

La formation des granulats plats et leur influence sur la résistance mécanique des agrégats des granites et gneiss du Togo

Irina PACHOUKOVA¹, Ampah Kodjo Christophe JOHNSON^{2*} et Boko AKA³

¹ *Ecole nationale supérieure d'ingénieurs, ENSI, Université de Lomé, Togo.*

² *Département de géologie, Faculté de science, Université de Lomé, Togo.*

³ *Laboratoire de mathématiques et informatique, UFR-SFA, Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire*

* Correspondance, courriel : christophe_johnson@yahoo.fr

Résumé

Cet article est consacré, d'une part, à l'étude de l'influence des différentes textures et structures des gneiss et des granites sur la formation des granulats plats lors du concassage et, d'autre part, à l'étude de l'impact du contenu de ces granulats plats sur la résistance mécanique des granulats, en général. Les résultats obtenus montrent que les roches ayant une structure grenue, donnent une meilleure qualité de forme (granulats de forme cubique) par rapport aux roches à structure porphyroblastique et lépidoblastique qui donnent beaucoup plus de granulats plats. En outre, la diminution du contenu de granulats plats contribue à améliorer la qualité des agrégats et à augmenter leur résistance mécanique.

Mots-clés : *Coefficient Los Angles, structure, gneiss, granite, granulat plat.*

Abstract

Flat granulates formation and their impact on mechanical strength of aggregates of granites and gneiss of Togo

This paper presents, first, the study of influence of different textures and structures of gneiss and granite on flat granulates formation during the breaking process and then, the impact of flat granulate contain in aggregates on their mechanical strength. The obtained results show that grainy texture rocks have a better form quality compared to

porphyroblastic, lepidoblastic structures rocks. The reduction of flat granulates contain improve the aggregates quality and their mechanical strength.

Keywords : *Coefficient Los Angeles, structure, gneiss, granite, flat granulate.*

1. Introduction

Dans le domaine du génie civil, le concassage des roches est effectué pour la production de granulats de formes variées, cubique ou isométrique et plate allongée ou parallélépipédique essentiellement, utilisables pour les infrastructures (construction de routes, bâtiments, ponts etc.). La construction des routes et des ponts exige des agrégats dont le contenu des formes plates doit être inférieur à 20 %, tandis que pour les bâtiments ce contenu peut atteindre 60 %.

La fragmentation des roches dépend, en général, des caractéristiques physico-chimiques des minéraux constitutifs de la roche et, en particulier, de la fissuration et de la frontière de jonction des minéraux [1]. Cette fragmentation sera d'autant plus sélective que les caractéristiques physico-mécaniques dans les différentes conditions de charge (cisaillement, choc, flexion et écrasement) sont liées aux paramètres structuraux et aux propriétés des minéraux essentiels.

C'est là qu'interviennent la nature et l'architecture de la roche dont les comportements seront différents lors du concassage et particulièrement en ce qui concerne la production de granulats plats [2].

2. Matériel et méthodes

Les investigations ont été effectuées à partir de trois échantillons constitués de 500 granulats chacun prélevés dans les roches suivantes localisées sur les sites indiqués sur la **Figure 1** :

- les granites de Dapaong (échantillon St) à texture équante et à structure grenue,
- les gneiss d'Agbélové (échantillon Ag4) à texture foliée et à structure granolépidoblastique,
- les gneiss de Glékopé et Gleï (échantillons Gl2 et Gl3) à texture foliée et à structure porphyroblastique,
- les gneiss de Roudokpé (échantillon R4,5 et R6) à texture foliée et à structure porphyroblastique,
- les gneiss de Lillicopé (échantillon L3,4 et L5) à texture foliée et à structure porphyroblastique,
- les gneiss de Kpédji (échantillon Kp2) à texture foliée et à structure porphyroblastique.

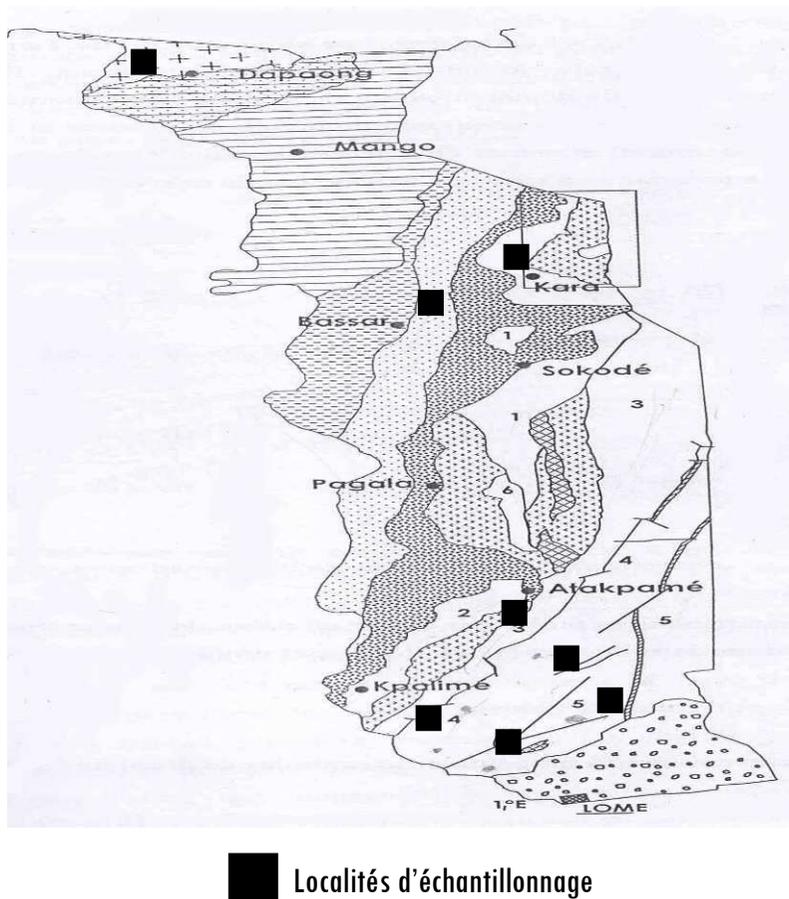


Figure 1 : Localisation des échantillons sur la carte géologique du Togo (Sabi 2006, modifié)

La constitution des échantillons a été effectuée par prélèvement manuel, au hasard, de cinq cents (500) granulats par lot à l'Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs (ENSI) et leur tamisage a été effectué au Laboratoire Nationale du Bâtiment et des Travaux Publics de Lomé (LNBTP). Les essais Los Angeles (coefficient LA) et Micro-Deval (coefficient MD) ont été effectués au laboratoire de Génie Civil de l'ENSI.

La définition des critères de classement des granulats est à la base des deux méthodes de détermination de forme [4]. La forme irrégulière du granulat a conduit à son assimilation à un prisme rectangulaire qui lui est circonscrit. Il en résulte la définition des dimensions suivantes :

- une longueur L, la distance entre deux plans parallèles, les plus éloignés possibles l'un de l'autre, qui peuvent enserrer le granulat,

- une grosseur G , le diamètre d'un anneau, le plus petit possible dans lequel le granulat peut passer,
- une épaisseur E , la distance entre deux plans parallèles, les plus rapprochés possibles l'un de l'autre, qui peuvent enserrer le granulat.

Pour cette étude, les deux méthodes ont été utilisées :

- La méthode manuelle pour la détermination du contenu de granulats plats est destinée à l'estimation de la forme véritable d'un granulat qui est traité individuellement. Pour chaque granulat, la longueur, la grosseur et l'épaisseur est mesurée à l'aide du pied à coulisse. L'estimation de la forme du granulat uniquement par leurs dimensions linéaires, le coefficient « longueur/épaisseur » = L/E , ne donne pas une idée exacte sur leur forme véritable, surtout s'il s'agit du granulat de forme cubique. Pour la détermination de la forme exacte il est préférable d'utiliser le coefficient de la forme cubique défini comme le rapport du volume du granulat (granulat étant considéré comme un parallélépipède régulier) au volume du cube de côté égale à l'épaisseur du granulat :

$$F_c = L \times G \times E / E^3.$$

Le granulat est dit de forme cubique s'il vérifie à la fois $L/E < 2$ et $F_c < 4$. Il est de forme plate lorsque $L/E > 3$ et de forme irrégulière lorsque $2 \leq L/E \leq 3$.

- La méthode de tamisage est, quant à elle, destinée à la préparation des échantillons pour l'étude de l'influence du contenu de granulats plats sur la résistance mécanique des agrégats pris dans leur globalité. Elle consiste à séparer, à l'aide d'un tamis en fente, les granulats plats de ceux de forme cubique dans une classe granulométrique standardisée d/D (d étant le diamètre du tamis circulaire inférieur et D celui du tamis circulaire supérieur).

Les échantillons ont été constitués par les granulats de granulométrie 6/10 et fractionnés en sous-classes d'échantillons. Selon la classe granulométrique étudiée la largeur de fente du tamis $b_i = d/1.581$, caractéristique essentielle, a été déterminée par la méthode de Berdus [5]. Le **Tableau 1** donne les largeurs de fentes de tamis normalisées correspondant aux différentes classes fractionnées.

Tableau 1 : Largeurs de fentes des tamis

Classes fractionnées	4/6.3	6.3/8	8/10	10/14	14/16	16/20	20/25
Largeur de fente de tamis, mm	2.5	4.0	5.0	6.3	9.0	10.0	12.65

Cette méthode de tamisage donne des résultats concordants avec la méthode manuelle lorsque la différence entre d et D ne dépasse pas 2-5 mm et lorsque les dimensions de fente sont égales 0.5D pour des tamis carrés et 0.4D pour des tamis circulaires [5].

3. Résultats et discussion

Pour l'évaluation du contenu des granulats plats, il a été procédé à la détermination de la répartition des granulats en fonction du rapport L/E et du coefficient F_c . Les **Figures 2, 3 et 4** montrent, respectivement, cette répartition pour les granites (échantillon St) et pour les deux types de gneiss (échantillon Ag4) et (échantillons : Kp2, Gl2, Gli3, R4,5, R6, L3,4, L5).

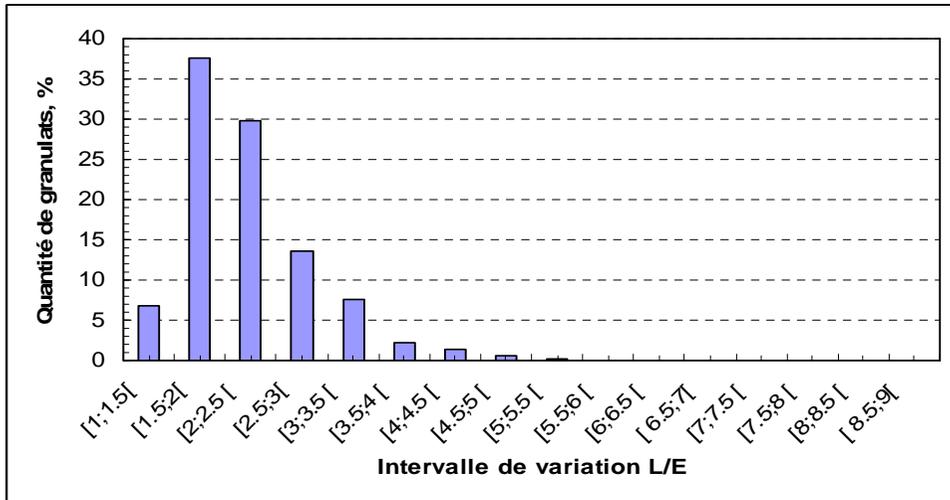


Figure 2 : Répartition du coefficient L/E pour l'échantillon St

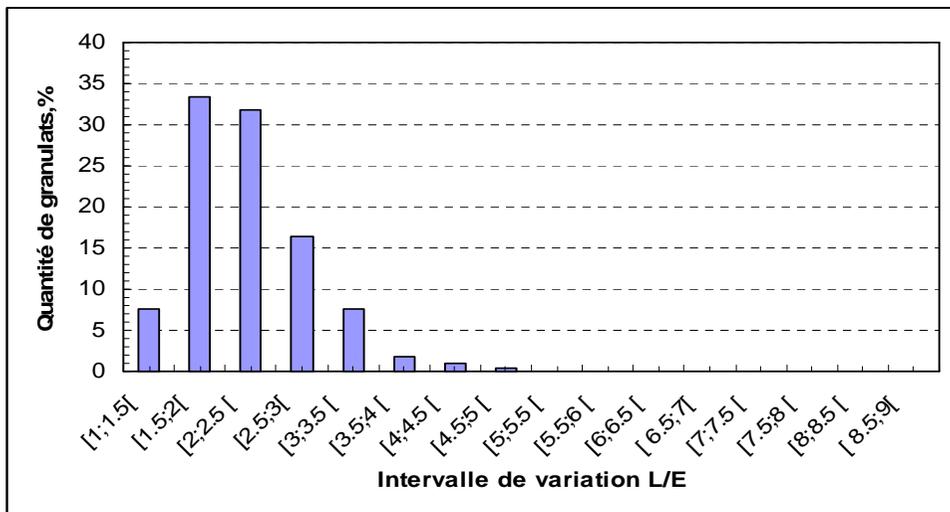


Figure 3 : Répartition du coefficient L/E pour l'échantillon Ag 4

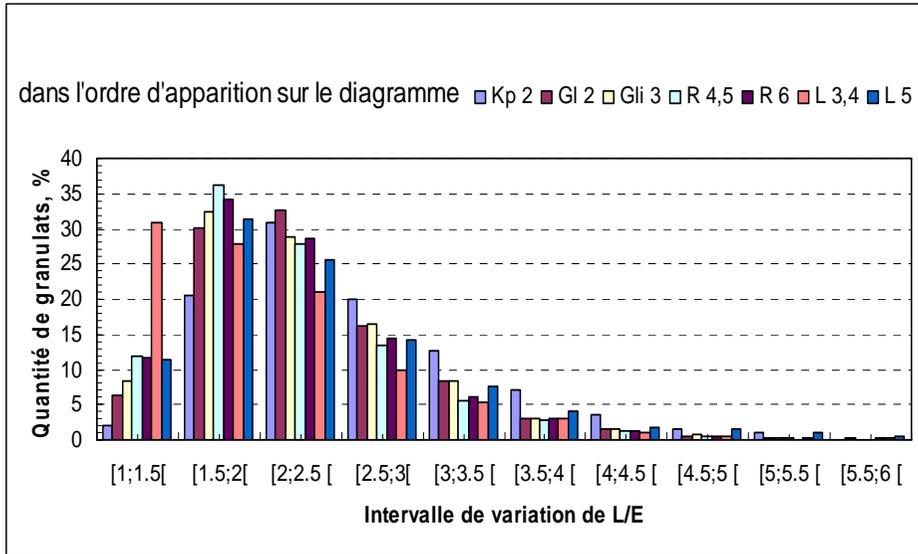


Figure 4 : Répartition du coefficient L/E pour les échantillons Kp2, Gl2, Gli3, R4,5, R6, L3,4, L5

Les **Figures 5, 6 et 7** présentent, pour les mêmes échantillons la répartition du coefficient de forme cubique F_c .

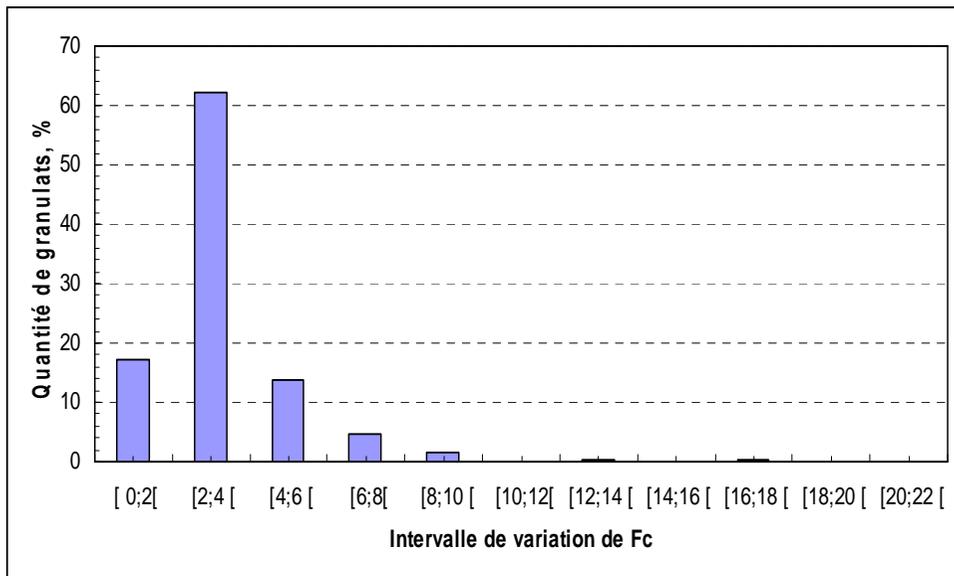


Figure 5 : Répartition du coefficient F_c pour l'échantillon St

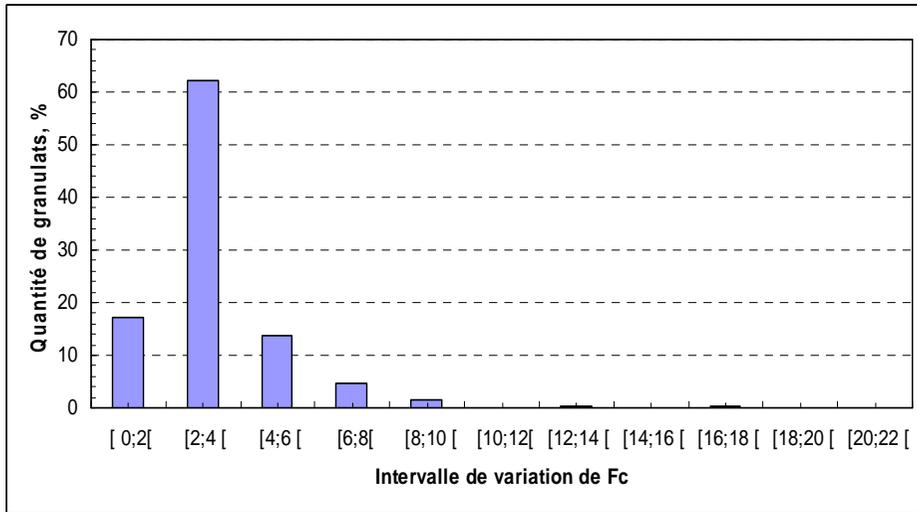


Figure 6 : Répartition du coefficient F_c pour l'échantillon Ag 4

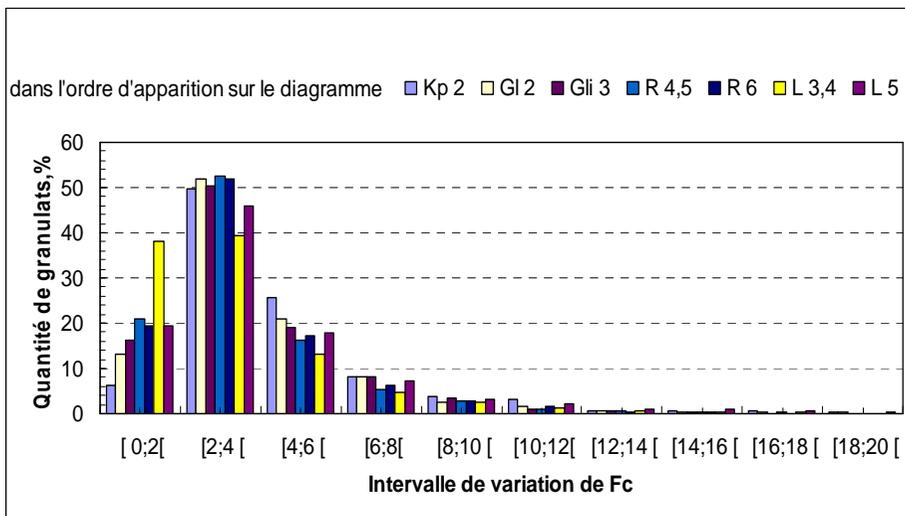


Figure 7 : Répartition du coefficient F_c pour les échantillons Kp2, Gl2, Gli3, R4,5, R6, L3,4, L5

Le **Tableau 2** regroupe, d'une part, les résultats des diagrammes de répartition des coefficients L/E et F_c relatifs à la qualité de forme des granulats produits par les différentes textures et structures et, d'autre part, les valeurs des critères de résistance mécanique Los Angeles et Micro-Deval.

Au vu de ces résultats, il apparaît que le coefficient L/E, pris isolément, sous-estime la présence des granulats plats dans les neuf échantillons étudiés; ce qui prouve que l'utilisation du coefficient L/E tout seul est insuffisante et doit être complétée par le coefficient F_c .

On peut donc déduire que la quantité de granulats plats varie en fonction de l'architecture de la roche. L'échantillon St ayant une texture équante et une structure grenue contient 21 % de granulats plats, les échantillons Kp 2, Gl2, Gli3, R4,5, R6, L3,4, L5 ayant une texture foliée et une structure porphyroblastique en contiennent entre 23 et 45 % et l'échantillon Ag 4 ayant une texture foliée et une structure lépidoblastique en contient 29 %.

Tableau 2 : Paramètres de qualité de granulats étudiés

Echantillon	Coeff. MD	Coeff. LA	Quantité de granulats plats, % massique	Structure	Quantité de granulats, % massique				
					Coefficient L/E			Coefficient F_c	
					L/E <2	$2 \leq L/E \leq 3$	L/E >3	$F_c < 4$	$F_c > 4$
St	6.9	17.31	21.16	Grenue	44.45	29.77	12.10	79.43	20.57
Kp 2	12.29	29.17	44.51	Porphyroblastique	22.61	50.89	26.50	56.13	45.87
Gl 2	16.0	36.2	35.06		36.52	33.01	14.47	65.12	34.88
Gli 3	12.8	30.8	33.78		40.54	45.35	14.11	66.42	33.58
R 4,5	13.4	31.8	26.65		48.0	41.37	10.63	73.50	26.50
R 6	11.8	29.1	28.52		45.83	43.15	11.02	71.48	28.52
L 3,4	8.2	23.0	22.89		58.70	31.01	10.29	77.30	22.70
L 5	6.8	20.6	34.60		22.61	50.89	26.50	65.46	34.54
Ag 4	17.39	40.39	29.11		Lépidoblastique	41.01	31.87	10.79	70.92

Coeff. MD = coefficient Micro-Deval, Coeff. LA = coefficient Los Angeles

Les granulats produits par le concassage des roches granitiques présentent une bonne qualité de forme et ne nécessitent pas un traitement particulier ; par contre, les granulats produits par le concassage des gneiss à texture foliée et à structures porphyroblastique et lépidoblastique produisent une quantité de granulats plats élevée ; ce qui nécessite une amélioration de leur qualité de forme. La pratique montre que le concassage des roches dans les concasseurs coniques excentriques encore utilisés au Togo donne des mauvais résultats. Les meilleurs résultats sont obtenus avec des concasseurs à chocs dont les défauts, usure des organes de concassage et surfragmentation de matériaux constituent une limite dans leur utilisation. Il serait,

donc, souhaitable d'utiliser les concasseurs giratoires (à vibration) [6-9] qui améliorent la qualité des agrégats en produisant moins 15 % de granulats plats par rapport à la masse totale des agrégats et qui permettent en modifiant les schémas de production (concassage, tamisage) d'obtenir la granulométrie, la quantité et la qualité requises. Pour ce qui est de l'impact du contenu de granulats plats dans les agrégats sur leur résistance mécanique, les résultats des essais Los Angeles et Micro-Deval, rassemblés dans les **Figures 8 à 11** montrent l'évolution des coefficients en fonction des pourcentages des granulats plats.

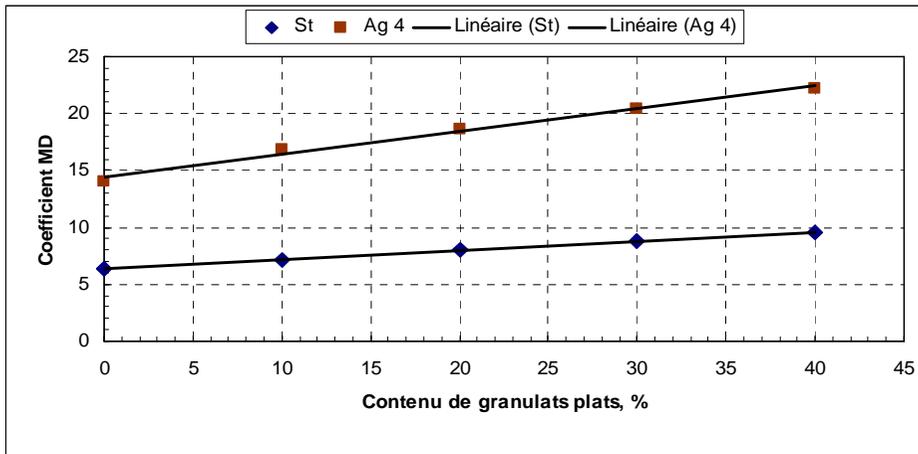
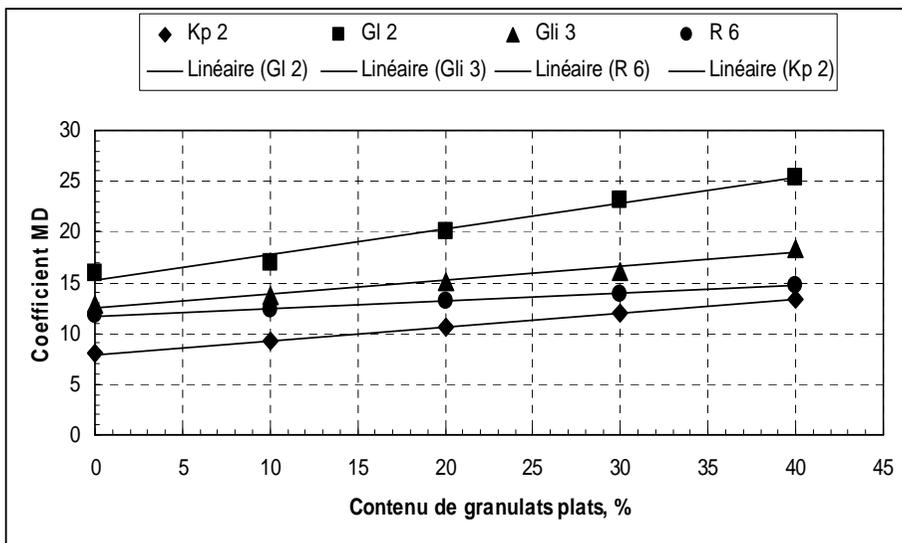


Figure 8 : Variations du coefficient Micro-Deval pour les échantillons St et Ag 4



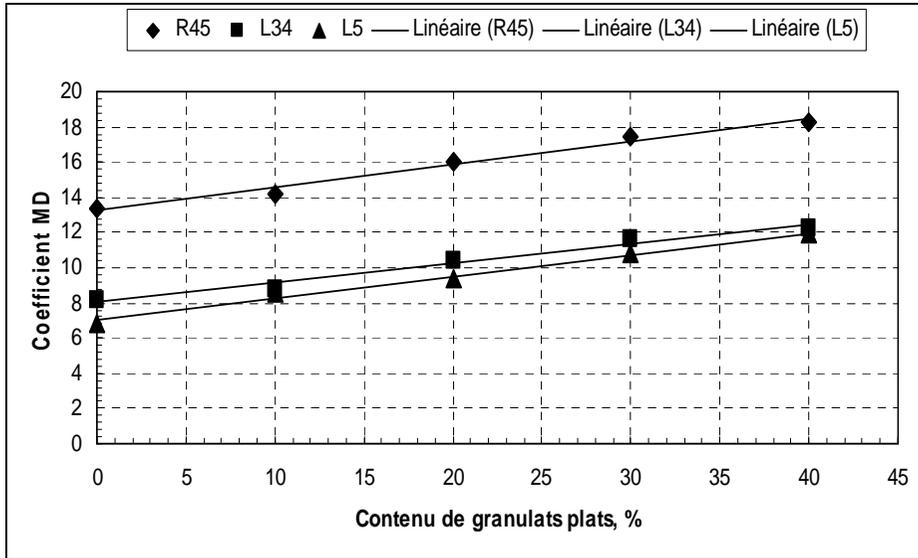


Figure 9 : Variations du coefficient Micro-Deval pour les échantillons Kp2, Gl2, Gli3, R4,5, R6, L3,4, L5

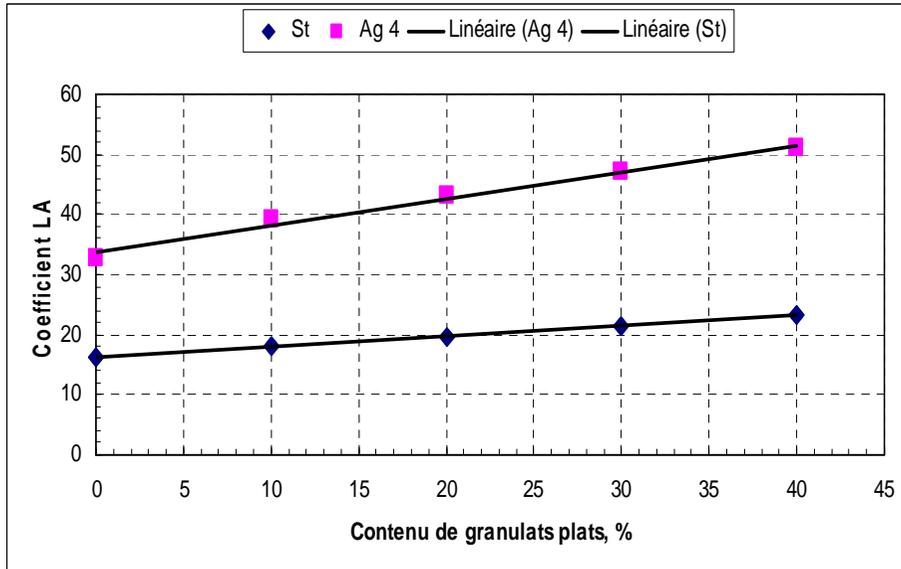


Figure 10 : Variations du coefficient Los Angeles pour les échantillons St et Ag 4

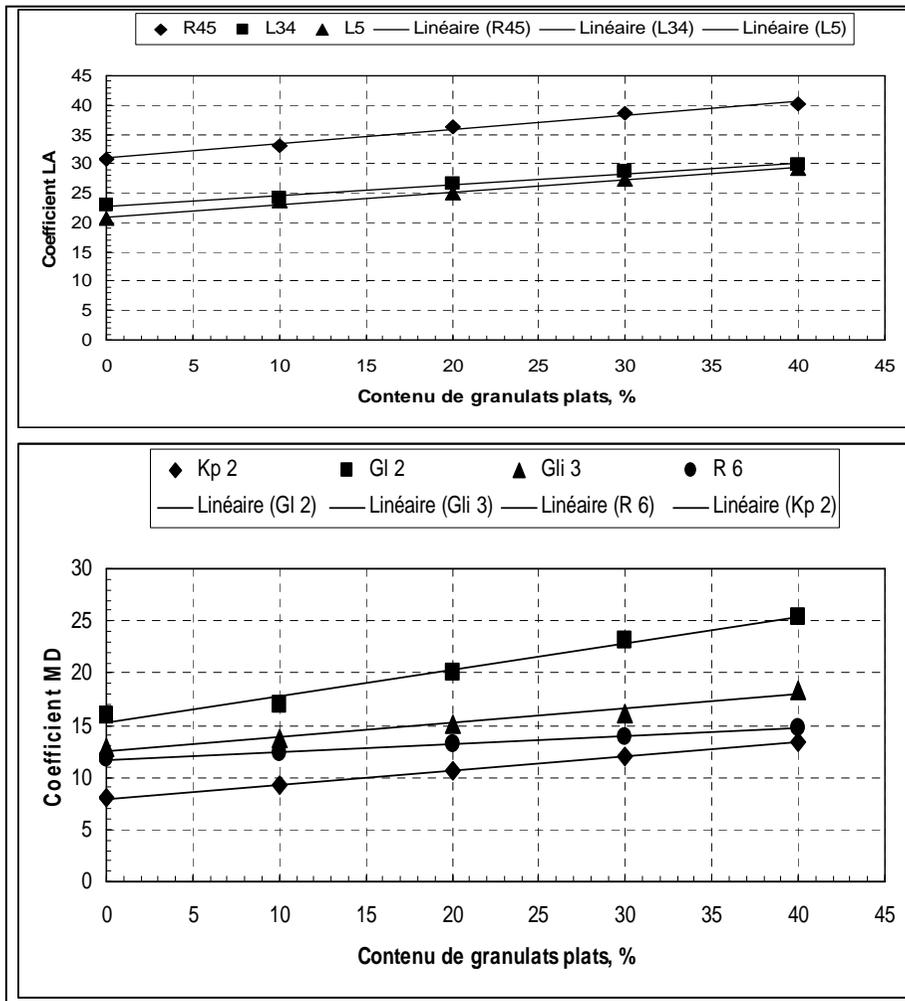


Figure 11 : Variations du coefficient Los Angeles pour les échantillons Kp2, Gl2, Gli3, R4,5, R6, L3,4, L5

Les droites des **Figures 8 à 11** dont les équations figurent dans le **Tableau 3**, correspondent à des régressions de type :

$$y = ax + b \tag{1}$$

où les coefficients a et b sont déterminés par la méthode des moindres carrés.

Tableau 3 : Equations des droites de régression des coefficients Los Angeles et Micro-Deval

Echantillons	Equations de droites de régression pour le coefficient MD	Equations de droites de régression pour le coefficient LA
St	$y = 0.08x + 6.4$	$y = 0.1768x + 16.206$
Kp 2	$y = 0.136x + 7.92$	$y = 0.2992x + 19.554$
Gl 2	$y = 0.25x + 15.32$	$y = 0.423x + 35.04$
Gli 3	$y = 0.136x + 12.54$	$y = 0.208x + 30.96$
R 4,5	$y = 0.13x + 13.26$	$y = 0.241x + 30.94$
R 6	$y = 0.075x + 11.72$	$y = 0.127x + 28.94$
L 3,4	$y = 0.108x + 8.08$	$y = 0.183x + 22.78$
L 5	$y = 0.124x + 7.02$	$y = 0.209x + 21.0$
Ag 4	$y = 0.2x + 14.4$	$y = 0.441x + 33.8$

Les valeurs des différents coefficients directeurs des droites de régression (**Tableau 3**) indiquent que les coefficients Micro-Deval et Los Angeles ne présentent pas le même accroissement en fonction du contenu de granulats plats ; pour les granites, la présence de granulats plats influence très peu la résistance mécanique des agrégats, par contre pour les gneiss des échantillons Gl 2, Ag 4, Gli 3, R 4,5 et Kp 2 cette influence reste sensible.

4. Conclusion

En fonction de la nature et de l'architecture de la roche, les granites, lors du concassage, donneront essentiellement des granulats de forme cubique, contrairement aux gneiss qui donneront plus de granulats plats :

- les granites de l'échantillon St à texture équante et à structure grenue contiennent 21 % de granulats plats, en moyenne, ce qui est conforme à la norme Afnor pour la réalisation des infrastructures routières,
- les gneiss de l'échantillon Ag 4 à texture foliée et à structure lépidoblastique en contiennent relativement plus (29 % en moyenne). Ils ne sont pas recommandables pour les routes mais pour la construction des bâtiments,
- les gneiss des échantillons Kp2, Gl2, Gli3, R4,5, R6, L3,4, L5 à texture foliée et à structure porphyroblastique montrent une grande variabilité du contenu de granulats

plats allant de 23 à 45 % et sont utilisables pour la construction des routes ou des bâtiments selon le contenu de granulats plats.

La résistance mécanique des agrégats dépend du contenu de granulats plats. La diminution de ce contenu fait augmenter la résistance mécanique des agrégats de manière plus substantielle pour les gneiss que pour les granites.

Références

- [1] - E. A. HAPUNOV « Elaboration des bases méthodologiques de fragmentation sélective des roches et ouvrabilité des minéraux, St Petersburg », Thèse de doctorat, (1991) 264
- [2] - I. PACHOUKOVA et A. K. C. JOHNSON "Influence de la structure des gneiss et des granites sur la résistance mécanique des granulats", *Journal de la Recherche Scientifique, Lomé, Série E*, 9(1) (2007) 13-26
- [3] - B. E. SABI « Etude pétrologique et structurale du Massif Kabyé, Nord-Togo », Thèse de l'Université de Lomé, Togo, (2007) 256
- [4] - V. N. KOUCHKA Estimation de la forme véritable des granulats de qualité, *Matériaux de construction, Moscou*, 4 (2002) 35
- [5] - V. V. BERDUS Estimation comparative des méthodes de détermination du contenu de granulats de forme plate dans les agrégats, *Matériaux de construction, Moscou*, 1 (2001) 4-9
- [6] - A. I. GOUSCHIN Pratique de production des granulats de forme cubique, *Matériaux de construction, Moscou*, 2 (2002) 4-6
- [7] - V. A. DUBOV Granulats de forme cubique est une réalité, *Matériaux de construction*, 11 (2002) 12-13
- [8] - V. A. CHERKASSKI Pratique de production de granulats de forme cubique dans les concasseurs à vibration, *Matériaux de construction, Moscou*, 5 (2001) 43-44
- [9] - L. A. VAISBERG Diminution de nombre de stades de concassage, voie optimale pour l'augmentation de la rentabilité de production de granulats de qualité, *Matériaux de construction, Moscou*, 11 (2002) 7-9