10	31,5	3,54	4,16	0,85	1,49	2,51	37,47	3,93		
15	koulinté	62,83	37,17	65,43	1,58	0,99	10	40	5,49	6,60	0,94	1,47	2,53	41,33	10,93		
16	bouzalou	86,15	13,85		3,13	1,28	6,3	25	4,26	4,31	0,67	1,55	2,50	45,09	9,27		
17	tchébébé	71,36	28,64	30,19	2,50	1,03	8	25	3,35	3,49	0,76	1,44	2,51	39,43	4,93		
18	kasséna	61,90	38,10	43,10	1,97	0,80	12,5	31,5	4,48	5,52	0,98	1,35	2,65	43,68	21,33		
19	mo	85,90	14,10	27,66	2,00	1,28	10	31,5	4,88	5,97	0,99	1,45	2,68	42,93	7,67		
20	sadori	70,18	14,53	25,00	1,97	1,24	10	31,5	3,59	4,04	0,91	1,55	2,57	14,79	3,33		bassin de la volta
21	tami	85,47	14,53	28,81	2,00	0,82	12,5	31,5	5,50	6,54	0,96	1,51	2,60	35,52	16,40		socle éburnéen
	Moyenne	69,66	29,44	40,12	2,50	1,02	6,3	40,0	5,11	5,54	0,80	1,49	2,60	41,31	12,59		
	Minimum	23,00	13,85	24,56	1,57	0,78	3,15	25	3,35	3,49	0,01	1,27	2,50	14,79	3,33		
	Maximum	86,15	77,00	65,43	3,20	1,55	20	40	5,75	6,68	0,99	1,70	2,68	59,91	30,67		

Les **Figures 2 à 5** donnent les distributions différentielle et cumulative, l'appréciation de la forme et les classes granulaires des granulats.



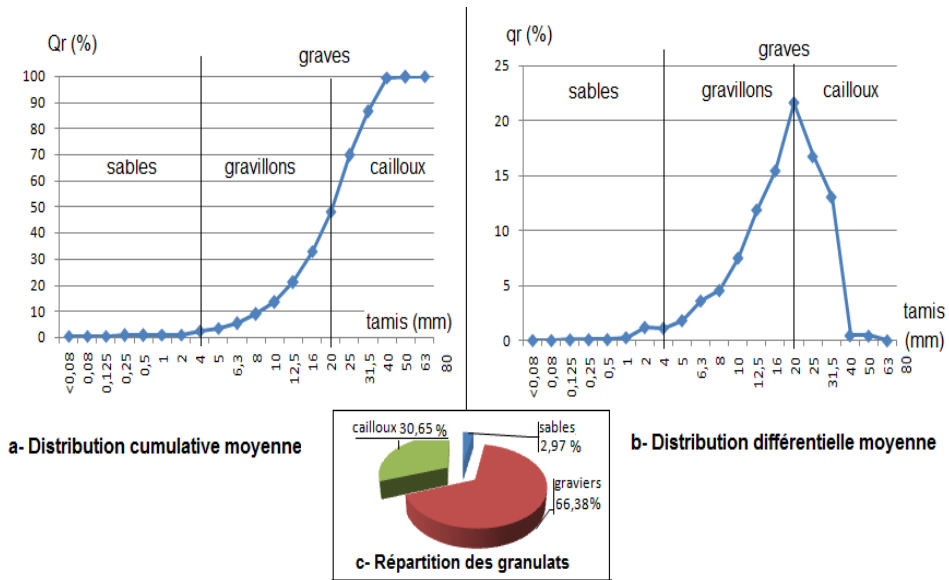


Figure 2 : Distributions différentielle et cumulative moyenne des granulats

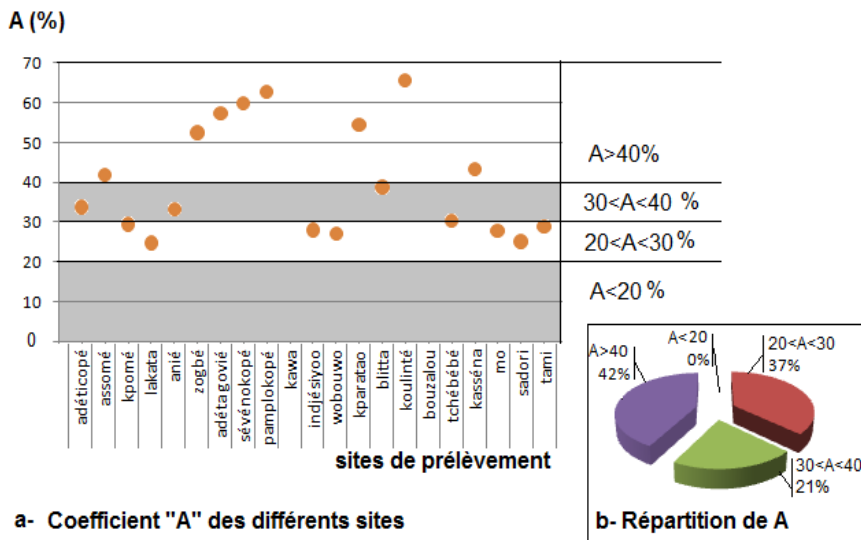


Figure 3 : Coefficients d'aplatissement (A (%))

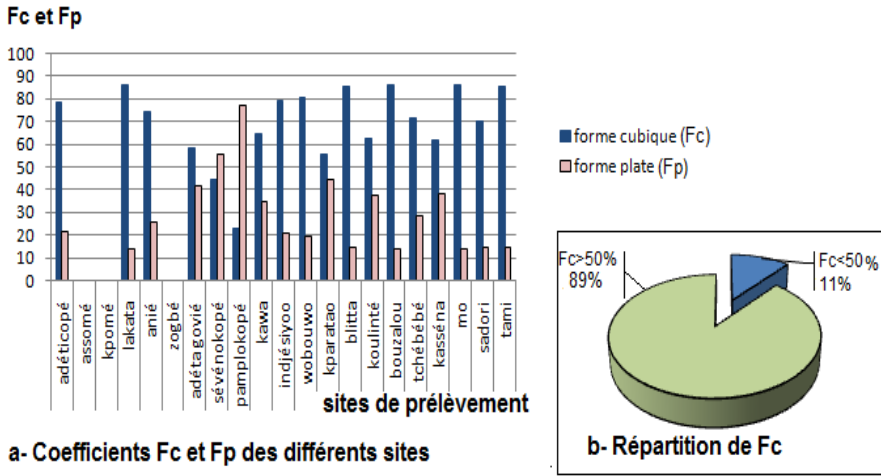


Figure 4 : Forme des granulats ( $F_c$  et  $F_p$ )

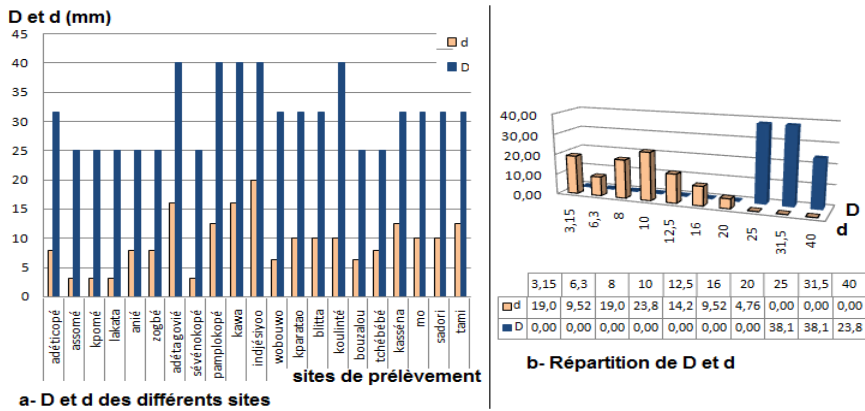


Figure 5 : Classe des granulats ( $d/D$ )

Il ressort des Figures 2 à 5 que :

- ❖ les graviers roulés exploités au Togo sont constitués de 86,14 % des grains de grosseurs comprises entre 10 et 31,5 mm. Seulement 0,89% des grains sont de granulométrie supérieure à 31,5mm et 12,96% des grains sont de granulométrie inférieure à 10mm (Figure 2).
- ❖ tous les granulats prélevés ont un coefficient d’aplatissement supérieur à 20. Le coefficient d’aplatissement est compris entre 20 et 30 pour 37% des granulats étudiés. 21% des granulats ont un coefficient d’aplatissement compris entre 30 et 40 et 42% des granulats ont un coefficient d’aplatissement supérieur à 40 (Figure 3).

- ❖ sur 89% des sites, plus de 50% des grains sont de forme cubique, et pour les autres 11% des sites, moins de 50% des grains sont de forme cubique (*Figure 4*).
- ❖ le plus petit grain « d » des granulats de tous les sites est compris entre 3,15mm et 20mm avec une plus forte proportion (23,8%) de 10mm ; quant au plus gros grain « D », il est compris entre 25 mm et 40 mm (*Figure 5*).

Les coefficients de courbure et d'uniformité et les différents indices centésimaux permettent de faire les constats suivants (*Figures 6 à 9*):

- ❖ pour tous les granulats, le coefficient d'uniformité est inférieur ou égal à 4 ( $Cu \leq 4$ ) (*Figure 6*). Ainsi conformément à la classification du **Tableau 2** tous les granulats sont de granulométries mal graduées (GP); les valeurs de Cu figurant sur la *Figure 6* montrent que 29% des sites sont de granulométries très serrées ( $Cu < 2$ ) et 71% des sites sont de granulométries serrées ( $2 \leq Cu < 5$ ) (*Tableau 1*);
- ❖ les grains moyens sont compris entre 3,35 et 5,75 avec une moyenne de 5,11 (*Figure 7*);
- ❖ les sorting index sont supérieurs à 4 pour 95% des sites (*Figure 8*); d'après la classification du **Tableau 3**, les granulats sont très mal classés.
- ❖ dans 95% des cas (*Figure 9*), les granulats analysés sont d'une forte asymétrie vers les petites tailles ( $0,3 \leq Sk < 1,0$ ).

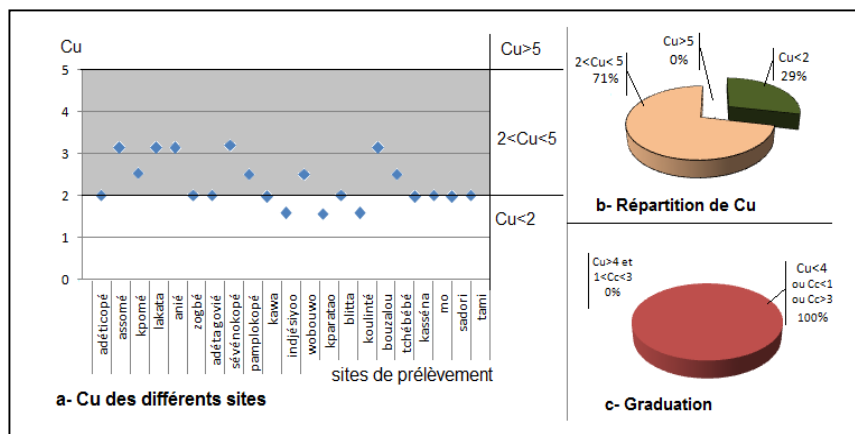


Figure 6 : Graduation des granulats

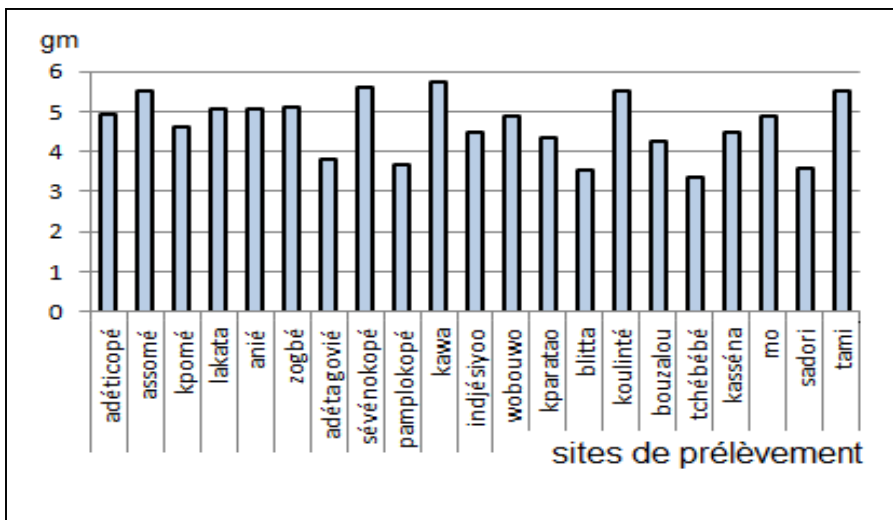


Figure 7 : Grains moyens des granulats (gm)

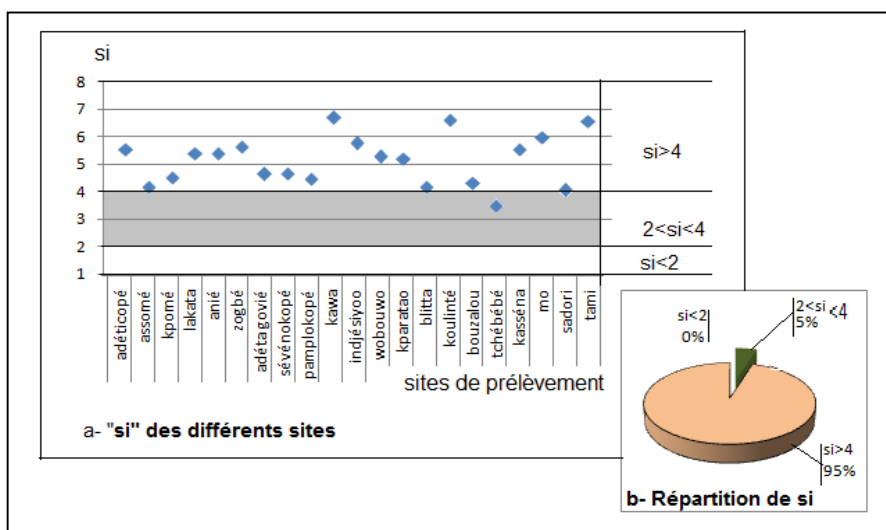


Figure 8 : Sorting index des granulats (si)

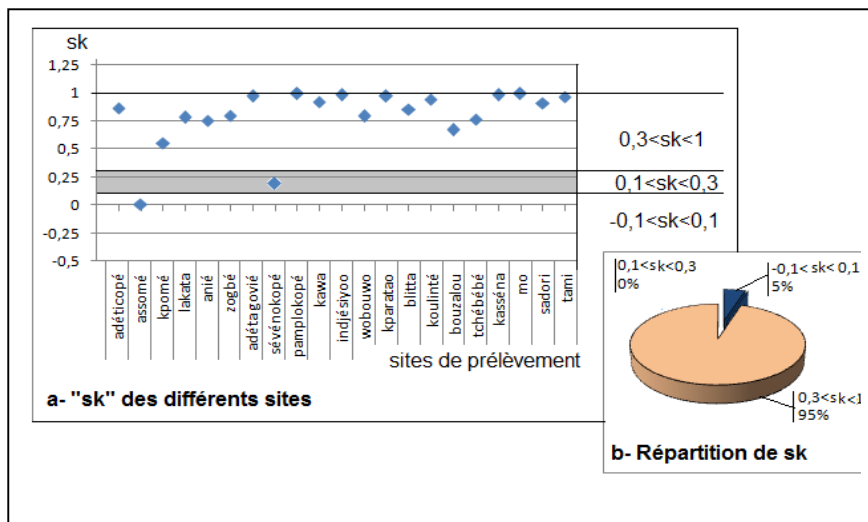


Figure 9 : Skewness des granulats (sk)

Les essais de densité et de dureté des granulats ont donné les résultats présentés sur les *Figures 10 et 11*.

- ❖ les densités moyennes apparentes et absolues sont respectivement de 1,49 et 2,60 avec des valeurs minimales respectives de 1,27 et 2,50 et maximales respectives de 1,70 et 2,68 (*Figure 10*) ;
- ❖ 5% des granulats étudiés ont une dureté élevée ( $LA < 30$ ) et 9 % des granulats étudiés ont une dureté très faible ( $LA > 50$ ) ; 38% des granulats étudiés ont un coefficient LA compris entre 30 et 40 et les autres 48% ont un coefficient LA compris entre 40 et 50 (*Figure 11*).

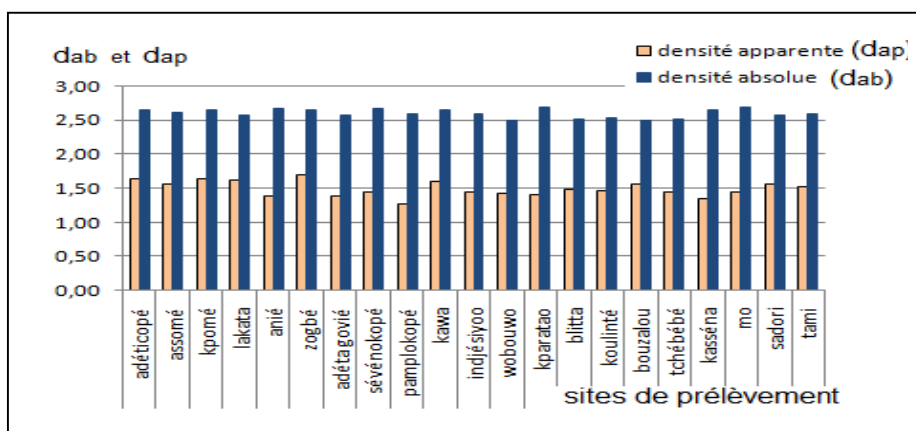


Figure 10 : Répartition des densités ( $d_{ap}$  et  $d_{ab}$ )

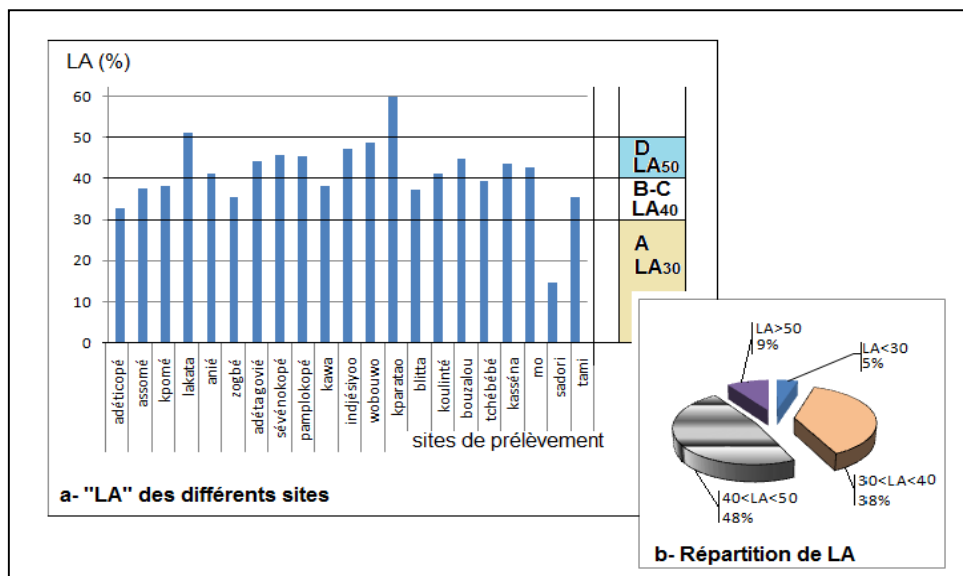


Figure 11 : Dureté des granulats (LA)

## V - DISCUSSION

Les différents résultats montrent que les quartzites roulés exploités comme granulats dans les 21 sites du Togo sont faits globalement de graves composés de 2,97% de sables, 66,38% de gravillons (gravier) et 30,65% de cailloux. Leur classe granulaire d/D varie de 3,15/25 à 16/40 et est globalement de 6,3/40. Ils sont de catégorie  $f_3$  et  $G_{A90}$  [9]. Aucun site ne comporte de granulats de catégorie A (Coefficients d'aplatissement  $A < 20\%$ ). Pour tous les sites étudiés, 37% sont faits de ganulats de catégories B ou C ( $20\% < A < 30\%$ ), 21% sont de catégories D ( $30\% < A < 40\%$ ). Dans 71% des sites étudiés, les granulats sont de granulométries serrées ( $2 \leq Cu < 5$ ) et pour tous les sites ils sont de granulométries mal graduées (GP) ( $Cu \leq 4$ ). Ils sont tous très mal classés ( $Si > 2$ ) et majoritairement à forte asymétrie vers les petites tailles ( $0,3 \leq Sk < 1,0$  à 95%).

Leurs densités moyennes apparente et absolue sont respectivement de 1,49 et 2,60 avec une dureté Los Angeles supérieure à 30 pour 95% des sites. Les granulats des sites étudiés peuvent donc être classés dans la catégorie des granulats courants de catégories B, C ( $LA_{40}$ ) et D ( $LA_{50}$ ). La granulométrie serrée des granulats confirme la proportion importante des grains de grosseurs comprises entre 10 mm et 31,5 mm (~86,14 %) et les faibles proportions des grains supérieurs à 31,5 mm (~0,89%) et inférieurs à 10mm (~12,96%).

Aussi la forte asymétrie vers les petites tailles est confirmée par la presque inexistence de grains de taille inférieure à 4mm (~2,97%). L'étendue granulométrique des granulats étudiés qui va des sables (0,63mm à 4mm) aux cailloux (20mm à 50mm) en passant par les gravillons (4mm à 20mm) est due à leur mode d'extraction qui se résume à un simple ramassage de matériaux naturellement formés avec tous les débris qui vont souvent d'éléments fins (argiles et fillers) aux éléments grossiers (moellons). Les éléments fins sont éliminés de la façon suivante, selon que l'extraction se fait dans un massif de sol ou dans un lit de cours d'eau:

- dans le cas de l'extraction dans un massif de sol, le matériau brut est prélevé à des profondeurs allant de 2 m à 6 m ; ce matériau subit ensuite un lavage et tamisage à travers un tamis de 4 mm pour le débarrasser des éléments argileux et des sables ; c'est le cas par exemple des carrières d'Adétikopé, Assomé, et Kpomé.
- dans le cas de l'extraction dans des cours d'eau, le matériau brut ramassé dans le lit subit seulement le tamisage à travers un tamis 4mm ; le lavage n'est pas nécessaire à cause de l'eau de la rivière qui a rendu le matériau propre pendant le charriage ; c'est le cas par exemple des carrières de Blitta et Anié.

Cette élimination des éléments fins (grosseurs inférieures à 4 mm) par tamisage justifie leur faible proportion dans les granulats (~2,97%). Dans le cas de gros éléments (cailloux et moellons) de grosseur supérieure à 20 mm, ils sont triés manuellement par des ouvriers, ce qui rend leur élimination inefficace justifiant leurs proportions importantes (~30,65%). Les granulats sont adaptés aux bétons classiques eu égard à leur densité moyenne apparente ( $d_{ap} \sim 1,49$ ) et densité moyenne absolue ( $d_{ab} \sim 2,6$ ), à leur dureté (catégories B, C ou D) et à leur coefficient d'aplatissement (catégories B, C ou D).

Néanmoins leur classe granulaire de 6,3/40 montre qu'ils comportent trop d'éléments de type cailloux (~30,65%). Ils sont donc préjudiciables aux bétons d'ouvrages classiques et minces. Leur utilisation sera adaptée aux bétons cyclopéens et d'ouvrages de forme massive et peu ferrillés et dont la facilité de mise en œuvre et l'aspect lisse des parements ne sont pas recherchés. Des traitements spécifiques peuvent donc être opérés sur ces granulats (tamisage à travers les tamis de 0,63 mm, 4mm et 20mm) avant leur utilisation pour les bétons classiques pour permettre de régulariser la granulométrie et plus spécialement la classe granulaire.

## VI - CONCLUSION

L'objectif de cette étude est de caractériser les granulats roulés de type quartzite exploités au Togo. Soixante trois (63) échantillons ont été prélevés dans 21 sites d'exploitation et soumis à des essais de laboratoire. Le calcul des paramètres granulaires montre que les granulats étudiés sont des graves de classe granulaire 6,3/40, très mal classés ( $S_i \sim 5,54$ ), de forte asymétrie vers les petites tailles ( $S_k \sim 0,80$ ) et de granulométrie serrée, mal graduée (GP). Ils sont de catégorie  $f_3$ ,  $G_{A90}$  et B, C ( $LA_{40}$ ) ou D ( $LA_{50}$ ) et de densité moyenne absolue de 2,60 et densité moyenne apparente de 1,49. De ces résultats, il ressort que le Togo dispose de quartzites roulés de potentialités granulaires énormes. Un simple tamisage à partir de tamis de maille bien indiquée permet d'obtenir les granulats recherchés pour des travaux spécifiques, tels les bétons classiques (4/20), les bétons cellulaires (0/4) et les bétons cyclopéens ( $D > 20$ ).

## RÉFÉRENCES

- [1] - G. DREUX, " *Nouveau guide de béton* ", Ed. Eyrolles, Paris (1978)
- [2] - Normes NF EN 933-2, " *Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats, Partie 2 : Détermination de la granularité – Tamis de contrôle, dimensions nominales des ouvertures* ", AFNOR (1996)
- [3] - Normes NF EN 933-1, " *Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats, Partie 1 : Détermination de la granularité – Analyse granulométrique par tamisage*", AFNOR (1997)
- [4] - Normes NF ISO 9276-1, " *Représentation de données obtenues par analyse granulométrique - Partie 1 : Représentation graphique*", AFNOR (1998)
- [5] - J.M. TCHOUANI NANA et M. CALLAUD, " *Cours de mécanique des sols : Tome I - Propriétés des sols*", (2004), [www.almohandiss.com](http://www.almohandiss.com)
- [6] - K.B. AMEY, K. BEDJA et K. NEGLO, " *Etude de l'évolution transversale des distributions différentielle et cumulative et de la classe granulaire des granulats marins du littoral togolais*", *J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo), série E 7(2) (2005) 13-20*
- [7] - K.B. AMEY, " *Caractérisation des sédiments sableux du littoral togolais : expérimentation et détermination d'une formule de sable normal* ", Thèse de Doctorat unique en science de l'ingénieur (2006)



- [8] - Irina PACHOUKOVA, Ampah Kodjo Christophe JOHNSON et Boko AKA, « *La formation des granulats plats et leur influence sur la résistance mécanique des agrégats des granites et gneiss du Togo* », Afrique SCIENCE 04(2) (2008) 261 - 273
- [9] - Normes NF EN 12620, " *Granulats pour béton* ", AFNOR (2002)
- [10] - R. DUPAIN, R. LANCHON et J.C. SAINT-ARROMAN, " *Granulats, sols, ciments et bétons : caractérisation des matériaux de génie civil par les essais de laboratoire*", Ed. CASTEILLA, Paris (2004)
- [11] - K.B. AMEY, K. BEDJA et K. NEGLO, " *Distribution longitudinale de la granulométrie du sable du littoral togolais : grain moyen, sorting index et skewness*", *Journal des Sciences Pour l'Ingénieur*, 8 (2007) 1-8