

# INFLUENCE DE LA DEFORMATION PLASTIQUE SUR LES CARACTERISTIQUES MECANIKES DES MATERIAUX GEOLOGIQUES : CAS DES GNEISS MIGMATITIKES DE LA COMMUNE DE DJIDJA AU CENTRE DU BENIN (GOLFE DE GUINEE, AFRIQUE DE L'OUEST)

## EFFECTS OF THE PLASTIC DEFORMATION ON THE MECHANICAL CHARACTERISTICS OF GEOLOGICAL MATERIALS: CASE OF MIGMATITIC GNEISSES OF DJIDJA TOWN IN CENTRE-BENIN (GUINEE GULF, WEST AFRICA)

ADISSIN GLODJI L.<sup>1\*</sup>, LAIBI R.<sup>1</sup>, ZEVOUNOU C.<sup>2</sup>, AVOCE L.<sup>1</sup>

1- Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences et Techniques, Département des Sciences de la Terre ; 01 BP 526 Cotonou, Bénin.

2- Université d'Abomey-Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Laboratoire d'Essai et de Recherches en Génie Civil ; 01 BP 526 Cotonou, Bénin.

\* Correspondance : Tél. : (229) 95 95 17 10 ; E-mail : [ladissin@yahoo.fr](mailto:ladissin@yahoo.fr)

(Reçu le 25 Décembre 2018 ; Révisé le 18 Avril 2019 ; Accepté le 23 Mai 2019)

### RESUME

La zone interne de la chaîne panafricaine des Dahoméyides renferme des gneiss migmatitiques et des granites qui sont exploités pour les bâtiments et travaux publics. Ces deux roches de genèse différente, ont fait l'objet d'études pétrographique, structurale et géotechnique dans le but de déterminer l'influence de la déformation plastique sur les caractéristiques mécaniques des roches.

Les granites étudiés n'ont pas subi une déformation plastique. Ils ont une structure équiaxe à faiblement orientée, une texture grenue à grains fins et ils sont formés de quartz, feldspaths et micas. Par contre, les gneiss migmatitiques sont déformés de manière plastique ; ce qui s'est traduit par la structure foliée et la texture grano-lépidoblastique. Ils contiennent du quartz, des feldspaths, des micas et des grenats et renferment des leucosomes quartzo-feldspathiques.

L'étude des propriétés mécaniques de ces deux roches révèle que la résistance à la désagrégation est plus faible pour les gneiss migmatitiques 6% que pour les granites 5-8%. Les essais de Los Angeles indiquent des valeurs plus élevées pour les gneiss migmatitiques 23-27%, 23-25.2% et 23-24% que pour les granites 21-23%, 20-22% et 19.5-20.5% respectivement pour les classes granulaires 4/6, 6/10 et 10/14. Les résultats des tests de Micro-Deval montrent des valeurs plus élevées pour les gneiss migmatitiques 8.4% que pour les granites 6.2%. La résistance en compression uniaxiale est plus élevée 226.5 MPa pour les granites que les gneiss migmatitiques 147.6 MPa.

Ces résultats traduisent l'effet de la déformation plastique, marquée par le développement d'une architecture structurale foliée, sur les caractéristiques mécaniques des matériaux géologiques.

Mots-clés : mécanique, gneiss migmatitique, granite, déformation plastique.

### ABSTRACT

The inner zone of Dahomeyides fold belt contains migmatitic gneisses and granites that are used for the building and public works. These two rocks of different genesis, have been studied petrographically, structurally and geotechnically in order to determine the effects of plastic deformation on the mechanical characteristics of rocks.

The studied granites have not been deformed plastically. They have equate to weakly oriented structure, fine grained texture and made of quartz, feldspar and micas. The migmatitic gneisses are deformed plastically that inducing foliated structure and granolepidoblastic texture. They formed by quartz, feldspar, micas and garnet and contain quartz-feldspar leucosomes.

The mechanical properties study of these two rocks reveal that the resistance to the desagregation is low for the migmatitic gneisses 6% than in the granite 5-8%. The Los Angeles tests indicate high values for the migmatitic gneisses 23-27%, 23-25.2%, 23-24% than in the granite 21-23%, 20-22%, 19.5-20.5% respectively for the 4/6, 6/10 and 10/14 granular classes. The results of Micro-Deval tests show high values for the migmatitic gneisses 8.4% than in the granites 6.2%. The resistance to the uniaxial compression is high for the granites 226.5 MPa than in the migmatitic gneisses 147.6 MPa.

These results are in agreement with the effect of plastic deformation, marked by the development of foliated structural architecture on the mechanical characteristics of geological materials.

Keywords: mechanical, migmatitic gneiss, granite, plastic deformation.

## INTRODUCTION

L'utilisation des matériaux rocheux pour les travaux de génie civil nécessite une connaissance approfondie de l'architecture et de la minéralogie des roches et des paramètres qui conditionnent leur comportement mécanique. Ces paramètres sont déterminés sur le terrain et par des essais de laboratoire et varient en fonction de l'origine des matériaux rocheux qui peut être magmatique, métamorphique ou sédimentaire.

Soumises à une contrainte après leur formation, les roches peuvent subir deux types de déformations, fragiles et plastiques, qui influencent profondément leur aptitude mécanique [1, 2]. Les déformations fragiles sont marquées par les failles et les diaclases dans les matériaux tandis que les plis, les foliations et schistosités sont symptomatiques d'une déformation plastique.

Dans la partie centrale du Bénin, affleurent essentiellement deux types de roches, les gneiss migmatitiques et les granites [3-6]. Ces matériaux ont tous été affectés par une déformation cassante à laquelle peut se superposer une déformation plastique. Cette dernière s'observe essentiellement dans les gneiss migmatitiques où elle est marquée par la présence de la foliation et de plis. Ces deux types de roches sont situés dans un même environnement géologique mais ils présentent des déformations différentes ; elles constituent

ainsi d'excellents objets géologiques pour l'étude des effets d'une déformation plastique sur les propriétés mécaniques des matériaux.

Une récente étude a montré l'influence de la déformation cassante sur les propriétés mécaniques des matériaux géologiques quartzitiques [2]. La déformation cassante entraîne une baisse du coefficient de Los Angeles c'est-à-dire la résistance à la fragmentation par chocs et à l'usure par frottements réciproques. Mais l'idée selon laquelle la déformation ductile (plastique) pourrait influencer les propriétés mécaniques des matériaux rocheux a été très peu abordée en géotechnique. Le présent article expose l'influence de la déformation plastique sur les propriétés mécaniques des roches. Il s'inscrit dans le cadre de l'apport de la tectonique à la compréhension des comportements mécaniques des matériaux géologiques.

## 1. MATERIEL ET METHODES

### MATERIEL

Les travaux de terrain ont consisté à l'analyse macroscopique et structurale et à l'échantillonnage des différents types pétrographiques au moyen d'un GPS, des documents iconographiques (carte géologique à 1/200.000, feuille Abomey-Zagnanado), d'une boussole équipée de clinomètre, des marteaux de géologues et des burins.

# Influence de la déformation plastique sur les caractéristiques mécaniques des matériaux géologiques : cas des gneiss migmatitiques de la commune de Djidja au centre du Bénin (Golfe de Guinée, Afrique de l'Ouest).

Les appareils de laboratoire utilisés comprennent le microscope polarisant à lumière transmise pour l'étude des lames minces de roches, l'appareil de Los-Angeles pour la détermination de la résistance à la fragmentation par chocs et à l'usure par frottements réciproques des roches, l'appareil de Micro-Deval pour la mesure de l'usure par friction entre les granulats de roches, et le dispositif de détermination de la résistance à la compression uniaxiale ont été utilisés.

## Méthodes

La démarche méthodologique adoptée s'est déroulée en trois phases : la recherche bibliographique, les travaux de terrain et de laboratoire et le traitement et de l'interprétation des données.

Pour atteindre les objectifs visés, des critères pétro-structuraux ont guidé la collecte des données sur le terrain. Il s'agit de la structure du gisement, le débitage, les réseaux de fracturations et la couleur de la surface naturelle des roches. Une étude macroscopique minutieuse des différents faciès de roches a été effectuée et des mesures structurales de terrain ont été prises. Ces mesures ont concerné les plans de foliation et de fracturation. Enfin, des échantillonnages ont été faits pour des études microscopiques et mécaniques.

Les travaux de laboratoire ont porté sur la confection de cinquante lames minces de roches au Laboratoire de Géologie de l'Université de Lomé (Togo) et l'étude microscopique des roches échantillonnées au Département des Sciences de la Terre (DST) de l'Université d'Abomey-Calavi (Bénin). De plus, les essais géotechniques ont été effectués sur les gneiss migmatitiques et les granites au Laboratoire d'Essais et de Recherches en Génie Civil de l'Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (LERGC/EPAC) au Bénin. L'échantillonnage, l'étiquetage et le transport des échantillons vers le laboratoire sont effectués avec soins afin d'obtenir des résultats d'analyse fiables et représentatifs. Les tests mécaniques effectués sont la résistance à l'usure (Essai Micro-Deval), l'essai de Los

Angeles (résistance à la fragmentation par chocs et à l'usure par frottements réciproques) et la détermination de la résistance en compression uniaxiale.

La résistance à l'usure (Essai Micro-Deval) permet de déterminer les caractéristiques mécaniques des granulats. L'essai consiste à mesurer l'usure par friction entre des granulats de 10 à 14 mm et une charge abrasive immergée dans un tambour en rotation dans des conditions déterminées par la procédure de test. C'est la norme européenne EN 1097-1 qui spécifie la procédure à suivre pour mesurer la résistance à l'usure d'un échantillon d'agrégats. Elle fait partie de la série de normes pour les matériaux granulaires préparés par le comité technique CEN/TC 154 "agrégats" [7].

La granularité du matériau soumis à l'essai est choisie parmi les trois classes granulaires suivantes (4/6 ; 6/10 et 10/14) auxquelles sont soumises respectivement les charges abrasives de 2000g, 4000g et 5000g dans l'appareil de Micro-Deval.

Pour la préparation, les roches ont été concassées à l'aide d'un marteau en granulats de 10 à 14 mm de diamètre. Les particules plates ont été retirées de la fraction de matériaux à tester en éliminant des fractions de 14 mm, 12.5 mm, 8 mm et 6.3 mm. La granulométrie de l'échantillon à tester était conforme à la norme EN 1097-1, clause 6, c'est-à-dire, entre 60 et 70 % de l'échantillon passait le tamis à maille de 12.5 mm [7].

Le mode opératoire consiste à laver, tamiser à sec à l'aide des tamis de la classe granulaire choisie et en prélever 500 g pour l'essai. On y ajoute ensuite 2,5 L d'eau et la quantité de charge abrasive. L'ensemble est placé dans un cylindre qui effectue 12000 tours de rotations ( $100 \pm 5$  trs/mm). Enfin, on tamise à l'aide d'un tamis de 1,6 mm et on détermine la masse des passants (m). La charge abrasive est récupérée à l'aide d'un aimant. Le coefficient de Micro-Deval (MDE) se calcule de la façon suivante :  
$$MDE = 100 \cdot (500 - m') / 500$$
  
m' la masse du refus à 1.6 mm mesurée en

grammes.

Pour chaque site, deux essais ont été effectués et la moyenne des coefficients de Micro-Deval calculée.

Le principe de l'essai de Los Angeles est la détermination de la résistance à la fragmentation par chocs et à l'usure par frottements réciproques. Cet essai s'applique à des normes NF-P 18.573 et concerne les pierres cassées ainsi que les grains concassés [7]. L'appareil de Los Angeles comporte un cylindre creux en acier, fermé à ses deux bouts, d'un diamètre intérieur de 711 mm et ayant une longueur intérieure de 508 mm. Le cylindre est monté sur deux axes fixés sur ses fonds et il renferme une ouverture latéralement sur le cylindre pour l'introduction des granulats. La charge abrasive est constituée par des boulets de fonte en nombre précis en fonction de la classe granulaire. Chaque boulet pèse 440 g et la charge abrasive varie en fonction de la classe granulaire soumise à l'essai. L'échantillon d'essai comporte un granulat propre et desséché à l'étuve, qui doit se rapprocher le plus possible de la granulométrie réelle utilisée pour les travaux.

La procédure de l'essai consiste à laver et tamiser à sec sur les tamis de la classe granulaire choisie et en prélever 5000 g pour l'essai. Avant l'essai, les granulats sont sans pression et présentent leur forme et après l'essai, on obtient des boulets et une poudre de refus.

L'appareil est mis en marche à la vitesse de 30 à 33 tours par minute, en adoptant un cycle de 500 ou 1000 tours suivant la granulométrie. L'échantillon est tamisé sur un tamis de 1,6 mm et le refus est recueilli puis pesé. On calcule ensuite le pourcentage d'usure (LA le coefficient de Los Angeles en pourcentage) par la formule suivante :

$$LA = \left( \frac{5000 \text{ m}}{5000} \right) \times 100$$

m la masse du refus à 1,6 mm, en grammes.

Le coefficient de Los Angeles (LA) calculé à partir du passant au tamis de 1.6 mm mesuré en fin d'essai, caractérise le granulat. Suivant les normes NF P 18-573 et EN 1097-2, on admet

que l'essai est excellent lorsque le pourcentage d'usure est inférieur à 15% ; satisfaisant lorsqu'il est entre 15% et 25% ; limité entre 25% et 30% puis médiocre quand il est supérieur à 30%.

La résistance à la compression simple ou uniaxiale (Rcu) est l'un des tests les plus utilisés pour définir la performance mécanique des roches [8, 9]. Le principe consiste à écraser un échantillon de roche entre les plateaux d'une presse puissante. La Rcu est déterminée à partir du moment où l'échantillon montre les premiers signes de destruction (fissuration et éclatement). Elle correspond à une force ou une contrainte par unité de surface et s'exprime généralement soit en Kgf/cm<sup>2</sup> ou en MPa (1MPa = 10 Kgf/cm<sup>2</sup>). La taille et la forme de l'échantillon influencent considérablement la mesure de la Rcu, d'où la recommandation d'effectuer la mesure sur des éprouvettes de forme cylindrique et d'une hauteur 2,5 fois supérieure au diamètre. Les tests sont effectués généralement sur des échantillons secs. La saturation en eau abaisse, d'une manière parfois substantielle (jusqu'à 50 %), la Rcu des roches.

L'ensemble des résultats a été interprété en considérant les caractéristiques des gisements de gneiss migmatitiques et des granites; ce qui a permis de dégager les principes qui pourraient régir l'exploitation des matériaux géologiques au Bénin.

## 2. RESULTATS

### Pétrographie et structure des roches

#### *Les granites*

Les granites étudiés sont finement à moyennement grenus et montrent une structure

Influence de la déformation plastique sur les caractéristiques mécaniques des matériaux géologiques : cas des gneiss migmatitiques de la commune de Djidja au centre du Bénin (Golfe de Guinée, Afrique de l'Ouest).

équante mais parfois légèrement fluidale marquée par l'orientation des cristaux de feldspath et de biotite (Figure 1). Le gisement se compose de granite gris clair (leucocrate) et de granite gris sombre (mélanocrate) (Figure 2a). Ces deux faciès de granite contiennent des restites de migmatite. Ils sont recoupés par des filons de pegmatites et de quartz et des filonnets d'aprites. Des fractures cassantes tardives d'orientations N-S, NE-SW et E-W recoupent les granites. L'espacement de ces fractures est de décimétrique à métrique.

L'observation au microscope optique révèle que le granite gris clair est composé de quartz (35%), microcline (20%), orthose (20%), plagioclase (15%), biotite (5%) et muscovite (5%) et de minéraux accessoires (zircon, sphène et tourmaline). Quant au granite gris sombre, il est composé de quartz (30%), plagioclase (20%), microcline (25%), de biotite (25%). Les minéraux accessoires sont identiques à ceux rencontrés dans le granite gris clair.

Les cristaux de quartz sont xénomorphes et interstitiels entre les feldspaths et les micas. La microcline, l'orthose et les plagioclases sont sub-automorphes à automorphes. L'orthose présente un macle de Carlsbad. Les plagioclases présentent un macle polysynthétique et s'altèrent parfois en fines paillettes de damourites. La biotite est xénomorphe et s'altère parfois en chlorite.

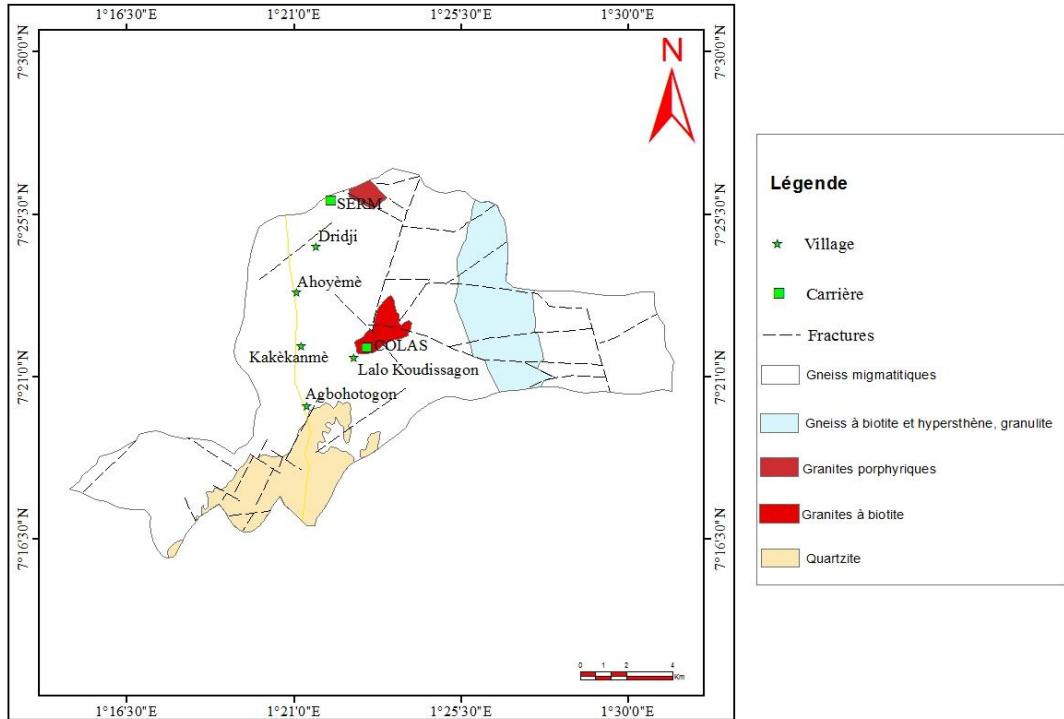
En synthèse, les granites présentent une structure équante avec une texture grenue traduisant une absence de déformation plastique après leur complète solidification.

#### *Les gneiss migmatitiques*

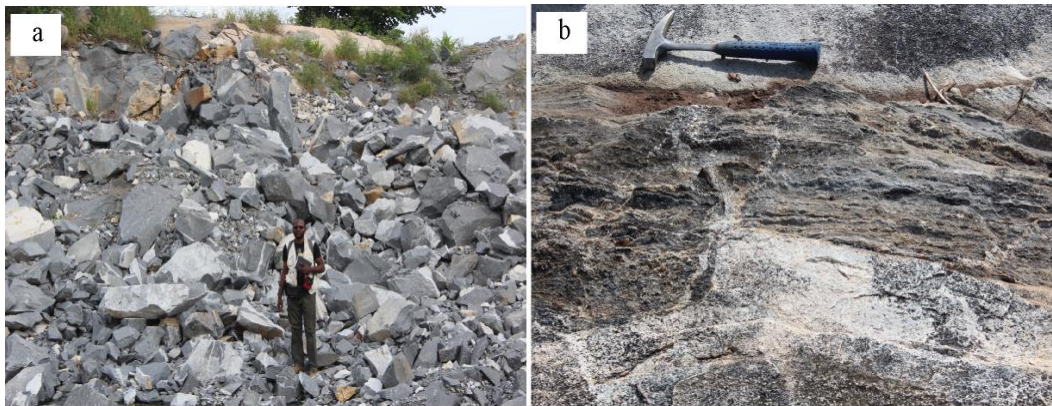
Les gneiss migmatitiques étudiés présentent une structure foliée (Figure 1 ; Figure 2b). Les foliations mesurées sont orientées WNW-ESE à NW-SE avec des pendages forts à moyens vers le Nord ou le Sud. Ces migmatites sont par endroit plissées et les plis sont décimétriques à métriques. Ils présentent aussi des plans de décrochement orientés NNW-SSE. Les paléosomes sont des gneiss à biotite et grenat et des gneiss à biotite, plus ou moins amphibole. Le leucosome est de nature quartzofeldspathique. Des fractures cassantes d'orientations N-S, NE-SW et E-W recoupent les gneiss migmatitiques.

L'observation au microscope optique révèle que les paléosomes sont composés de quartz, feldspath potassique, plagioclases, biotite et muscovite. Certains contiennent des amphiboles tandis que d'autres, des grenats.

En résumé, ces structures en feuillettes observées au niveau des gneiss migmatitiques expriment une déformation plastique qui s'est produite en même temps que le métamorphisme à haute température. On peut donc dire que ces plans de foliations correspondent au plan d'aplatissement de la roche.



**Figure 1 :** Carte géologique synthétique du secteur de Dan dans la Commune de Djidja au Centre du Bénin montrant les granites et gneiss migmatitiques étudiés (Source : extraite de la carte géologique à 1/200000 feuille Abomey-Zagnanado, modifiée).



**Figure 2 :** Photographies de terrain montrant les granites (a) et les gneiss migmatitiques (b) étudiés.

Influence de la déformation plastique sur les caractéristiques mécaniques des matériaux géologiques : cas des gneiss migmatitiques de la commune de Djidja au centre du Bénin (Golfe de Guinée, Afrique de l'Ouest).

**Détermination des caractéristiques mécaniques** granulats de classe 10/20 mm, conformément aux normes ASTM C88 et EN 1367. Les résultats des tests sont consignés dans le tableau 1.

**Détermination de la résistance à la désagrégation**  
La résistance à la désagrégation a été déterminée au sulfate de magnésium sur des

**Tableau 1** : Résultats des essais de résistance à la désagrégation au sulfate de magnésium suivant la norme EN 1367-2 obtenus sur les échantillons. Mgn : gneiss migmatitique ; Gr : granite

Echantillon	Masse initiale M1 (g)	Masse finale retenue M2 (g)	Masse perdue M1-M2 (g)	Valeur au sulfate de magnésium Ms (%)
<b>Mgn</b>	427.1	401.2	25.9	6.0
<b>Mgn</b>	424.8	398.3	26.5	6.2
<b>Mgn</b>	427.9	405.6	22.3	5.2
<b>Gr</b>	426.0	401.4	24.5	5.8
<b>Gr</b>	425.2	386.0	39.2	9.3
<b>Gr</b>	428.0	398.3	29.7	7.0

La résistance à la désagrégation varie entre 5.2 et 6.2 % pour les gneiss migmatitiques avec une moyenne de 5.8 %. Par contre, les granites présentent une résistance à la désagrégation plus élevée avec des valeurs comprises entre 5.8 et 9.3 % et une moyenne de 7.4 %.

De plus, ces résultats montrent que les gneiss migmatitiques et les granites ont une qualité satisfaisante de résistance à la désagrégation. En effet selon les normes, le résultat est excellent si la résistance à la désagrégation est inférieure à 2 %, satisfaisante si elle est entre 2

et 10 %, limitée s'il est entre 10 et 30 % et enfin médiocre si elle est supérieure à 30 %.

**Résultats d'essai de la résistance à la fragmentation par choc : Essai de Los Angeles**

Les essais de la résistance à la fragmentation par choc (Essai de Los Angeles) ont été réalisés sur les fractions 4/6, 6/10 et 10/14. Les résultats tests sont consignés dans le tableau 2.

**Tableau 2 :** Résultats de Los Angeles obtenus sur les concassés de gneiss migmatitique et granites suivant la norme NF EN 1097-2. Grl : granite leucocrate ; Grm : Granite mélanocrate ; Mgn : gneiss migmatitique.

Roches	4/6	6/10	10/14	Moyenne
<b>Grl</b>	22.6	22.1	20.4	21.7
<b>Grl</b>	22.7	22.0	20.2	21.6
<b>Grm</b>	21.3	20.8	19.5	20.5
<b>Grm</b>	21.5	20.6	20.1	20.7
<b>Mgn</b>	23.1	23.0	22.9	23.0
<b>Mgn</b>	26.7	25.0	24.1	25.3
<b>Mgn</b>	26.1	25.2	24.0	25.1

Les essais de résistance à la fragmentation par choc montrent des variations de coefficients de LA entre les granites et les gneiss migmatitiques. Les coefficients de LA varient entre 20 et 22% pour les granites. Ils sont plus élevés pour les gneiss migmatitiques et varient entre 23 et 25%.

Par ailleurs, en tenant compte des normes adoptées sur les granulats, les résultats des essais géotechniques obtenus sur les granites

ont donné des valeurs satisfaisantes (Los Angeles inférieur à 25 %). Par contre les gneiss migmatitiques ont donné des valeurs limites (25 et 30 %) et parfois satisfaisantes.

**Résultats des essais Micro-Deval (MDE)**

Les résultats des essais de Micro-Deval ont été consignés dans le tableau 3

**Tableau 3:** Résultats des tests Micro-Deval obtenu sur les échantillons de gneiss migmatitique et de granite suivant les normes EN 1097-1 et EN 13383-1. Grl : granite leucocrate ; Grm : Granite mélanocrate ; Mgn : gneiss migmatitique.

Echantillon	Tambour	Masse initiale (g) (A)	Masse retenue (g) (B)	Masse passant (g) (A-B)	Valeur de Micro-Deval (%) (A-B)/A
Grl 1	1	501.09	470.2	30.9	6.2
Grl 2	2	498.60	467.52	31.1	6.2
<b>Moyenne</b>					<b>6.2</b>
Grm 1	1	502	470	32	6
Grm 2	2	503	471	32	6.3
<b>Moyenne</b>					<b>6.1</b>
Mgn 1	1	500.90	459.08	41.8	8.3
Mgn 2	2	500.02	457.04	43.2	8.6
<b>Moyenne</b>					<b>8.4</b>

Influence de la déformation plastique sur les caractéristiques mécaniques des matériaux géologiques : cas des gneiss migmatitiques de la commune de Djidja au centre du Bénin (Golfe de Guinée, Afrique de l'Ouest).

Les résultats des tests de résistance à l'usure (Micro-Deval) réalisés sur les échantillons de roches présentent des variations en fonction de la nature de la roche. En effet, les coefficients de Micro-Deval sont plus faibles pour les granites que pour les gneiss migmatitiques. Ils sont de 6.1% et 6.2% respectivement pour les granites mélanocrates et leucocrates. Par contre pour les gneiss migmatitiques, la valeur obtenue est de 8.4%.

Par ailleurs, ces résultats ont donné des valeurs inférieures à 10%. Lesdits résultats témoignent que les échantillons testés résistent de façon sont consignés dans le tableau 4.

excellente à l'usure. En effet selon les normes, la résistance à l'usure est excellente si MDE est inférieur à 10%, satisfaisant si MDE est compris entre 10 et 20%, limité si MDE est entre 20 et 30% puis médiocre si MDE est supérieur à 30%.

**Résultats des essais de résistance mécanique en compression uniaxiale**

Les résultats des essais de résistance en compression uniaxiale des échantillons de granite et de gneiss migmatitique

**Tableau 4 :** Résultats des essais de résistance en compression uniaxiale obtenus sur les carottes de granite et de gneiss migmatitique suivant la norme EN 1926-2. Grl : granite leucocrate ; Mgn : gneiss migmatitique ; D : diamètre ; H : hauteur ; CRV : charge verticale à la rupture ; RCU : résistance à la compression uniaxiale.

Echantillon	D 1 Haut (mm)	D 2 Haut (mm)	D 3 Bas (mm)	D 4 Bas (mm)	D moyen (mm)	H moyen (mm)	CVR (KN)	RCU
Grl 1	49.82	49.83	49.79	49.82	49.82	52.20	473.61	243.0
Grl 2	49.82	49.83	49.79	49.82	49.82	52.18	447.49	229.6
Grl 3	49.78	49.81	49.82	49.81	49.81	52.06	428.61	220.0
Grl 4	49.81	49.80	49.80	49.80	49.80	51.69	426.62	219.0
Grl 5	49.79	49.83	49.81	49.84	49.82	52.31	427.46	219.3
Grl 6	49.78	49.79	49.81	49.79	49.79	49.64	429.20	219.9
Grl 7	49.77	49.77	49.77	49.78	49.77	52.32	467.35	240.2
Grl 8	49.77	49.78	49.77	49.77	49.77	51.95	429.60	220.8
<b>Moyenne</b>								<b>226.5</b>
Mgn 1	49.79	49.80	49.79	49.80	49.80	51.86	287.44	147.6
Mgn 2	49.79	49.80	49.79	49.80	49.80	51.86	287.44	147.6
<b>Moyenne</b>								<b>147.6</b>

Les résultats des essais de résistance en compression uniaxiale obtenus sur les échantillons de granite et de gneiss migmatitique ont donné respectivement une moyenne de 226.5 MPa et 147.6 MPa. La

résistance à la compression uniaxiale est donc plus élevée pour les granites que pour les gneiss migmatitiques. Néanmoins ces deux roches ont toutes une bonne résistance en compression uniaxiale.

### 3. DISCUSSION

Les propriétés mécaniques des matériaux géologiques dépendent essentiellement de la composition minéralogique des matériaux et de leur structure. Les transformations induites par les déformations et les recristallisations métamorphiques influent directement sur l'orientation cristallographique préférentielle, la morphologie des grains et la possibilité de présence de fissures inter et intragranulaires et par conséquent les paramètres mécaniques des roches [10-12]. Les matériaux géologiques étudiés présentent des assemblages minéralogiques semblables. Ils sont composés de quartz, feldspaths et de micas. Mais ces deux matériaux diffèrent par leur structure quoi que situés dans un même environnement géologique. Les granites présentent une structure équante. Par contre, les gneiss migmatitiques présentent une structure foliée avec une alternance de feuillets de composition minéralogique contrastée ; les feuillets clairs étant à quartz + feldspaths et les feuillets sombres à minéraux ferromagnésiens (micas ± amphiboles). Ces alternances de feuillets suivant des plans sont le résultat d'un réarrangement minéralogique sous l'effet d'une déformation plastique de la roche à haute température [1]. Par ailleurs, les observations de terrain ont révélé que les deux roches ont subi des déformations cassantes à basse température. Il apparaît donc clairement que le principal facteur conditionnant les différences dans les propriétés mécaniques de ces deux matériaux géologiques, granite et gneiss migmatitique, est la structure et par conséquent l'influence d'une déformation plastique.

L'étude des propriétés mécaniques de ces deux roches permet ainsi d'apprécier les effets de la déformation plastique sur les paramètres mécaniques tels que la résistance à la désagrégation, la résistance à la fragmentation par choc, la résistance à l'usure et la résistance en compression uniaxiale.

Concernant la résistance à la désagrégation, les essais ont montré que la déformation plastique a pour effet, d'abaisser la résistance à la désagrégation des matériaux géologiques. En d'autres termes, les matériaux ayant subi une déformation plastique présentent une résistance

à la désagrégation plus faible donc se désagrègent plus facilement que les matériaux non déformés.

Par rapport à la résistance à la fragmentation par choc, la déformation plastique entraîne une augmentation du coefficient de Los Angeles des granules des roches. Ces résultats peuvent être expliqués par la structure grenue des granites et la structure foliée des gneiss migmatitiques. Du fait de l'architecture de la roche, les granites, lors du concassage, donne essentiellement des granules de forme cubique, contrairement aux gneiss migmatitiques qui donnent plus de granules plats compte-tenu de leur texture foliée. Ces résultats sont également conformes à ceux obtenus sur les agrégats de gneiss et granite du Togo [13, 14]. Ces auteurs ont également montré que la diminution du contenu de granules plats contribue à améliorer la qualité des agrégats et à augmenter leur résistance mécanique. Ainsi, les granules des gneiss migmatitiques seraient recommandés pour la construction des bâtiments et ceux des granites pour la réalisation des infrastructures routières.

En ce qui concerne la résistance à l'usure, la déformation plastique entraîne également une augmentation sensible du coefficient de MDE. Les granules de granite résistent donc plus excellemment à l'usure que ceux obtenus à partir des concassés de gneiss migmatitique.

La déformation plastique abaisse la résistance en compression uniaxiale des roches métamorphiques. En effet, suite aux événements métamorphismes et aux déformations induites par les mouvements tectoniques, une microfissuration intra et intergranulaire peut apparaître dans les roches métamorphiques lors du développement de la foliation. Les microfissurations seront responsables d'initiation précoce de l'endommagement ou d'une propagation rapide de la fissuration dans les roches métamorphiques. Ce phénomène a été aussi observé dans les marbres [12, 15, 16]. Il est clair que la résistance en compression uniaxiale chute quand la densité des microfissures augmente dans les roches métamorphiques.

### CONCLUSION

Influence de la déformation plastique sur les caractéristiques mécaniques des matériaux géologiques : cas des gneiss migmatitiques de la commune de Djidja au centre du Bénin (Golfe de Guinée, Afrique de l'Ouest).

Cette étude a permis de mieux cerner l'influence de la déformation plastique sur les comportements mécaniques des matériaux métamorphiques. Elle offre également une opportunité pour éclairer le choix des matériaux en fonction des impératifs techniques dans une région donnée.

La déformation plastique induit une baisse de la résistance à la désagrégation et de la résistance en compression uniaxiale des matériaux métamorphiques foliés. Ceux-ci ont tendance à donner des granulats plats qui possèdent une résistance à l'usure et à la fragmentation plus faible. Les granulats de ces roches métamorphiques (gneiss et gneiss migmatitiques) sont recommandés pour les constructions des bâtiments plutôt qu'à la réalisation des infrastructures routières pour lesquelles les matériaux granitiques sont plus indiqués.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. PASSCHIER C.W. and TROUW, R.A.J., 2005. *Micro-tectonics*, Springer-Verlag, Berlin, 366 p.
2. ADISSIN GLODJI L., ZEVOUNOU C., LAIBI R., YESSOUFOU S., BOUKARY NOUNDJA S., HOUNDONOUGBO P. 2015. Influence des caractéristiques petro-structurales sur les propriétés mécaniques des quartzites de l'Atacora au Bénin (Golfe de Guinée, Afrique de l'ouest). *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé* (Togo), 17(2): 381-393.
3. BREDA, 1989. Notice explicative de la carte géologique à 1/200000. Feuilles Pira-Savè, Abomey-Zagnanado, Lokossa-Porto-Novo, 77p.
4. ADISSIN GLODJI C. L. 2012. La zone de cisaillement de Kandi et le magmatisme associé dans la région de Savalou-Dassa : Etude structurale, pétrologique et géochronologique. *Thèse de doctorat des Sciences de la Terre. Université Jean Monnet Saint-Etienne (France) et Université d'Abomey-Calavi (Bénin)*. 208p.
5. GNAHA E., 2013 : Caractérisations pétrographiques et géotechniques des granites de Djidja. *Mémoire de master, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)*, 62p.
6. AVOCE L., 2016. Caractérisations géotechniques des roches cristallines et cristallophylliennes de la commune de Djidja. *Mémoire de master, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)*. 48p.
7. LERGC / EPAC, 1988. Règlement et Application des normes EN 1097-1 et EN 13383-1. 18p.
8. COMMENE J.P., RAJNAK T., 2009. Détermination de la résistance à la compression de carottes de roches provenant du Bénin ; Laboratoire d'Etude et de Recherche en Matériaux, Rapport d'études No 0923213.2. 10 p.
9. ZEVOUNOU C., HOUNMASSE M., 2012. Rapport d'Essai de détermination de la résistance à la compression uniaxiale sur les roches (MEN-EN 1926); LERGC-EPAC, Cotonou, 2p.
10. ULRICH S., THOMPSON B., SCHULMANN K., CASEY M., 2001.

11. Microstructure mechanism map of dynamically recrystallized marble. *Tectonophysics*, 412, 182-200.

12. SCHENK O., URAI J., EVANS B., 2005. The effect of water on recrystallization behavior and grain boundary morphology in calcite-observations of natural marble mylonites. *Journal of structural geology*; 27(10), 1856-1872.

14. MEHIRI K. 2008. Caractérisation du comportement mécanique sous compression uni-axiale du marbre de Macael-Espagne. *Thèse de doctorat, Université de Lorraine*, 340 p.

15. PACHOUKOVA I. and JOHNSON A. K. C., 2007. 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), 13 -26.

16. PACHOUKOVA I., JOHNSON A. K. C., AKA B., 2008. La formation des granulats plats et leur influence sur la résistance mécanique des agrégats des granites et gneiss du Togo. *Afrique Science*, 04(2), 261 - 273.

17. PADOVANI E.R., SHIRLY S.B. and SIMMONS G., 1982. Characteristics of microcracks in amphibolite and granulite facies grade rocks of southeastern Pennsylvania. *Journal of Geophysics and Restauration*; 87, 8605-8630.

18. KRANZ R. L., 1983. Microcraks in rocks: a review. *Technophysics*, vol.10. 449- 480.