



## EVALUATION DES PARAMETRES PETRO-PHYSIQUES ET PERSPECTIVE DE MISE EN VALEUR DES PIERRES NATURELLES AU BENIN : CAS DU MARBRE D'ASSIYO DANS LA COMMUNE DE DASSA

FALOLA<sup>1</sup> Emilola, LAIBI<sup>2</sup> Raoul, OUOROU<sup>3</sup> Moussa

<sup>1</sup>Centre Béninois de la Recherche Scientifique et de l'Innovation (CBRSI), Institut de Recherche en Sciences de la Terre et de l'Environnement (IRSTE), Bénin

<sup>2</sup>Université d'Abomey-Calavi (UAC) Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Département des Sciences de la Terre (DST), Laboratoire de Géologie, Mines et Environnement (LABOGME), 01 BP 526 Cotonou, Bénin

<sup>3</sup>Direction Générale des Mines, Service Départemental des Mines Zou-Collines, Bénin

Auteur correspondant : [falolaemilola@yahoo.fr](mailto:falolaemilola@yahoo.fr); tel : (00229) 97 58 01 04

### RESUME

La pierre naturelle possède de nombreux atouts. Du point de vue esthétique, elle est caractérisée par une palette de couleurs très étendue entre le blanc et le noir en passant par le vert, le rose, le beige, le gris, etc. La taille des grains plus ou moins fins ainsi que des textures originales font que chaque pierre est unique. En plus de ces qualités esthétiques, la pierre naturelle possède des caractéristiques pétro-physiques indéniables qui font d'elle un matériau de construction et de décoration polyvalent. Enfin, elle est durable et peut être recyclée quasi indéfiniment. Le marbre d'Assiyo est une roche dolomitique. Il est formé essentiellement de CaO (44,49-45,91%), de SiO<sub>2</sub> (7,9-13,71%) et de MgO (12,49-18,86%). La roche est multicolore (blanc, gris-verdâtre et rubané) avec de micros-fractures remplies de calcite recristallisée. Du point de vue pétro-physique cette roche est de bonne à très bonne qualité. Masse volumique 0,27g/cm<sup>3</sup>; porosité: 0%; absorption hydraulique 0,27%, los Angeles 21,66%; Micro-Deval: 11,66%. Elle est dense, compacte, très peu poreuse et très peu absorbante. Des essais de polissage réalisés ont donné de très beaux polis. Ainsi, sous réserve des résultats des tests complémentaires nécessaires, le marbre d'Assiyo peut



*être valablement exploité pour diverses utilisations respectant le label de l'art, de la qualité et de la durabilité.*

**MOTS CLES :** Roche, matériau, métamorphique, pétro-physique

## ABSTRACT

*La pierre naturelle possède de nombreux atouts. Du point de vue esthétique, elle est caractérisée par une palette de couleurs très étendue entre le blanc et le noir en passant par le vert, le rose, le beige, le gris, etc. La taille des grains plus ou moins fins ainsi que des textures originales font que chaque pierre est unique. En plus de ces qualités esthétiques, la pierre naturelle possède des caractéristiques pétro-physiques indéniables qui font d'elle un matériau de construction et de décoration polyvalent. Enfin, elle est durable et peut être recyclée quasi indéfiniment. Le marbre d'Assiyo est une roche dolomitique. Il est formé essentiellement de CaO (44,49-45,91%), de SiO<sub>2</sub> (7,9-13,71%) et de MgO (12,49-18,86%). La roche est multicolore (blanc, gris-verdâtre et rubané) avec de micros-fractures remplies de calcite recristallisée. Du point de vue pétro-physique cette roche est de bonne à très bonne qualité. Masse volumique 0,27g/cm<sup>3</sup>; porosité: 0%; absorption hydraulique 0,27%, los Angeles 21,66%; Micro-Deval: 11,66%. Elle est dense, compacte, très peu poreuse et très peu absorbante. Des essais de polissage réalisés ont donné de très beaux polis. Ainsi, sous réserve des résultats des tests complémentaires nécessaires, le marbre d'Assiyo peut être valablement exploité pour diverses utilisations respectant le label de l'art, de la qualité et de la durabilité.*

**MOTS CLES :** Roche, matériau, métamorphique, pétro-physique

## INTRODUCTION

Le contexte géologique et minier de notre pays peut à première vue inciter au pessimisme. En effet, depuis longtemps, le secteur des mines n'a que peu contribué à l'économie nationale car, hormis les gisements de calcaire d'Onigbolo, de Massé et celui de Gbakpodji qui alimentent l'industrie extractive du pays, nous n'avons pas en exploitation autres ressources du sous-sol quand bien même le pétrole fut exploité de 1982 à 1998. Par contre, la nature a doté notre pays, le Bénin, d'une quantité incommensurable de matériaux locaux de construction dont les pierres ornementales. D'une façon générale, les pierres ornementales sont des



roches naturelles qu'on peut extraire, scier, polir et couper ou façonner en de dimensions et formes variées en vue de leur utilisation dans divers secteurs dont notamment le bâtiment, la voirie et les monuments. Les essais de polissage effectués sur quelques échantillons de pierres du Bénin, ont donné de très beaux polis. Ce qui fait que ces roches pourraient être utilisées valablement pour fabriquer des carreaux de revêtement et d'objets d'art. En 2000, l'étude réalisée par la Coopération allemande et l'OBRGM sur le recensement et l'évaluation de plusieurs gisements de pierres ornementales au Bénin, a confirmé la qualité avérée de ces roches et a même comparé certaines d'entre elles à leurs équivalentes qu'on retrouve sur le marché international (Karl-Jochen S. & Reinhard K., 2000). Parmi ces pierres naturelles, figurent les marbres dont l'exploitation pourrait favoriser le développement de l'industrie des pierres ornementales.

Au Bénin, il existe déjà des reconnaissances détaillées sur quelques gisements de marbre dolomitique. C'est le cas des gisements d'Atome-Lonkli, de Couffo et d'Idadjo qui sont bien décrits et leurs réserves ont été calculées. Néanmoins, en raison des contraintes tectoniques considérables ayant affecté les marbres d'Atome-Lonkli et de Couffo, ceux-ci ne peuvent pas être exploités comme pierres de taille. Quant au gisement d'Idadjo, suivant les résultats de l'étude réalisée par la Coopération allemande, il est classé, selon le codage UNFC, comme réserve minérale prouvée (Karl-Jochen S. & Reinhard K., 2000). Mais l'ouverture d'une carrière pour l'exploitation de ce marbre nécessite au préalable son désenclavement par la construction de deux ponts sur la voie menant au gisement, alourdissant ainsi le coût des infrastructures nécessaires à cette exploitation. Etant donné que d'autres gisements de marbres, notamment celui d'Assiyo d'accès facile et à priori moins affectés par les accidents tectoniques existe (Challa D., Adjo B. et Noudeke M., 2008), il nous a paru utile et opportun de mener des études complémentaires, notamment les études géotechniques et pétrographiques, afin de mieux caractériser ce marbre puisque de telle pierre est sollicitée sur le marché international.

## **I. SITUATION GEOGRAPHIQUE DU MARBRE D'ASSIYO**

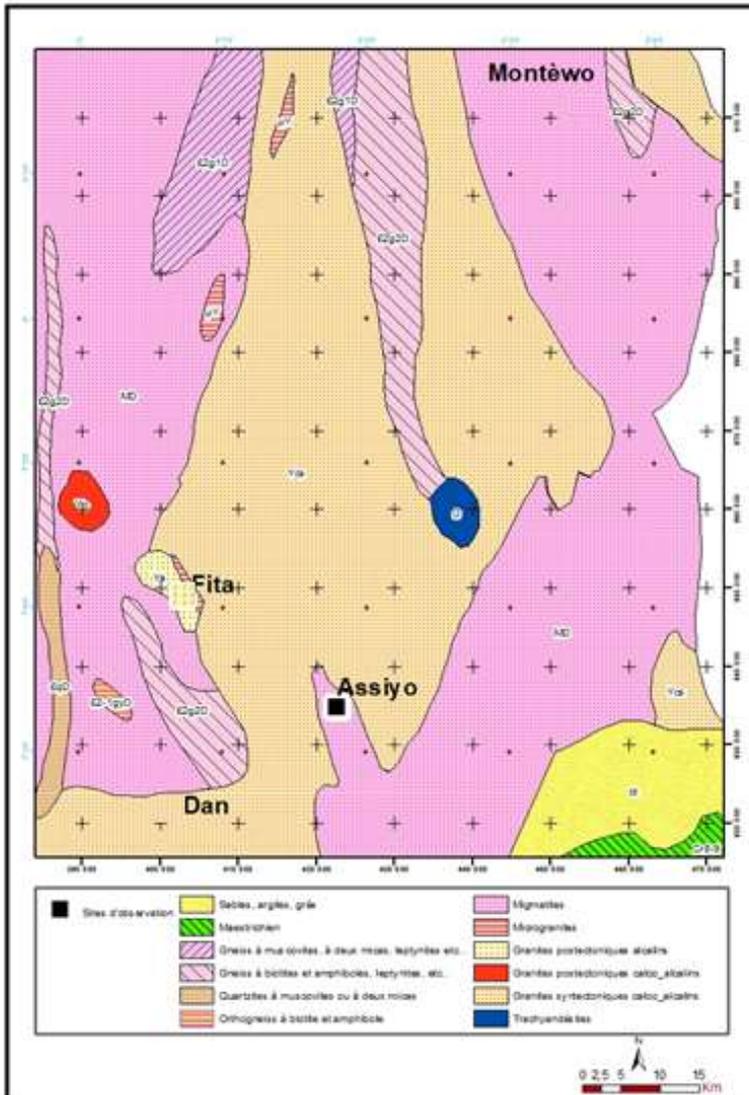
La roche sélectionnée dans le cadre de cette étude, appartient à la zone interne de la chaîne des Dahomeyides ou à la partie béninoise de la plaque bénino-nigérienne (Affaton, 1990). Le marbre d'Assiyo, il est situé dans la



Commune de Dassa, dans l'Arrondissement de Paouignan à environ 15km de la RNIE 2. On y accède par une voie en cours de bitumage Paouignan-Zagnanado. Les affleurements étudiés et échantillonnés sont situés aux points de coordonnées géographiques A: N 07°33'04,00'' ; E 002°18'01,8'' ; B : N 07°33'06,4'' ; E 002°17'59,2'' ; C : N 07°33'09,3'' ; E 002°18'00,1'.

## II. APERÇU GEOLOGIQUE DU MILIEU D'ETUDE

Du point de vue géologique, le site du marbre d'Assiyo est situé dans le socle cristallin qui occupe les 2/3 de la superficie du Bénin. Cette pénéplaine cristalline est constituée d'une gamme variées de formations géologiques parmi lesquelles on distingue les séries volcano-sédimentaires, les granitoïdes, les filons et les complexes métamorphiques (Affaton, 1990) (Figure 1).



**Figure 1:** carte de l'aperçu géologique du secteur d'Assiyo (extrait de la carte géologique du Bénin réalisée par le BRGM à 1/1 000 000



### III. APPROCHE METHODOLOGIQUE

#### 3.1 MATERIELS

Outre le matériel classique de terrain (cartes topographiques et géologiques, marteaux de géologue et marteaux masses, boussole, GPS, loupe, burin, sachets d'échantillonnage, pioches...), le matériel ci-après sera utilisé dans le cadre des travaux.

##### 3.1.1 Matériels de terrain

- un véhicule 4x4 tout terrain pour le transport de l'équipe, des matériels et des échantillons;
- deux drones pour l'observation et la photographie aériennes des affleurements.

##### 3.1.2 Matériels de laboratoire

- Une étuve pour le séchage des échantillons ;
- un concasseur pour le concassage des gros échantillons ;
- un pulvérisateur pour le broyage à maille fine des échantillons ;
- un spectromètre d'absorption atomique à flamme (XRF) pour déterminer les teneurs en éléments chimiques des échantillons de roches;
- une balance de précision pour les pesées ;
- un pycnomètre pour la détermination de la masse volumique réelle.

#### 3.2 METHODOLOGIE

L'approche méthodologique mise en œuvre pour cette étude, a été basée sur la recherche documentaire, les entretiens, les travaux de terrain, les travaux de laboratoire et enfin le traitement et interprétation des données.

##### 3.2.1 La recherche documentaire

Elle a consisté en la consultation d'ouvrages, d'articles, de rapports d'activités des services géologiques, de mémoires, de thèses et de journaux dans les bibliothèques et centres de documentation de l'Office Béninois de



Recherches Géologiques et Minières (OBRGM), du Centre Béninois de la Recherche Scientifique et de l'Innovation (CBRSI), du Centre National d'Essai et de Recherche en Travaux Publics (CNERTP), de la Direction Générale des Mines (DGM), de la Faculté des Sciences et Techniques (FAST)/Département des Sciences de la Terre, de l'Institut Géographique National (IGN) et aussi sur l'internet à travers les bases de données en ligne tels que ARDI, OARE et GOALI.

### 3.2.2 Les travaux de terrain

#### *Travaux géologiques sur les gisements*

- Visites du gisement et son étude sur plusieurs plans (coordonnées GPS, qualité des affleurements, estimation de l'épaisseur du recouvrement importance des fracturations etc...) ;
- Photographie aérienne aux drones des affleurements (drones) ;
- Estimation des dimensions de blocs extractibles après appréciation des effets des contraintes tectoniques sur les affleurements ;
- Echantillonnage pour les tests physico-mécaniques, l'étude minéralogique, et microstructurale.

### 3.2.3 Travaux de laboratoire

La méthodologie de caractérisation pétro-physique des matériaux étudiés est basée sur deux principes essentiels :

- une étude pétrographique et minéralogique fine qui a permis une bonne reconnaissance de la roche étudiée. Il s'agit de la réalisation de lames minces et de dosage des éléments majeurs. Les lames minces ont été faites au Niger, tandis que le dosage des éléments majeurs l'a été en Côte d'Ivoire au laboratoire de la Société pour le Développement Minier de la Côte d'Ivoire (SODEMI). Les résultats ont été mis à notre disposition pour exploitation ;
- des tests physico-mécaniques notamment la masse volumique, la porosité, l'absorption d'eau et la compacité. Ces différents tests ont été faits ici au Bénin au Centre National d'Essai et de Recherche en Travaux Publics (CNERTP) agence de Bohicon. Quant aux résultats des tests de Los Angeles et de micro-deval ils ont été mis à notre



disposition par l'Office Béninois de Recherche Géologiques et Minières (OBRGM) ;

Pour la détermination de de la masse volumique réelle, la porosité et l'absorption hydraulique le processus expérimental établi a été rigoureusement suivi.

## IV.RESULTATS

### Description du site

Situé dans la Commune de Dassa dans l'arrondissement de Paouignan à environ 15km de la RNIE 2, le marbre d'Assiyo, a déjà fait l'objet de quelques campagnes de reconnaissance et même de détermination des propriétés mécaniques notamment par l'OBRGM. On accède au gisement par la voie Paouignan-Zagnanado. Dans le cadre de nos travaux, les affleurements étudiés et échantillonnés sont situés aux points de coordonnées géographiques A: N 07°33'04,00'' ; E 002°18'01,8'' ; B:N07°33'06,4'' ; E 002°17'59,2'' ; C : N 07°33'09,3'' ; E 002°18'00,1''. Ils sont accessibles par une piste étroite longue d'environ 1,5 km de la voie carrossable en cours de bitumage Paouignan-Zagnanado (figures 2 et 3). Les activités agricoles prédominantes du milieu sont les cultures du coton, d'igname et de plantation de teck.



Planche 2: Voie en cours de bitumage

### 4.1 Géologie

Les résultats de notre étude rejoignent ceux des anciens travaux de



cartographie géologique et de prospection minière de reconnaissance au Sud du 9<sup>e</sup> parallèle réalisés par Breda (1986) et les études de reconnaissance effectuées par ADJINONKOU C. A. & all. (2005), sur la présence de marbre au Sud de Paouignan où trois prospects avaient été identifiés : prospect d'Assiyo, de Mousoun et celui de Gossoé tous situés au sud d'Assiyo. Au cours de la présente étude, seul le prospect d'Assiyo comportant plusieurs affleurements de marbre a été visité. Dans le secteur d'étude les formations géologiques les plus répandues sont les gneiss (roche encaissante du marbre), puis minoritairement les pegmatites et les quartzites (figure 8 ci-dessus). Dans les lits des rivières, les gneiss apparaissent très altérés. Dans ces gneiss, sont intercalés marginalement des bancs de quartzites à micas blancs. Quant au marbre, il affleure généralement en bancs épais d'orientation générale N130° à N180° mais de morphologies variables (figures 4 & 5). Des bancs d'épaisseurs aussi variables sont généralement mis à nu par le biais des rivières. Des blocs épars de marbre sont aussi rencontrés dans le secteur. Ces derniers sont caractérisés par des fentes multidirectionnelles et superficielles probablement dues à l'altération météorique (figures 6 & 7).



Figure 1: Affleurement en banc homogène



Figure 2: Affleurement en banc faiblement tectonisé

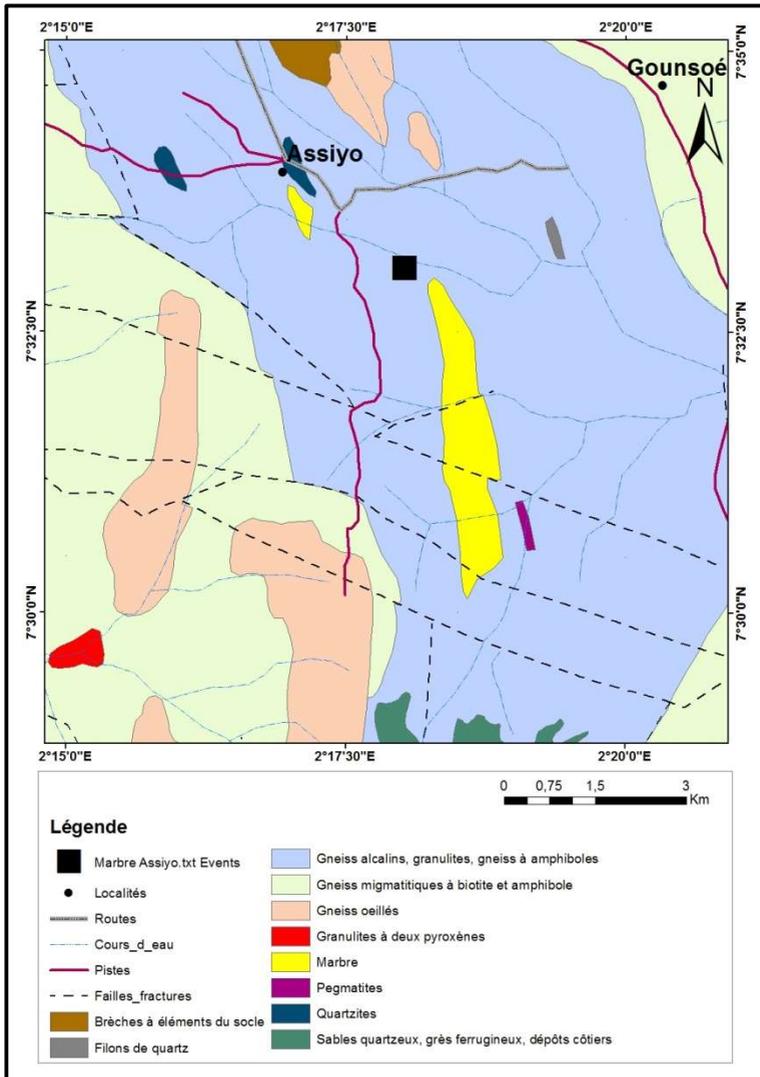


Figure 3: Grandes marques d'altération météorique



Figure 4: Petites marques d'altération météorique

**Planche 1 :**



**Figure 3:** Carte géologique détaillée du secteur de marbre d'Assiyo



Sur les affleurements, on observe très peu de fractures. Celles observées montrent les orientations et pendages ci-après :

A: N130°- 35°SW; B: N170°; N160°; C: N0° -75°E.

Au regard de la dimension plus ou moins considérable de la taille des blocs observés et de la faible fracturation en surface de la roche, il est très probable d'extraire des blocs marchands de dimensions supérieures au mètre cube.

## 4.2 Roche

### ❖ Pétrographie

### ✓ Examen macroscopique de la roche

Le site prospecté s'étend sur environ 100 m<sup>2</sup> et densément couvert par la végétation (figure 9). Les affleurements montrent des roches bien compactes, finement cristallisées et sans altération. A la cassure les couleurs varient du blanc (figure 10A) à gris-verdâtre (figure 10B). Sur d'autres blocs, les parties riches en minéraux ferromagnésiens (olivine) se distinguent des parties fortement carbonatées de par l'alternance de litage de colorations claires et sombres (figure 10C).



Figure 4: Vue aérienne du site de marbre d'Assiyo



**Figure 5 : Photographies des différentes variétés de marbre d'Assiyo**  
*A : marbre blanc ; B : marbre gris-verdâtre ; C : marbre rubané*

✓ **Examen microscopique des lames minces du marbre d'Assiyo**

Cette étude vise à observer plus en détail la texture, non seulement l'organisation et la nature des minéraux constitutifs du marbre d'Assiyo mais aussi la nature microstructurale de cette roche. Au microscope, l'observation des lames minces réalisées sur les échantillons de marbre du secteur montre deux textures fondamentales : la texture porphyroclastique (figures 10, 12, et 14) et la texture granoblastique (figure 13). Les minéraux présents sont entre autres la calcite, l'olivine, la forstérite, le quartz et les minéraux accessoires. Les gros cristaux d'olivine sont xénomorphes et

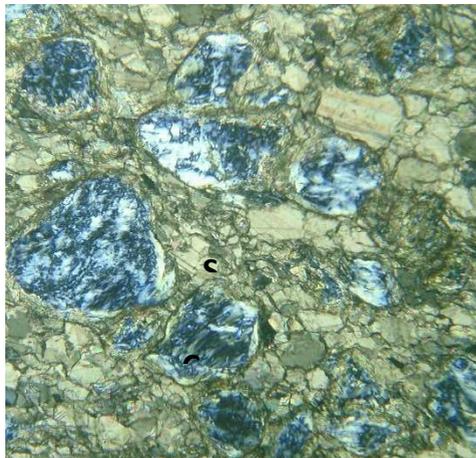


baignent dans une matrice constituée de petits cristaux de calcite (figure 10).

La présence de la forstériste ( $Mg_2SiO_4$ ) serait due à un métamorphisme progressif qui aurait affecté la dolomite et le quartz qui à leur tour se sont interagis pour former la forstériste, la calcite et le dioxyde de carbone suivent l'équation :



A l'analyse microstructurale, certaines lames présentent plusieurs générations de fractures. Des micros fractures ouvertes (figure 11 et 14) mais également celles avec remplissage de calcite finement recristallisée (figures 11). De grandes fractures sont aussi observées avec remplissage de petits cristaux de calcite colorée recristallisée (figure 12). Ces fractures sont observées notamment au niveau des lames minces du marbre blanc et du marbre rubané.



**Figure 6 :** lame mince du marbre gris-verdâtre d'Assiyo montrant de gros cristaux d'olivine serpentinisés dans une matrice calcitique  
Ca = Calcite ; Srp = Serpentine



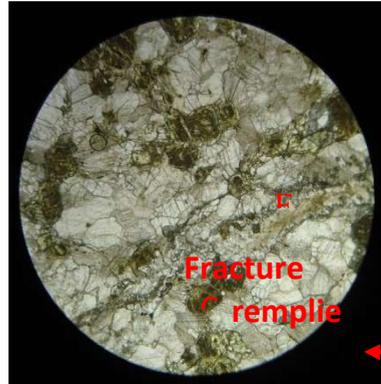
Fracture

Fracture

fermée

Figure 7: Lame mince du marbre rubané d'Assiyo montrant deux générations de fractures perpendiculaires

Ca = Calcite ; For = Forstériste



Fracture

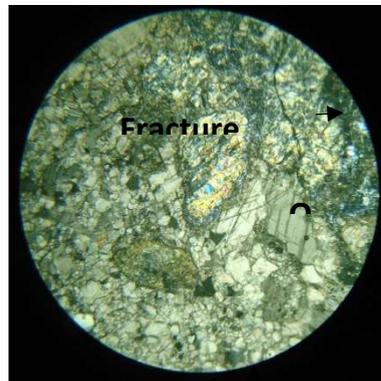
remplie

Figure 8: Lame mince du marbre rubané d'Assiyo montrant de grandes fractures remplies de calcite colorée recristallisée



Figure 9: Lame mince du marbre blanc d'Assiyo montrant la texture granoblastique de la roche

Ol = Olivine ; Ca = Calcite ; Op = Minéraux opaques



Fracture

Figure 10: Lame mince du marbre blanc d'Assiyo montrant une fissure ouverte et de phénocristaux d'olivine



### ❖ Propriétés physico-mécaniques

Afin de déterminer quelques paramètres spécifiques du marbre d'Assiyo, des essais ont été réalisés. Les résultats desdits essais (tableau 1), nous ont permis de qualifier le marbre d'Assiyo en comparaison avec les données existantes.

**Tableau 1:** Paramètres physico-mécaniques du marbre d'Assiyo en comparaison avec les valeurs du marbre d'Idadjo, de PESCHEL, de PRINOS et de Carrare

Paramètres Nom de la roche	Masse volumique (g/cm <sup>3</sup> )	Porosité (%)	Absorption hydraulique (%)	Compacité (%)
Marbre d'Assiyo	2,85	00	0,27	100
Marbre d'Idadjo	2,78	1,26	0,49	98,74
PESCHEL	2,60 - 2,76		0,05 - 1,50	
PRINOS (Grès)	2,76		0,14	
Carrare (Italie)	2,75	0,41	0,15	99,59

L'examen du tableau 1 montre que le marbre d'Assiyo est plus dense que les autres marbres en présence. Ce marbre est aussi moins poreux que le marbre d'Idadjo et celui de Carrara. Il est même plus compact que le marbre de Carrara qui est une pierre de haute qualité, mondialement reconnu sur le marché des pierres ornementales. En revanche, du point de vue absorption hydraulique il est moins bon que PRINOS et Carrare. Au total, le marbre d'Assiyo est dense, très peu poreux et très peu absorbant. En définitive, mais sous réserve des résultats des tests complémentaires (résistance à la compression, à l'usure, au choc et à la flexion) on peut conclure que le marbre d'Assiyo présente des caractéristiques requises pour être utilisé sous n'importe quelles conditions climatiques et dans diverses parties d'une construction. Il peut également servir à la fabrication de divers objets de décoration ou d'ornementation. Il est à noter cependant que son utilisation sous des pluies acides est déconseillée vu sa nature calcaire. De même, vue la présence de microfractures sur certaines de ses lames minces, il est nécessaire d'approfondir les analyses microstructurales pour évaluer les possibles altérations de la pierre après sa mise en valeur.



## A. Produits et réserves

Suivant les faciès, deux à trois variétés de marbre peuvent être produites à partir de ce gisement : le marbre blanc, gris-verdâtre et rubané. Mais, il faudra vérifier si la roche se laisse bien découper et supporte aussi toutes les méthodes de traitement : polissage à reflet, ponçage, brûlage, moirage et sablage. Les essais de sciage réalisés sur un échantillon de ce marbre ont donné de très beaux polis (photo 24). Au demeurant, avec les valeurs des paramètres physico-mécaniques excellents obtenus (tableau 6), toute la gamme de produits en pierres ornementales devrait être faisable. Quant aux réserves en marbre du secteur, bien que des valeurs prouvées ne soient pas encore disponibles, on peut néanmoins sur la base de nos observations et des conclusions des anciens travaux affirmer qu'un gisement important peut être obtenu dans le secteur.



Figure 11: Marbre brut d'Assiyo



Figure 12: Aspect après polissage

## V. SYNTHÈSE

Les résultats obtenus au cours de nos travaux permettent de constater que suivant le contexte géologique du Bénin, le marbre d'Assiyo appartient au socle cristallin caractérisé par des formations cristallines et cristallophylliennes. A l'affleurement la formation est peu fracturée. Mais, étant donné qu'elle est recouverte d'altérites, l'appréciation réelle de l'importance des fractures ne pourra être possible qu'après des travaux de recherches géologiques détaillées. De l'étude pétrographique réalisée, il ressort que le marbre d'Assiyo varie aussi bien du point de vue minéralogique que structurale.



La roche est de couleur blanche à gris-verdâtre et finement cristallisée. Les lames minces montrent plusieurs générations de fractures. Certaines sont remplies par la calcite recristallisée mais par contre d'autres sont vides. Les minéraux identifiés sont entre autres la calcite, la dolomite et la forstérite.

Du point de vue pétrophysique, la roche présente des paramètres assez intéressants. Suivant les critères de sélection des roches de CIRIA C683 (tableau 12) la roche est de qualité excellente par rapport à sa masse volumique, sa porosité et son absorption hydraulique. Les réserves sont à déterminer. Cependant, les anciens travaux de recherches géologiques menés sur ce marbre soulignent l'existence probable d'un gisement important.

**Tableau 2:** CIRIA C683 Table for Estimating Rock Quality

Criteria	Reference	Excellent	Good	Marginal	Poor	Mbr. Assiyo
Mass density, rock (g/cm <sup>3</sup> )	EN 13383-2 : 2002	> 2.7	2.5 - 2.7	2.3 - 2.5	< 2.3	2,85
Water absorption (%)	EN 13383-2 : 2002	< 0.5	0.5 - 2.0	2.0-6.0		0,27
Porosity (%)	Lienhart (2003)	< 2	2 - 6	6 - 20	> 20	0
Lossageless (% loss)	EN 1097-2 : 1998	< 15	15-25	25-35	> 35	-
Micro-Déval (% loss)	EN 1097-1 : 1996	< 10	10 - 20	20 - 30	> 30	-

*Source :* Construction Industry Research and Information Association (CIRIA), CUR, CETMEF (2007)

## CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Les résultats des analyses chimiques et d'essais pétro-physiques effectués sur le d'Assiyo, nous permettent d'affirmer, sous réserves des résultats des études complémentaires nécessaires, que cette roche est de très bonne qualité et peut être utilisée en divers matériaux respectant le label de l'art,



de la qualité et de la durabilité. Comparées à des marbres reconnus internationalement pour leur qualité avérée sur le marché international des pierres de taille (marbres PRINOS en Grèce, marbre carrare de Carrara en Italie la roche étudiée dans le cadre de ce travail présente des caractéristiques requises pour être utilisées sous n'importe quelle condition climatique et dans diverses parties d'une construction. Il peut en plus de cette utilisation servir à la fabrication de divers objets de décoration ou d'ornementation. Au regard de ces résultats encourageants obtenus, il est recommandé que :

- ❖ des études cartographiques soient menées pour déterminer les extensions et les réserves de ce marbre ;
- ❖ des études détaillées sur les réseaux de fracturations ayant affectés cette roche soient menées afin de proposer des méthodes et techniques d'extraction de blocs rocheux en vue de l'augmentation de la rentabilité des travaux d'exploitation et de façonnage de la roche ;
- ❖ des tests petrophysiques et des analyses chimiques complémentaires soient effectués pour affiner la qualité de la pierre ;

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Adjinonkou C. A. & all, (2005)** : travaux de recherche préliminaire sur les indices de marbre d'Assiyo – Gossoe. Rapport de mission, 16p ;
2. **Affaton P. (1990)** : le bassin des volta (Afrique de l'ouest) : une marge passive, d'âge protérozoïque supérieur, tectonisée au panafricain (600 ± 50 ma). Volume I et II édition de l'ORSTOM ; Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération. Collection Etudes et Thèses Paris 1990, 499 p ;
3. **Amrani I.E. El & Azhari H. El, (2009)** : évaluation des propriétés physico-mécaniques des pierres de construction du Maroc à partir des vitesses des ondes P et de la résistance au choc, 41-53p. ;
4. **Atlan Y., (1978)** : catalogue des essais géotechniques exécutés au laboratoire géotechnique d'Orléans, 34p. ;
5. **BGR, 2000** : recensement et évaluation des gisements sélectionnés en pierres ornementales en république du Bénin, 184p ;
6. **BRGM/RP-53722-FR, (2005)** : étude de préfaisabilité d'une filière roches ornementales à la Réunion. Rapport final, 95p ;
7. **Challa D., Adjo Kanon B. et Noudeke M. (2008)** : reconnaissance des indices de marbre à Bagbononhoué (Département du Zou), Montèwo et Atata (Département des Collines). Rapport de mission, OBRGM, 20p. ;



8. **CIRIA, CUR, CETMEF (2007)**. the Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition). C683, CIRIA, London ;
9. **Commete E., (2014)** : marbre de Lanta et de Gbagbononhoué : étude pétrographique et structurale, tentatives de leur mise en valeur et perspectives. Mémoire de Master en Géosciences et Applications, 46 p ;
10. **IRB (1989)** : notice explicative de la carte géologique à 1/200 000 feuille Pira-Savè, Abomey-Zagnanado, Lokossa-Porto Novo ; 1<sup>ère</sup> édition, Mémoire N°3, 77 p ;
11. **Karl-Jochen S. & Reinhard K. (2000)** : recensement et évaluation des gisements sélectionnés en pierres ornementales en République du Benin, 184 p ;
12. **kotchoni o., (2013)** : le marbre d'Atome-Lonkli : caractéristiques géologiques et perspectives de mise en valeur. Mémoire de master professionnel en géosciences et applications, 66p ;
13. **Langer W. H., (2012)** : potentiel d'exploitation minière industrielle : U. S. Geological Survey ; 29p ;
14. **Marteau P., (1989)** : dolomie, magnésite et produits dérivés à usage industriel et agricole : mémento roches et minéraux industriels, 33 p ;