

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

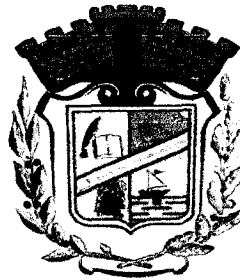
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة مستحمام الصديق بن يحيى  
كلية علوم الطبيعة والحياة  
المكتبة  
رقم الجرد : 1877

جامعة جيجل  
Université de Jijel

Faculté des Sciences Exactes  
et des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences de la Terre  
et de l'Univers



كلية العلوم الدقيقة  
و علوم الطبيعة و الحياة  
قسم علوم الأرض و الكون

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'État en Géologie

Option : Géologie de l'ingénieur.

Thème

**Les granulats de la carrière d'El Milia, pétrographie  
des roches, caractéristiques géométriques et  
géomécaniques des produits dérivés**

Présenté par :

- LIAOURACI Wahid

- ZEROUAL Yassine

Soutenu publiquement le : 27/06/2012

Devant le jury composé de :

Président : EH. Boukaoud  
Examineur : Y. Rouikha  
Encadreur : H. Tebib  
Co encadreur : A. Bouzenoune



## *Remerciements*

*Nous remercions tout d'abord Dieu qui nous a donné le courage et la Santé durant les années d'études.*

*Nos vifs remerciements s'adressent tout d'abord à nos encadreurs de Mémoire : M. Abdou MALIQ pour leur conseil tout au long de ce travail et M. Abdou MALIQ.*

*Nous tenons aussi à remercier le chef du département de géologie M. Abdou MALIQ, et l'ensemble des enseignants de Géologie, pour les conseils qu'ils nous ont donné toutes les années. Pour leur participation a notre formation.*

*Les membres du laboratoire de géologie, et de Génie Civil, et de Génie Mécanique, les employés et le directeur de la direction des mines de Jijel, et de la Carrière d'El Milia.*

*Nous voudrions remercier une partie de nos camarades de promotion de 2011/2012, pour leur bonne humeur permanente et le soutien qu'ils nous ont apporté.*

*Sans oublier à remercier les membres du jury qui ont bien voulu accepter d'examiner ce modeste travail.*

*Enfin a tous ceux qui nous ont aidé*

# DEDICACES

*Je dédie ce mémoire :*

*A ma très chère mère qui  
m'encourage toujours*

*A mon père Pour son soutien  
morale et matériel*

*A mes frères et sœurs*

*A toute ma famille*

*A mes amis*

*A ma cousine qui m'aide toujours*

# DEDICACES

*Je dédie ce mémoire :*

*A ma très chère mère*



## **Résumé**

Le gisement faisant l'objet de notre étude est encaissé dans une formation éruptive, représenté essentiellement par des microgranites et des microdiorites, en effet La carrière d'El Milia (Bouzekri R.) est située à 72 kilomètres du chef-lieu de la wilaya de Jijel, au sixième kilomètre d'El Milia sur la route D39 (route de Collo) au lieu dit Bouamrane, à environ 3 kilomètres de la voie ferrée reliant Jijel-Constantine. L'accès à la carrière se fait par la RN 43 et CW 370.

La wilaya de Jijel a connu une évolution progressive de production des granulats, 45000 m<sup>3</sup> en 2001 jusqu'à 610000 m<sup>3</sup> en 2011 ; malgré cette évolution progressive, la production ne couvre que 34% des besoins durant les dernières cinq années, ce qui fait largement appel à l'importation des granulats destinés au domaine des travaux publics et de bâtiment depuis les wilayas limitrophes.

L'analyse pétrographique, nous a permis de confirmer des observations macroscopiques et d'appréhender la texture interne de la roche qui aura conséquences certaines sur le comportement de la roche entière sous les diverses sollicitations externes.

Les essais géotechniques effectués dans le cadre de ce mémoire sur les granulats de la carrière d'El Milia ont mis en évidence une granulométrie étalée pour le sable 0/3 et GNT 0/20 et une autre serrée pour les classes granulaires (3/8, 8/15, 15/25), avec une appellation réelle respective de 3/8, 8/20 et 16/31,5.

Les gravillons 15/25 présentent des coefficients d'aplatissements inférieurs ou égaux à 15 % les fractions 3/8, 8/15 ne repend pas aux exigences des enduits superficiels pour la couche de roulement et des taux de propreté conforme aux spécifications préconisées par les CPS type en Algérie.

La propreté du sable (ES = 65.2 %) est conforme aux spécifications de même pour le sable de la GNT (ES ≥ 40 %).

Les granulats de la carrière de la carrière d'El Milia ont des masses volumiques réelles comprises entre 2,4 et 2,5 t/m<sup>3</sup> caractérisant des granulats courants et représentatives de celles des roches éruptives (microgranites, microdiorites),

Les résultats des essais mécaniques, nous ont permis de conclure que les granulats de la carrière d'El Milia présentent une résistance au choc et à l'usure très satisfaisante. Les résultats obtenus (LA, MDE) et la résistance en compression (Rc) sont respectivement : 22.5 %, 17.77 % et 505 bars. La valeur de Rc montre que la roche magmatique exploitée au niveau de la carrière présente une résistance à la compression très satisfaisante et conforme aux spécifications préconisées par les CPS type en Algérie.

---

**Summary:**

The deposit at El Milia subject of our study cashed in an eruptive formation, represented mainly by microgranites and microdiorites, whose career of El Milia (Bouzekri R.) is located 72 kilometers from the capital of the Jijel, the sixth kilometer of El Milia on the road D39 (Route de Collo) at the locality Bouamrane, about 3 kilometers from the railway linking Jijel-Constantine. Access to the quarry is via national road RN 43 and 370 CW. Petrographic analysis, we confirmed the macroscopic observations and to understand the internal texture of the rock that has some consequences on the behavior of the whole rock under various external loads.

Geotechnical testing conducted as part of this thesis on aggregates from the quarry of El Milia showed a graded sand for 0/3 and GNT 0/20 and another close to the granular classes (3/8 . 8/15, 15/25), with a real name respective 3/8, 8/20 and 16/31, 5. The chippings 15/25 have coefficients of flattening at or below 15% fractions 3/8, 8/15 does not repent of the requirements for surface dressing and the wearing rates of cleanliness meets the specifications recommended by the CPS type in Algeria.

Clean sand (ES = 65.2%) meets the same specifications for the sand of the GNT (ES  $\geq$  40%). Aggregates of the career of the career of El Milia have densities between 2.4 and actual 2.5 t/m<sup>3</sup> characterizing Dense and representative of those eruptive rocks (microgranites, microdiorites)

The results of mechanical tests, we have concluded that the aggregates from the quarry of El Milia are resistant to shock and wear very well. The results obtained (LA, MDE) and the compressive strength (Rc) is respectively: 22.5%, 17.77% and 505 bars. The value of Rc show that the igneous rock used at the career of El Milia (Bouzekri R.) has a compressive strength very satisfactory and meets the specifications recommended by the SPC type in Algeria.

---

---

# SOMMAIRE

## CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS

I.1. Introduction .....	1
I.2. Définition des granulats .....	2
I.2.1. Granulats naturel.....	2
I.2.2. Granulats artificiels.....	2
I.2.3. Granulats recyclé.....	2
I.2.4. Granulats concassés .....	2
I.2.5. Granulats roulés .....	2
I.3. Classification et Nomenclature.....	2
I.4. Utilisation des granulats .....	3
I.5. Marché des granulats dans la wilaya de Jijel .....	4
I.5.1. Introduction .....	4
I.5.2. Evolution de la production des granulats dans la wilaya de Jijel.....	4
I.5.2.1. Granulats produits localement.....	5
I.5.2.2. Granulats provenant des wilayas voisines.....	7
I.5.2.3. Évolution de la production au niveau du gisement d'El Milia.....	7
I.6. Processus d'extraction ou d'exploitation des granulats.....	9
I.6.1. Introduction .....	9
I.6.1. Découverte .....	9
I.6.2. Extraction de la matière première .....	9
I.6.2.1. L'extraction en terrain meuble.....	9
I.6.2.2. En site immergé (milieu hydraulique) .....	9
I.6.2.3. L'extraction des roches massives .....	9
I.6.3. L'abattage.....	10
I.6.4. Le transfert vers les installations de traitement.....	10
I.6.5. Traitement des granulats .....	10
I.6.5.1. Le concassage.....	11
I.6.5.2. Le criblage .....	11
I.6.5.3. Le lavage.....	12
I.6.5.4. Stockage et livraison.....	13
I.6.6. Réhabilitation du site.....	13
I.7. Processus de fabrication de granulats dans la carrière d'El Milia.....	14
I.7.1. L'extraction des roches .....	14
I.7.2. Transfert des matériaux vers les lieux de traitement.....	14
I.7.3. Traitement des granulats pour obtenir les produits finis.....	15
Planche I.....	16

## CHAPITRE II : ÉTUDE GÉOLOGIQUE

II.1 CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL.....	18
II.1.1. Introduction.....	18
II.1.2. Les zones internes .....	18

II.1.3 Les zones externes .....	18
II.1.4 Les grands traits géologiques de la petite Kabylie.....	18
II.1.4.1 Le socle Kabyle .....	19
II.1.4.2 La dorsale Kabyle .....	19
II.1.4.3 L'Oligo Miocène Kabyle et les Olistostromes .....	19
II.1.4.4 Les séries à caractères des flyschs .....	20
II.1.4.5 le flysch numidien.....	20
II.1.4.6 les séries telliennes .....	20
II.1.4.7 le Miocène post nappe .....	20
II.1.4.8 les Roches magmatiques.....	21
II.2. CADRE GEOLOGIQUE LOCAL.....	23
II.2.1. Introduction .....	23
II.2.2. Kabylie de Collo.....	23
II.2.2.1 Description générale.....	23
II.2.2.2 Les roches granitiques tertiaires.....	24
II.2.2.3 Les formations Eocènes et Oligocènes inférieures .....	24
II.2.2.4 Les schistes cristallins .....	24
II.2.2.5 Les terrains post-nummulitiques.....	25
II.2.3. massif d'El Milia .....	25
II.2.3.1 Lithostratigraphie succincte .....	25
II.2.3.2 Les formations Paléozoïques.....	25
II.2.3.3 Les formations Triasiques .....	25
II.2.3.4 Les formations Jurassiques.....	25
II.2.3.5 Les formations du Crétacé.....	26
II.2.3.6 Les formations du Paléogène .....	26
II.2.3.7 Les formations du Néogène .....	26
II.2.3.8 Les formations du Quaternaire.....	26
II.2.4 Les principaux affleurements de roches magmatiques de la région d'El Milia.....	26
II.2.4.1 Le massif de Béni Toufout .....	26
II.2.4.2 Les microgranites d'El Milia .....	26
II.3 Localisation géographique de la carrière d'El Milia .....	27
II.3.1 Topographie, Relief, hydrologie, végétation du secteur.....	27
II.3.2 Lithologie du gisement d'El Milia.....	30
II.3.3 Caractéristiques géologiques de la carrière d'El Milia .....	30
II.3.4 Description pétrographique des roches magmatiques de la carrière .....	30
<b>CHAPITRE III : ÉTUDE PETROGRAPHIQUE DE LA ROCHE MASSIVE</b>	
III.1. Identification pétrographique des roches .....	31
III.2. Introduction .....	31
III.2.1 Quelques définitions .....	31
III.2.1.1. La pétrographie.....	31
III.2.1.2. Les roches magmatiques (Eruptives) .....	31
III.2.2. Les principales textures des roches éruptives .....	32



III.2.3. Nomenclature des roches éruptives .....	32
III.3 Analyse pétrographique des roches de la carrière d'El Milia à l'échelle du front de taille .....	33
III.3.1 Caractéristiques macroscopiques de la roche.....	33
III.3.2. Analyse microscopique de la roche.....	33
III.3.2.1. La réalisation des lames minces de la roche et matériel utilisés.....	33
III.3.2.1.1.Préparation du sucre.....	33
III.3.2.1.2. Imprégnation.....	33
III.3.2.1.3.état de surface (dressage) .....	33
III.3.2.1.4.Collage.....	34
III.3.2.1.5.Sciage.....	34
III.3.2.1.6.Rodage.....	34
III.3.2.1.7.Rodage final.....	34
III.3.2.2.Matériel utilisé .....	34
III.3.3 Observation microscopique de la roche .....	34
III.3.3.1 premier échantillon.....	34
III.3.3.2 Deuxième échantillon.....	35
III.3.4 Synthèse d'analyse macro et microscopique (nomenclature de la roche) .....	36
III.4 L'influence de certains facteurs sur la qualité des roches exploitées en tant que matériaux de construction.....	37
III.4.1. Composition minéralogique.....	38
III.4.2. La taille des grains.....	39
III.4.3. L'impact de la tectonique.....	39
III.4.4. La présence de minéraux d'altération .....	41
III.5 Problème de réactivité des granulats .....	41
III.5.1 Définition de la réaction alcali-granulats .....	41
III.5.2 Les conditions des réactions alcali-granulats .....	41
III.5.3 Les type de réactions alcali-granulats .....	41
III.5.4 Mécanisme des réactions.....	42
III.5.5 Les dégâts.....	43
III.5.6 Les réactions alcali-granulats affectent le microgranite d'El Milia .....	43
Planche III.....	44

## **CHAPITRE IV : CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES ET GÉOMÉCANIQUES**

IV.1. Introduction.....	48
IV.2 Echantillonnage et préparation de spécimens pour essai (P18-553) .....	49
IV.2.1. Séparation par quartage.....	49
IV.2.2. Séparation au moyen de diviseurs .....	49
IV.2.3. Choix de la méthode de préparation .....	50
IV.2.4. Nombre de partages .....	50
IV.3. Caractéristiques géométriques des granulats .....	51
IV.3.1. Introduction.....	51
IV.3.2. Analyse granulométrique .....	51

IV.3.2.1. Introduction .....	51
IV.3.2.2. Discussion des résultats .....	52
IV. 4 La forme et l'aplatissement des granulats ; Coefficient d'aplatissement .....	53
IV.4.1 Introduction .....	53
IV.4.2 Mesure du coefficient d'aplatissement.....	53
IV.4.3 Procédé de l'essai selon la norme NF P. 18-561 .....	54
IV.4.4 Discussion des résultats .....	54
IV.5 Caractéristiques physico-chimiques.....	55
IV. 5.1 Masse volumique des granulats.....	55
IV.5.1.1 But de l'essai .....	55
IV.5.1.2 Méthode de l'éprouvette graduée .....	55
IV.5.1.3 Discussion des résultats .....	56
IV.5.2 Mesure de la propreté du Sable (Essai d'équivalent de sable).....	56
IV.5.2.1 But de l'essai.....	56
IV.5.2.2 Discussion des résultats .....	56
IV.5.3 Grave non traité(GNT) .....	60
IV.6 Caractéristiques géomécaniques (résistance mécanique des granulats).....	61
IV.6 1 Introduction.....	61
IV.6.2 La résistance à la fragmentation par choc : Essai Los Angeles.....	61
IV.6.2.1 But de l'essai .....	61
IV.6.2.2 Discussion des résultats .....	62
IV.6.3 La résistance à l'usure des gravillons : essai Micro-Deval en présence d'eau.....	63
IV.6.3.1 But de l'essai.....	63
IV.6.3.2 Discussion et interprétation des résultats.....	64
IV.7 Résistance à la compression.....	64
IV.7.1 Exécution de l'essai.....	64
IV.7.2 Discussion et interprétation des résultats .....	65
IV.8.La résistance au choc.....	65
IV.8.1.Essai sclérotique .....	65
IV.8.2 Discussion et interprétation des résultats .....	65
IV.9 Conclusion.....	66
Planche VI.....	68
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE ET RECOMMANDATION.....</b>	<b>69</b>

## **ANNEXES**

### **RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE**

# LISTE DES TABLEUX

## CHAPITRE I

<i>Tableau (I-1) : présentation de divers projets de réaménagement des carrières.....</i>	<i>14</i>
---	-----------

## CHAPITRE III

<i>Tableau(III.1) : caractéristiques des magmas granitiques et basaltiques.....</i>	<i>31</i>
---	-----------

<i>Tableau (III.2) : Classification des roches éruptives et de leur composition minéralogique.....</i>	<i>32</i>
--	-----------

<i>Tableau(III.3) : Type lithologique des matériaux rocheux sous sol houices de la région de Liegeoise (Léon la Iembert, 1974) in Tebib (2002).....</i>	<i>38</i>
---	-----------

<i>Tableau(III.4) : influence de la lithologie sur l'évolution des divers paramètres Rc, Ri, Ed, E. (Calembert, 1974) in Tebib (2002).....</i>	<i>38</i>
--	-----------

<i>Tableau(III.5) Les principaux minéraux et roches réactifs. (Kurt Hermann ; 2000).....</i>	<i>42</i>
--	-----------

## CHAPITRE IV

<i>Tableau(IV.1) : Nomenclature des granulats selon les nouvelles normes européennes.....</i>	<i>48</i>
---	-----------

<i>Tableau (IV.2) : Tableau récapitulatif des résultats d'exploitation des courbes granulométriques des différentes fractions.....</i>	<i>52</i>
--	-----------

<i>Tableau (IV. 3) : Résultats de mesure du coefficient d'aplatissement de la classe granulaire 3/8 ; 8/15 ; 15/25 de la carrière d'EL MILIA (bouzakri Rabah) labo des matériaux département STU université de Jijel (2012).....</i>	<i>55</i>
--	-----------

<i>Tableau (IV. 4) : Tableau récapitulatif des spécifications préconisées par les CPS Type en Algérie relatives au coefficient d'aplatissement des gravillons.....</i>	<i>56</i>
--	-----------

<i>Tableau (IV. 5) : tableau récapitulatif des résultats de mesure de la masse volumique réelle des sables et des gravillons « pr » labo des matériaux- département STU (2012).....</i>	<i>58</i>
---	-----------

<i>Tableau (IV. 6) : Résultats des mesures d'équivalent de sable de la classe 0/3 de la carrière d'El Milia labo des matériaux département STU université de Jijel (2012).....</i>	<i>59</i>
--	-----------

<i>Tableau (IV. 7) : Tableau récapitulatif de la nature et de la qualité du sable en fonction de la valeur ESP et ESV (D'après le Nouveau guide du béton, D. Georges et J. festa, 1995).....</i>	<i>59</i>
--	-----------

<i>Tableau (IV. 8) : Tableau récapitulatif des spécifications préconisées par les CPS Type en Algérie relatives à la propriété des sables « F<sub>g</sub> » .....</i>	<i>60</i>
---	-----------

<i>Tableau(IV.9) : Tableau récapitulatif des résultats de mesure du coefficient Los Anglos « LA ».....</i>	<i>62</i>
--	-----------

<i>Tableau(IV.10) : Tableau récapitulatif des spécifications préconisées par les CPS Type en Algérie relatifs au coefficient Los Angeles « LA » .....</i>	<i>62</i>
---	-----------

<i>Tableau(IV.11) : Tableau récapitulatif des résultats de mesure de Micro-Deval(MDE).labo de matériaux département de géologie et labo génie civil département labo génie civil-université de Jijel.06mai2012.....</i>	<i>63</i>
---	-----------

<i>Tableau(IV.12) Correspondances entre classes granulaires et charges abrasives (selon la norme française NF P.18 – 572).....</i>	<i>63</i>
--	-----------

<i>Tableau (IV.13) : Tableau récapitulatif des spécifications préconisées par les CPS Type en Algérie relatives au coefficient Micro Deval « MDE » .....</i>	<i>64</i>
--	-----------

<i>Tableau (IV.14) : Tableau récapitulatif des spécifications préconisées par les CPS Type en Algérie relatifs à résistance à la compression « Rc » .....</i>	<i>65</i>
---	-----------

<i>Tableau(IV.15) : Tableau récapitulatif des résultats de mesure de la dureté superficiel-scléromètre... </i>	<i>65</i>
--	-----------

<i>Tableau(III.17) : Tableau récapitulatif des résultats des essais de caractérisation physiques et mécanique des granulats de la carrière d'El Milia (Bouzakri Rabah) .....</i>	<i>67</i>
--	-----------

---

## Liste des figures

### Chapitre I

<i>Figure (I.1) Quelques exemples de consommations des élémentaires des granulats (D'après : Lafarge 2006).....</i>	<i>4</i>
<i>Figure (I.2) : Evaluation de la production et des besoins des granulats dans la wilaya de Jijel (Données d'après la DMI et DTP 2012).....</i>	<i>5</i>
<i>Figure (I.3) : Pourcentages respectifs de granulats produits localement par rapport aux besoins.....</i>	<i>6</i>
<i>Figure (I.4) : Pourcentages respectifs de granulats de chaque carrière dans le marché des granulats (2005 jusqu'à 2011).....</i>	<i>6</i>
<i>Figure (I.5) représentation graphique de la production de chaque gisement de la wilaya de Jijel(2012).....</i>	<i>7</i>
<i>Figure (I.6) : Évolution de la production du gisement d'El Milia.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure (I.7) : tirage des granulats sur crible.....</i>	<i>11</i>
<i>Figure (I.8) : différents types de cribles.....</i>	<i>11</i>
<i>Figure (I.9) : exemple d'installation et des étapes de fabrication des granulats.....</i>	<i>12</i>
<i>Figure (I.10) : lavage des granulats sous une rampe d'eau.....</i>	<i>13</i>

### Chapitre II

<i>Figure(II.1.a) : Carte structurale schématique de la chaîne Maghrébides montrant la disposition des zones internes et externes Durand –Delga et Fontboté (1980).....</i>	<i>19</i>
<i>Figure(II.1.b): coupe (N-S) simplifiée sur la transversale de la grand kabylie, d'après Durand –Delga et Fontboté (1980).....</i>	<i>19</i>
<i>Figure(II.2) : Extrait de la carte structurale 1/500000 du Nord Est de l'Algérie et des confins algéro-Tunisiens (d'après Vila, 1980, légèrement modifiée).....</i>	<i>21</i>
<i>Figure(II.3) : Esquisse géologique de la Petite Kabylie (Andrieux et Djellit, 1989 ; modifie).....</i>	<i>27</i>
<i>Figure(II.4) : carte géologique de la zone de la carrière Extrait de la carte géologique d'AIN-KECHERA – Service géologique de l'Algérie (Éd. 1933). (In ANBT ; Boussiaba ; 2003).....</i>	<i>27</i>
<i>Figure (II.5 et II.6): localisation géographique de la carrière d'El Milia (googleearth2012, date des images, juil2009).....</i>	<i>29</i>
<i>Figure (II.7): carte topographique de la région étudiée (El Milia- 1/1500).....</i>	<i>29</i>

### Chapitre III

<i>Figure(III.2): Diagramme de Streckeisen (Classification internationale des roches magmatiques)....</i>	<i>37</i>
---	-----------

### Chapitre IV

<i>Figure(IV.1) : Diviseur échantillonneur à couloir.....</i>	<i>50</i>
<i>Figure(IV.2) : Schéma de l'opération de partage d'échantillon pour essai.....</i>	<i>50</i>
<i>Figure(IV.3) : Courbe granulométrique du sable 0/3 de la carrière d'El Milia.....</i>	<i>52</i>
<i>Figure(IV.4) : Courbe granulométrique du sable 3/8 de la carrière d'El Milia.....</i>	<i>53</i>
<i>Figure(IV.5) : Courbe granulométrique du sable 8/15 de la carrière d'El Milia.....</i>	<i>53</i>
<i>Figure(IV.6) : Courbe granulométrique du sable 15/25 de la carrière d'El Milia.....</i>	<i>54</i>
<i>Figure(IV.3) : Mesure de la masse volumique des granulats par la méthode de l'éprouvette Graduée.....</i>	<i>57</i>
<i>Figure (IV. 4) : Schéma représentatif de la mesure de l'équivalent de sable.....</i>	<i>59</i>

# ***CHPITRE I***

## ***GENERALITE***

**I.1 Introduction :**

Depuis toujours, l'homme utilise des matériaux naturels pour la construction de son habitat et l'aménagement de son environnement. De ces deux nécessités découlent aujourd'hui, trois grands secteurs d'activités qui sont, les industries de carrière et matériaux de construction, le bâtiment et les travaux publics.

La fin du 19<sup>e</sup> Siècle a vu une révolution fondamentale dans " l'art de construire" avec l'invention du ciment et du béton. Dans le même temps, la création des réseaux de chemin de fer, des infrastructures routières et des ouvrages d'art correspondants, nécessitaient des travaux très importants et des matériaux nouveaux et économiques. Tous ces travaux utilisent des matières premières sous forme d'agrégats de roches, soit naturels, sables et graviers, soit obtenus artificiellement par concassage de roches naturelles.

En Algérie, les granulats proviennent essentiellement des roches massives grès, calcaires, latérites, et aussi des roches magmatiques issues des manifestations tertiaire disséminées dans la partie nord au niveau des formations du socle kabyle sous formes d'injections sécantes.

Malheureusement, jusqu'à l'heure actuelle la production de la wilaya de Jijel ne répond pas au besoin de la région, même sur le plan qualité, ce qui a poussé les utilisateurs d'apporter les granulats des carrières des wilayas limitrophes. Il était donc très important de promouvoir la recherche vers des matériaux de bonne qualité et qu'ils soient très répondus dans la région

L'étude que nous proposons dans ce mémoire a pour but de contribuer à la relance de la production des granulats d'origine magmatique actuellement non exploités, après la fermeture des 3 carrières de granite d'El Milia. L'accent doit être mis sur l'analyse pétrographique de ces roches magmatiques néogènes intrusives dans diverses formations géologiques, afin de pouvoir apporter une idée plus claire sur la répartition spatiale des lithofacies constituant le massif. Ce qui pourrait servir de fil directeur dans d'éventuelles futures exploitations sélectives des matériaux présentant les meilleures caractéristiques physiques et mécaniques.

Dans ce contexte, un programme d'essai géotechnique, combiné à une étude géologique s'avère nécessaire afin de pouvoir montrer avec plus de clarté la dépendance de la composition minéralogique, la texture, la taille des grains ou constituants minéralogique et leur état d'altération avec les propriétés physiques et mécaniques des roches étudiées.

Pour cela notre mémoire comporte quatre chapitres :

-Dans un premier chapitre, le travail expose brièvement, une étude des besoins du marché de granulats de la Wilaya de Jijel, avec les processus de production utilisés pour l'exploitation.

-Un deuxième chapitre, expose les caractéristiques géologiques des formations lithologiques locales ainsi que l'étude géologique régionale.

-Le troisième chapitre est consacré à l'analyse pétrographique à l'échelle micro et macroscopique, ainsi qu'un brève exposé sur les facteurs qui peuvent causer la dégradation de la qualité de la roche et la réactivité de ces composants minéralogiques.

- le quatrième chapitre, entièrement consacré à l'étude des propriétés géométriques, physiques et mécaniques des granulats. Et pour finir une conclusion générale.

## **I.2 Définition des granulats :**

D'après le «vocabulaire du béton» du Conseil International de la Langue Française [CILF, 1976] (J, Baron, R, Souterey, 1982), les granulats sont des matériaux granulaires inertes qui, agglomérés par un liant, constituent le squelette du béton.

D'après la norme XP-P 18.540 le granulats est un ensemble de grains de dimensions comprises entre 0 et 125mm destinés notamment à la confection des mortiers , des bétons, des couches de fondation, de base, de liaison et de roulement des chaussées, ballasts de voies ferrées et des remblais.

Un granulats peut être naturel, artificiel ou recyclé.

**I.2.1 Granulats naturel:** Granulats d'origine minérale n'ayant subi, tout au plus, qu'un traitement mécanique.

**I.2.2 Granulats artificiel:** Granulats d'origine minérale résultant d'un procédé industriel comprenant une modification thermique ou autre.

**I.2.3 Granulats recyclé:** Granulats résultant du traitement de matériaux non organiques ayant déjà servi dans la construction.

**I.2.4 Granulats concassés :** sont des granulats provenant du concassage des pierres et dont les grains ont leurs dimensions comprises entre 0 et 90 mm. La nature des granulats est généralement précisée (par exemple concassé de porphyre, concassé de grès, concassé de calcaire, concassé de quartzite, laitier concassé...).

**I.2.5 Granulats roulés :** sont des granulats ayant subi une altération naturelle mécanique et dont les pierres et les grains ont plus de 90% de surfaces arrondies et qui ont des dimensions comprises entre 0 et 90 mm. Généralement les granulats roulés sont de provenance alluvionnaire et sont dénommés d'après leur fleuve d'origine.

Utilisée sous sa forme naturelle (sables, graviers) ou après transformation (béton, enrobé), cette ressource minérale appelée "granulats" est la troisième matière première consommée après l'air et l'eau. Ne disposant pas de statistiques chiffrées relatives à la consommation algérienne.

Toutes les roches ne fournissent pas des matériaux industriellement utilisables comme granulats. Les épaisseurs de recouvrement, les caractéristiques géotechniques des roches déterminent leur exploitabilité compte tenu des conditions économiques du moment.

Les propriétés des granulats dépendent soit, de la nature de la roche d'origine (minéralogie, propriétés physico-chimiques), soit des conditions d'exploitation et d'élaboration (caractéristiques géométriques et propreté). Pour orienter l'utilisation de ces ressources, chacune de ces propriétés doit pouvoir être mesurée par des essais conventionnels définis par des normes précises. Cette utilisation doit répondre aux spécifications portant sur des caractéristiques très diverses selon le type d'utilisation.

Le granulats est un produit pondéreux .Transporté par camion, son prix double tous les 50 kilomètres, éloigner les carrières des lieux de consommation augmente significativement les impacts négatifs du transport (sécurité des routes) et le prix des matériaux pour les utilisateurs finaux.

Des orientations et des objectifs doivent être définis afin de mettre en œuvre une utilisation économique et rationnelle des matériaux tenant compte de l'intérêt national, ainsi que des ressources et des besoins de la région. En effet, les gisements de ressources minérales ne sont pas renouvelables et leur extraction est toujours source de nuisances et d'atteintes à

l'environnement qu'il convient d'éviter ou de réduire. Il importe dans ce cadre de préserver les gisements de matériaux de grande qualité et éviter leur gaspillage.

### I.3 Classification et Nomenclature:

La norme française définit la classification des granulats d'après les dimensions de leurs grains exprimées en ouvertures de tamis à mailles carrées en millimètres (Jeuffroy, G. ; Sauterey, R., 1991).

Un granulat est dit : d/D s'il satisfait aux conditions suivantes :

-Refus sur le tamis de maille D et tamisât au tamis de maille d, compris :

- entre 1 et 15 % si  $D > 1,58d$ ,
- entre 1 et 20 % si  $D = 1,58d$ .

-Refus nul sur le tamis de maille  $1,58D$ , tamisât au tamis de maille  $0,63d < 3 \%$ , d étant = 0,5mm.

- 0/D s'il satisfait aux conditions suivantes :

Refus sur le tamis de maille D compris entre 1 et 15 %,

Refus nul sur le tamis de maille  $1,58D$ . Il existe six classes granulaires principales caractérisées par les dimensions extrêmes d et D des granulats rencontrés sont :

- les fillers 0/D avec  $D < 2$  mm et au moins 70 % de passant à 0,063 mm,
- les sablons 0/D avec  $D = 1$  mm, et moins de 70 % de passant à 0,063 mm ;
- les sables 0/D avec  $1 < D = 6,3$  mm ;
- les graves 0/D avec  $D > 6,3$  mm ;
- les gravillons d/D avec  $d = 1$  mm et  $D = 125$  mm ;
- les ballasts d/D avec  $d = 25$  mm et  $D = 5$  mm.

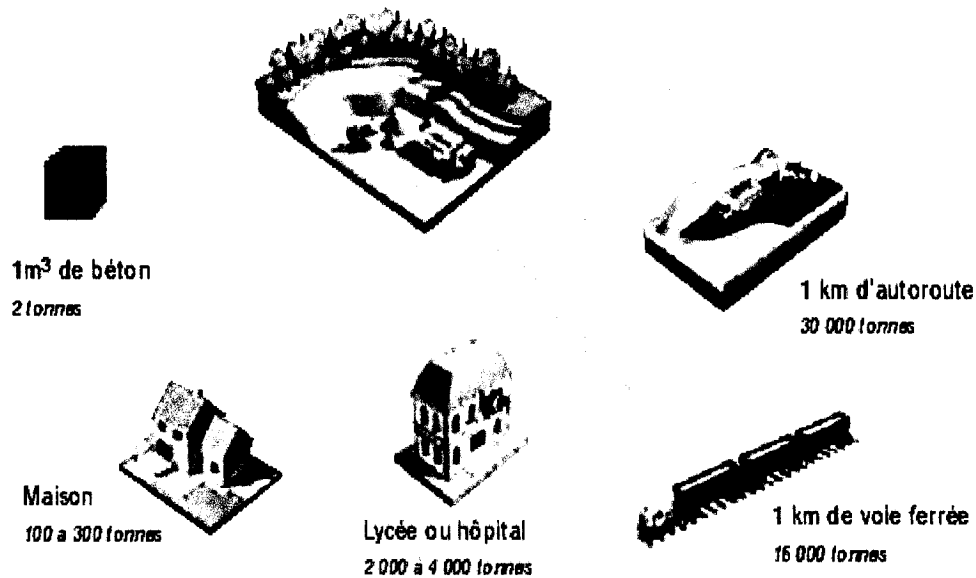
La norme française distingue deux types de Graves Non Traitées (GNT), selon leur mode d'élaboration (Jeuffroy, G. ; Sauterey, R., 1991) :

- GNT type A obtenue en une seule fraction (tout-venant) directement sur une installation de criblage et de concassage, permettant d'obtenir une compacité minimale à l'OPM de 80 %,
- GNT type B obtenue par mélange de deux (ou plusieurs) fractions granulométriques différentes. Elles sont malaxées et humidifiées en centrale, permettant d'obtenir une compacité minimale à l'OPM de 80 % pour la catégorie B1 et 82 % pour la catégorie B2. Ce type de GNT permet d'obtenir une meilleure qualité de mise en œuvre.

### I.4 Utilisation des granulats :

Les granulats sont une matière indispensable pour les besoins de notre société moderne qui exige qualité de vie, commodité des transports... les granulats sont utilisés dans Les routes et autoroutes ; Les chemins de fer ; Les bâtiments ; Les ouvrages d'Art (ponts, tunnels...) ; Les barrages hydrauliques ; Les canaux ; La préfabrication et L'industrie. (Figure I.1).





**Figure (I-1) Quelques exemples de consommations des élémentaires des granulats**  
(D'après : Lafarge 2006).

Le granulat est le produit le plus utilisé par l'homme dans le monde après l'eau ; son utilisation doit répondre aux spécifications sur des propriétés mesurées par des essais conventionnels définis par des normes précises. Les propriétés des granulats dépendent soit de la nature de la roche (propriétés intrinsèques) ; soit des conditions d'exploitation et d'élaboration (techniques de production).

## **I.5 Marché des granulats dans la wilaya de Jijel :**

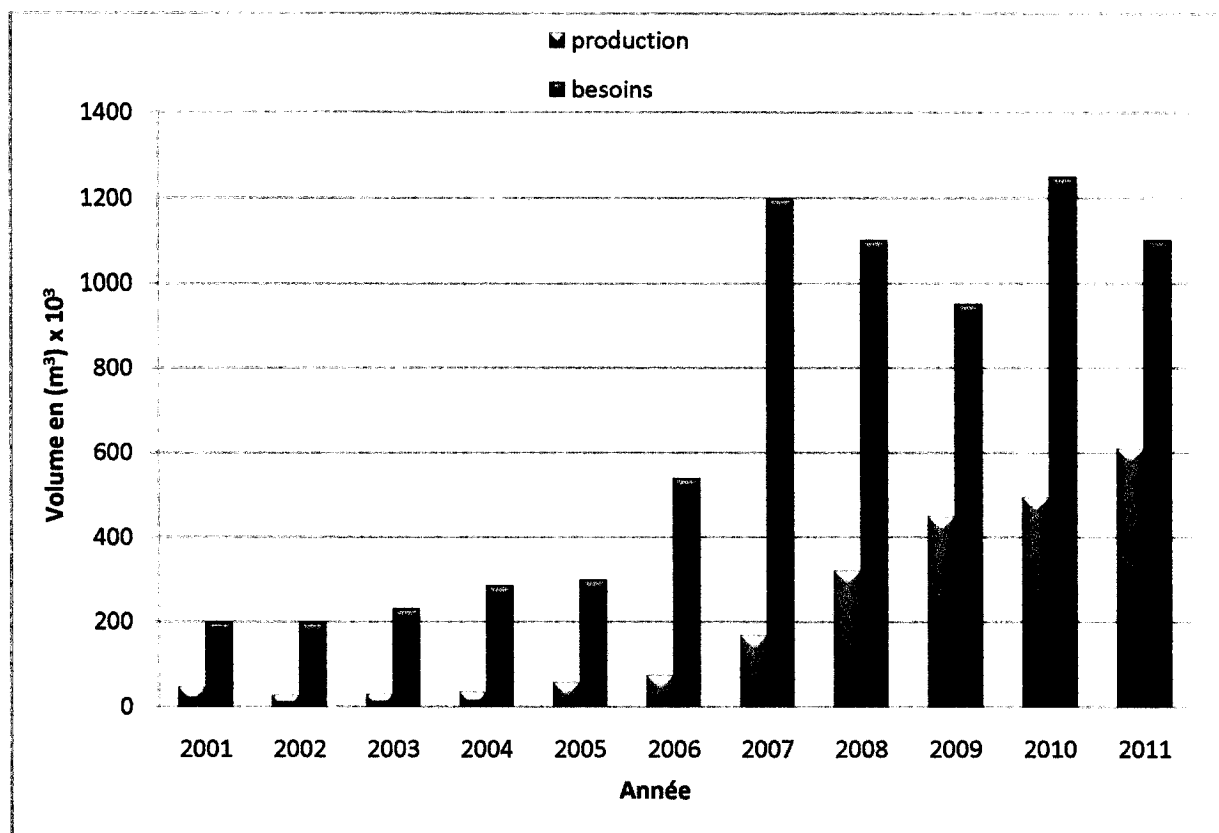
### **I.5.1 Introduction :**

La nouvelle stratégie du Ministère de l'Énergie et des Mines, en cours d'exécution, vise à répondre en premier lieu aux besoins de l'économie nationale en substances minérales notamment, celles destinées à la fabrication du ciment et des matériaux de construction, nécessaires à la réalisation des travaux d'infrastructures routières, hydrauliques, ferroviaires, portuaires, aéroportuaires et de construction.

Les plus importants résultats obtenus par la mise en œuvre de cette politique minière pour répondre aux différents besoins de l'économie nationale et notamment ceux liés aux programmes de développement importants (2005/2009 et 2010/2014), destinées à la fabrication des matériaux de construction qui ont connu une croissance rapide et conséquente.

### **I.5.2 Evolution de la production des granulats dans la wilaya de Jijel :**

La wilaya de Jijel a connu dans les dernières années la réalisation de nombreux grands ouvrages tels que : les ponts (Oued Djen-Djen, Oued Kebir...), les bâtiments, port de pêche (Al Aouana), les barrages (Boussiaba, Kissir ...), dédoublement de la route national N°43, l'université de Tassoust... etc, qui ont consommé des quantités considérable de granulats. Ce qui indique automatiquement l'augmentation des besoins et donc par conséquent une augmentation de la production. Les données expriment les besoins, les productions fournies par la direction des mines et d'industrie (DMI) et la Direction des Travaux Publique (DTP) en 2012 sont représenté à la (figure I.2).



*Figure (I.2) : Evaluation de la production et des besoins des granulats dans la wilaya de Jijel (données d'après la DMI et DTP 2012).*

Pour évaluer les besoins futurs en granulats, il est utile d'analyser l'évolution de la production sur plusieurs années. Les statistiques fournies par la direction des mines et d'industrie de la wilaya de Jijel (DMI, 2012) portant sur la période 2001 – 2011 nous fournissent un aperçu sur cette évolution.

L'offre de granulats a peu d'influence directe sur la demande qui reste déterminée par les marchés de la construction et des travaux publics, celui-ci qui a connu une dynamique considérable ces dernières années, dans le cadre du développement économique général du pays par la création de plusieurs projets, notamment l'élargissement et la modernisation du réseaux routier, réalisation d'ouvrages d'art (ponts, barrages)... etc.

Cependant, sur le long terme, la consommation de granulats peut diminuer par une action sur trois paramètres : la qualité, l'innovation technique et la réglementation.

Les granulats utilisés dans la Wilaya de Jijel sont issus essentiellement de deux sources : granulats produits localement et granulats proviennent des carrières situées dans les wilaya limitrophes (Mila, Constantine, Skikda, Bejaia et Sétif).

### **I.5.2.1 Granulats produits localement :**

D'après les données de la Direction des Mines et des Industries de la wilaya de Jijel (DMI, 2012) on comptait, en 2012, trois (03) gisements de production d'agrégats en activité et un quatrième gisement hors activité actuellement dans la wilaya de Jijel.

- Carrière produisant des granulats issus de roches sédimentaires : carrière Bouzekri et Meziani (Sidi Marouf),
- Carrières produisant des granulats issus de roches métamorphiques : carrière Boughaba, carrière El Wafa et carrière NOSTRAP (Chekfa),

- Carrière de production de granulats issus de roche sédimentaire : EURL Torchi Ziama Mansouriah.
- Trois (03) carrières produisant des granulats issus de roches magmatiques : carrière d'El Milia (carrière Bouzekri Rabah, carrière Bouzekri Kamel et carrière Ben Brahim), ces trois carrières sont actuellement hors activité.

La production de ces quatre gisements ne représente que 34% par rapport aux besoins exprimés par la DMI durant les derniers cinq (5) ans (2005 jusqu'à 2011). (Figure I.3)



Figure (I.3) : Pourcentages respectifs de granulats produits localement par rapport aux besoins.

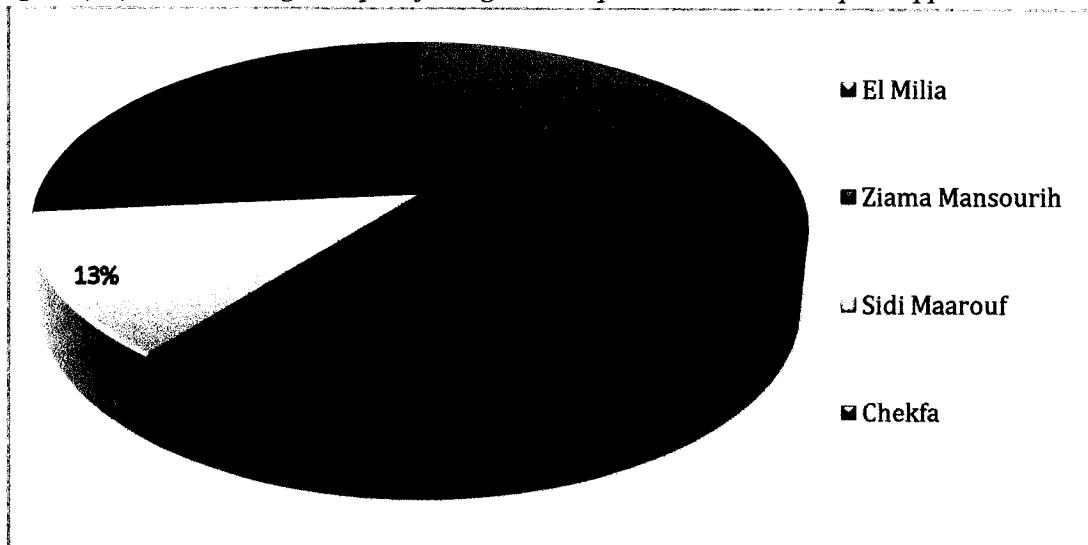


Figure (I.4) : Pourcentages respectifs de granulats de chaque carrière dans le marché des granulats (2005 jusqu'à 2011).

La production au niveau de la wilaya de Jijel de 2001 à 2011, a augmenté progressivement depuis 45000m<sup>3</sup> en 2001 jusqu'à une valeur maximale de 610000 m<sup>3</sup> en 2011 (Figure I.2). Cette production ne répondait qu'à 55,45% des besoins exprimés pendant cette année. L'activité des carrières a connu une année difficile en 2002 où la production a diminué considérablement (ne couvrant que 9,73% des besoins), cette diminution est vraisemblablement due à l'arrêt de l'exploitation au niveau des deux carrières : Sidi-Marouf (2001,2002) et Chekfa (2002).

Cela est bien remarquable sur le diagramme statistique, appréciant la production des granulats au niveau des quatre gisements de la wilaya de Jijel (figure I.5).

La figure montre que la carrière de Ziama Mansouriah a les plus grandes quantités, alimente le marché en granulats par rapport aux autres carrières.

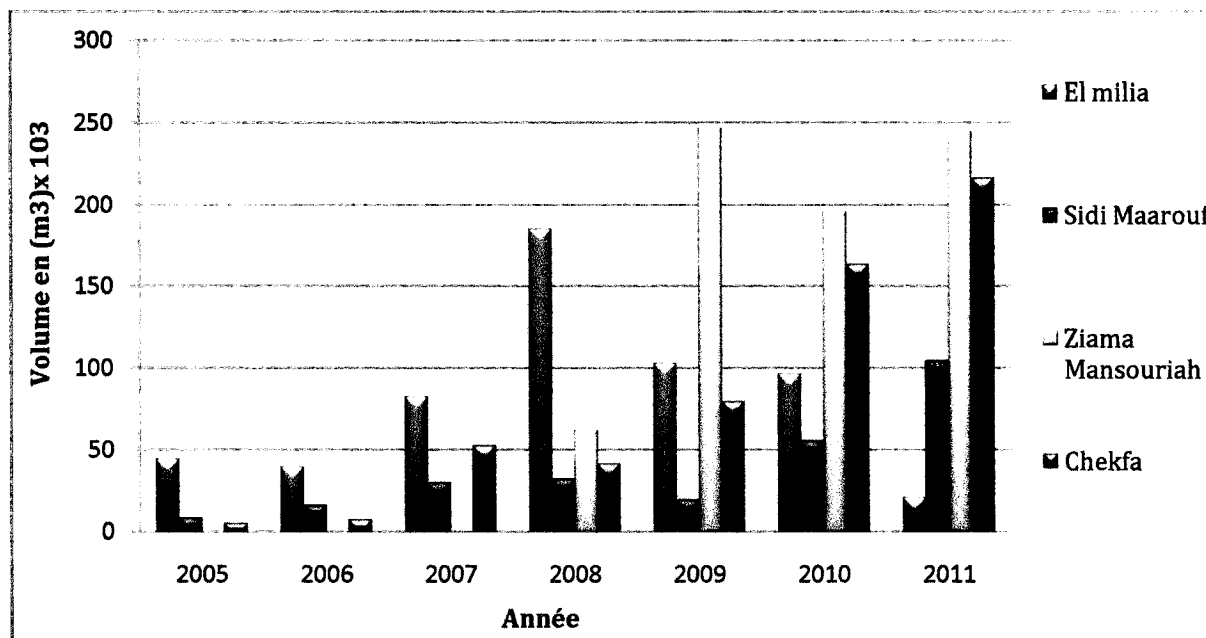


Figure (I-5) représentation graphique de la production de chaque gisement de la wilaya de Jijel(2012).

### I.5.2.2 Granulats provenant des wilayas voisines :

Les granulats utilisés dans la Wilaya de Jijel sont issus essentiellement des carrières situées dans les wilayas limitrophes (Mila, Constantine, Bejaia et Sétif). Néanmoins on note que plus de 66 % des granulats sont issus des wilayas voisines, principalement Mila. (Figure I.3). Plus que 70 % des projets déclarés sont dans le secteur des transports, ce qui s'explique par la configuration géographique de la wilaya et des populations éparses ainsi des espaces montagneux très enclavés. On enregistre toutefois une bonne relance dans le domaine du BTPH et des Industries, notamment dans l'industrie des mines et carrières et manufactures de transformation (Boudjebbour, 2009).

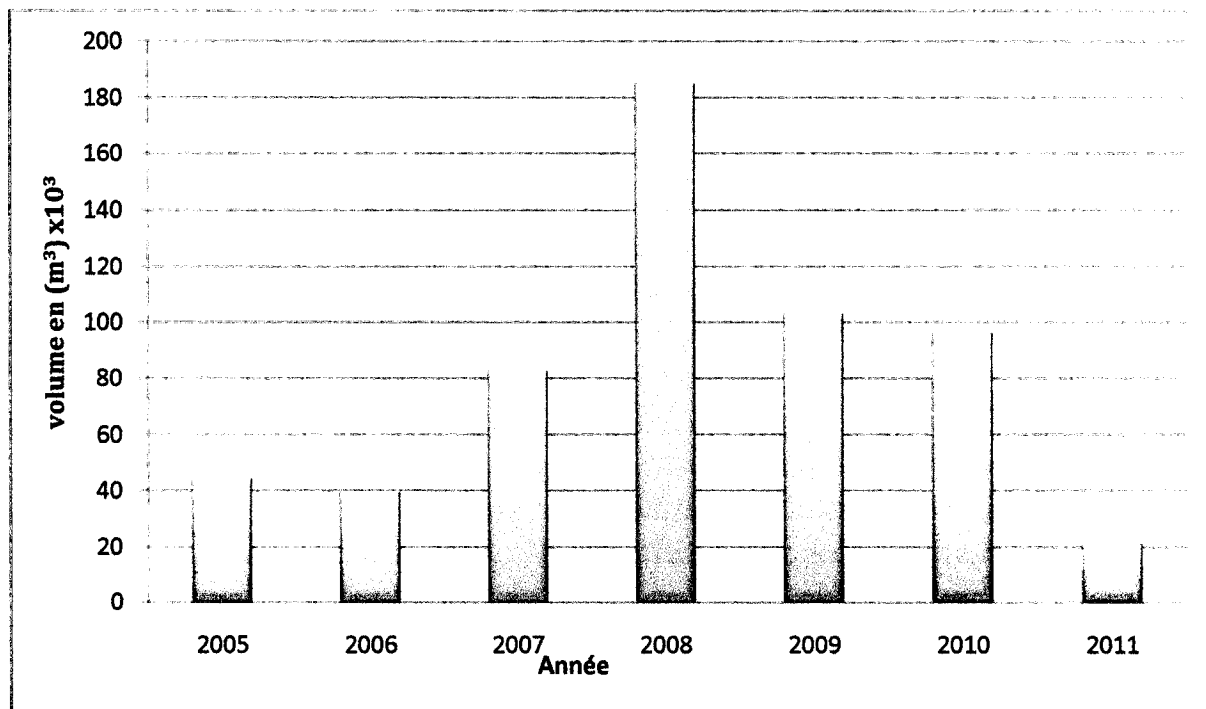
### I.5.2.3 Évolution de la production au niveau du gisement d'El Milia :

L'évolution de la production au niveau des carrières d'El Milia entre 2005/2011, selon les données fragmentaires fournies par la DMI(2012), montre que durant cette période, la production a été perturbée. Elle a augmenté puis a chuté sensiblement, pour devenir nulle en 2012 en raison de l'arrêt de l'exploitation. En 2005, on enregistre une faible quantité produite, estimée à 44200 m<sup>3</sup>. En revanche en 2008, la production a atteint les 185000 m<sup>3</sup>, il s'agit de son taux maximal. On constate que la carrière d'El Milia ne contribuait qu'à environ 25% (1/4) des productions de la wilaya durant les années 2005 jusqu'à 2011 (figure I.4).

Cela nous amène à constater que la contribution de la carrière d'El Milia à l'alimentation de la wilaya en granulats est très modeste et qu'elle n'a jamais atteint ses capacités maximales de production.

En 2008, on enregistre la plus importante quantité produite, estimée à 185000m<sup>3</sup>, et qui représente 57.81 % de la production totale des granulats à l'échelle locale pendant cette année

(Figure I.6). Cela nous amène à constater que la contribution de la carrière d'El Milia à l'alimentation de la wilaya en granulats est très importante (DMI, 2012).



*Figure (I.6) : Évolution de la production du gisement d'El Milia*

## **I.6 Processus d'extraction ou d'exploitation des granulats:**

### **I.6 1 Introduction :**

Les granulats sont produits à partir de bancs rocheux. Pour le carrier, la connaissance approfondie des bancs de son gisement est évidemment primordiale puisque les caractéristiques des granulats produits dépendent de la structure roche.

L'identification de la roche se pratique, de préférence, sur des échantillons de blocs de roches prélevés dans les divers bancs constituant la carrière. On pourra ainsi, les connaissant mieux, choisir plus facilement les bancs à exploiter suivant la destination des granulats.

Dans tous les cas on retrouve les cinq mêmes principales étapes de production :

- décapage et découverte des niveaux non exploitables,
- extraction des matériaux,
- transfert vers les lieux de traitement,
- traitement des granulats pour obtenir les produits finis,
- remise en état du site exploité.

**I.6.1 Découverte :** Pour exploiter un gisement de roches massives il faut tout d'abord le mettre à nu à partir d'une procédure appelée «décapage» (découverte) que l'on définit comme suit : découvrir, c'est retirer les matériaux impropres à la production du gisement. Les matériaux de découverte, terres végétales et matériaux stériles, doivent être stockés indépendamment de façon à pouvoir être utilisés lors du réaménagement de la carrière sans pour autant gêner les différentes phases de l'exploitation.

**I.6.2 Extraction de la matière première :****I.6.2.1 L'extraction en terrain meuble**

En site terrestre (milieu sec) : Quand le gisement de granulats alluvionnaire se situe au-dessus du niveau d'eau (nappe phréatique, eau de la rivière, ...), on exploite directement les matériaux avec les engins traditionnels des travaux publics tels que des pelles ou des chargeuses (bulldozers munis d'un large godet basculant). L'extraction peut avoir lieu en fouille (par le haut) ou en butte (par le bas) avec une progression latérale du front de taille

**I.6.2.2 En site immergé (milieu hydraulique) :**

L'extraction peut être réalisée par des engins flottants : drague à godets, à grappin ou drague suceuse. Dans le cas de site immergé peu profond, l'exploitation pourra avoir lieu depuis la rive avec des pelles à câble équipées en drague line, des pelles hydrauliques ou excavateurs à godets. Le dragage ramène à la surface le "tout venant" qui est ensuite chargé sur bateaux, sur camions ou sur bandes transporteuses en bord de rive.

**I.6.2.3 L'extraction des roches massives :**

Dans ce type de gisement compact, l'extraction des roches nécessite l'emploi des explosifs. Les tirs de mines provoquent l'abatage d'une grande quantité de matériaux éclatés. Les éclats de roche (éléments généralement de plusieurs décimètres) sont ensuite chargés et transportés au centre de traitement. Procéder à un tir nécessite un plan de tir comprenant :

- le forage de trous (leurs dispositions, leur nombre),
- le choix des explosifs,
- le déclenchement du tir.

Le tir est placé sous la responsabilité d'un professionnel spécialisé : le "boutefeu". Un tir de mine peut abattre jusqu'à plusieurs dizaines de milliers de tonnes de roche en une seule opération.

Dans le présent travail, on s'intéresse au cas d'extraction des roches massives qui se fait en deux étapes : l'abatage et le transfert vers les installations de traitement.

**I.6.3 L'abatage :** cette opération se fait au moyen des explosifs, après que la découverte (terre végétale et roche altérée surplombant le front de taille) ait été éliminée au buteur. L'abatage doit se faire selon les règles de l'art. L'usage de l'explosif étant très réglementé pour des raisons de sécurité et des risques de nuisances à l'égard de la collectivité.

Dans le massif d'El Feddous l'expérience a montré que 1kg d'explosifs est suffisant pour abattre 2,5 m<sup>3</sup> de roches. (M. Bouzekri: exploitant de la carrière; communication orale).

Fréquemment, après l'abatage, on procède à un pré-criblage appelé « scalpage ». Le scalpage a pour but d'éliminer les restes de découvertes et de roches altérées présents dans l'abatage malgré le décapage préalable au tir de mine. La propreté du sable de concassage en dépend.

Le matériau, scalpé ou non, est ensuite concassé pour être amené à la dimension d'utilisation.

**I.6.4 Le transfert vers les installations de traitement :** est assuré soit par les bandes transporteuses dont la longueur, la forme et le débit sont adaptés à la production demandée, soit par les camions et les dumpers.

Au niveau de la carrière faisant l'objet de notre étude, les camions sont le seul moyen adopté pour achever cette opération.

### **I.6.5 Traitement des granulats :**

Les opérations de concassage, de débourage, de triage et de lavage permettent d'obtenir, à partir des matériaux d'origine de la carrière, toute une gamme très variée de granulats qui répond aux divers besoins techniques. Ces opérations peuvent avoir lieu dans des ordres différents et à une ou plusieurs reprises pour fabriquer des granulats diversifiés à partir de la même roche de départ, qu'elle soit alluvionnaire ou massive (*Figure I.9*).

Le transfert vers les installations de traitement : La manutention des matériaux entre le lieu d'extraction et le centre de traitement (le plus rapproché possible) s'effectue soit en continu, soit en discontinu.

-Manutention continue par transporteurs à bandes : On modifie la position des unités de bandes transporteuses en fonction de la progression de l'exploitation. Dans le cas d'extraction en milieu hydraulique, on peut parfois utiliser un système de tuyauteries ou de 26 bandes transporteuses flottantes entre la drague et la berge.

-Manutention discontinuée par :

- camions et dumpers pour Les extractions terrestres,
- bateaux ou barges dans le cas d'exploitation immergée assez loin des rives.

#### **I.6.5.1 Le concassage**

Les phases de concassage s'effectuent dans des concasseurs qui permettent de réduire, de façon successive, la taille des blocs (*Figure I.9*).

Il existe différents types de concasseurs :

- concasseurs à mâchoires,
- concasseurs à percussion,
- concasseurs à projection centrifuge,
- concasseurs giratoires.

Le choix de type de concasseurs dépend de :

- Grosseurs des blocs à admettre
- la nature de la roche exploitée
- le débit souhaité

On distingue trois étapes dans l'opération de concassage : Le pré concassage primaire qui réduit les plus gros galets en matériaux dont l'utilisation est nulle et qui sont réinjectés dans la chaîne de traitement (de 0/20 ou 0/300mm). Le concassage secondaire dont la production n'est pas encore utilisable hormis pour le ballast des chemins de fer, (de 0/20 ou 0/70mm). Pour le concassage tertiaire, la production est utilisable. Néanmoins il est très important de noter que les différentes opérations de concassage sont séparées par des étapes de criblage.

La fabrication des granulats à partir de roches massives nécessite toujours plusieurs opérations de concassage. Dans le cas de granulats alluvionnaires, le concassage ne s'effectue que sur les plus gros éléments (galets, gros graviers).

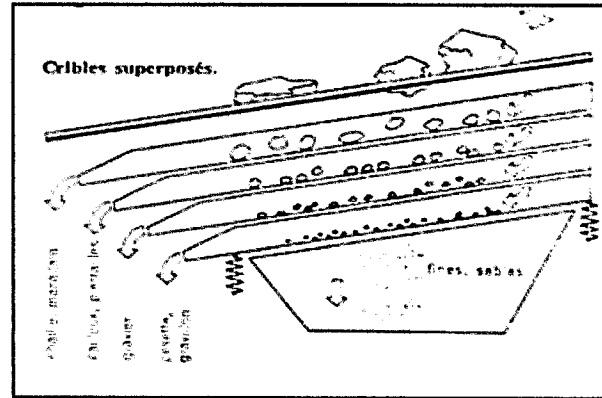
### I.6.5.2 Le criblage :

Les opérations de criblage ou de tamisage permettent de sélectionner les grains, le crible ne laissant passer dans ses mailles que les éléments inférieurs à une certaine taille (*Figure I.7*). On peut ainsi, par une succession de criblages, trier les grains et obtenir des granulats de tous les calibres possibles (*Figure I.8*) :

- soit correspondant à une dimension précise (granulométrie), exemple : sable de 3mm
- soit en entrant dans une “fourchette” définie, exemple : 10 mm < granulats < 20 mm



*Figure (I.7): tirage des granulats sur crible.*



*Figure(I.8):différents types de cribles*



- Etape ① : concassage primaire (concasseur à mâchoire sur le schéma)
- Etape ② : concassage secondaire (concasseur giratoire sur le schéma)
- Etape ③ : broyage tertiaire (concasseurs giratoires sur le schéma)

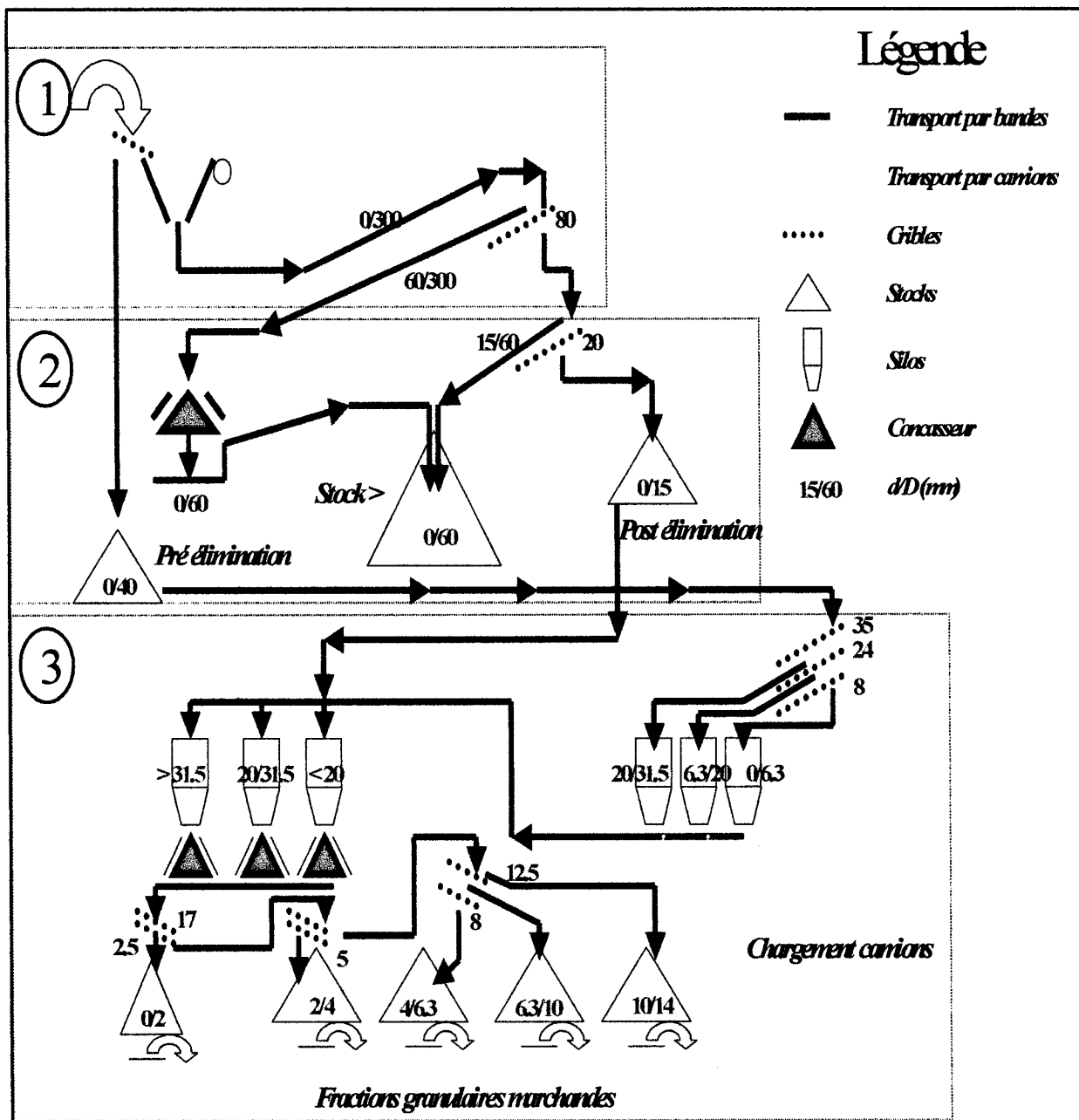


Figure (I-9) : exemple d'installation et des étapes de fabrication des granulats.

### I.6.5.3 Le lavage

Débourber, laver ou dépoussiérer permet d'obtenir des granulats propres (Figure I.10). La propreté des granulats est une nécessité industrielle. La présence de boues, d'argiles ou de poussières mélangées aux matériaux ou enrobant les grains, empêche leur adhérence avec les liants (ciments, chaux, laitier ou bitume), ce qui interdit alors leur utilisation.

Dans tous les cas, les eaux de lavage sont ensuite décantées dans des bassins spéciaux, de façon à resservir ou à être restituées propres à la rivière ou au lac. Les opérations de criblage et de lavage sont souvent réalisées conjointement à une rampe de jets d'eau étant disposée au-dessus du crible ou dans des cas particuliers.

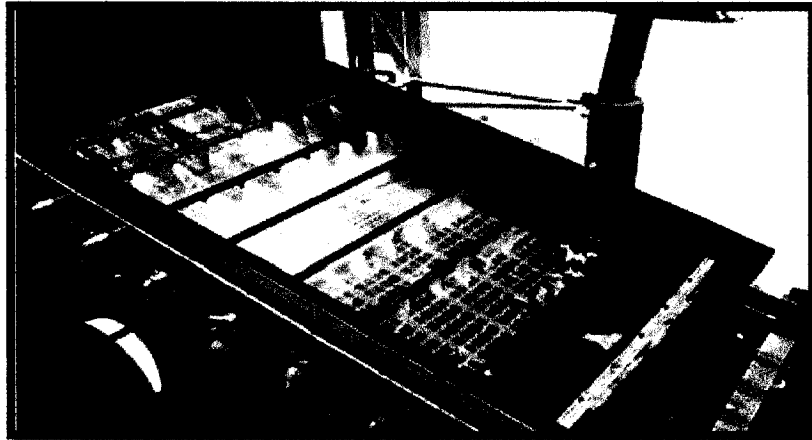


Figure (I.10) : lavage des granulats sous une rampe d'eau

#### I.6.5.4 Stockage et livraison :

En fin de traitement, on obtient des produits de qualité répondant à des critères bien précis nature des granulats (calcaire, silice, éruptif) dépendant du gisement, forme des grains (anguleux, arrondis) et granulométrie précise ou fourchette granulométrique.

L'exploitant peut être amené à réaliser des mélanges avec des proportions précises pour chaque composant, ceci en vue d'utilisations bien particulières.

Une fois réduits, traités et classés, les granulats sont acheminés vers les aires de stockage, soit sous forme de tas individualisés, soit en trémies ou silos.

Différents moyens de transport (trains, camions ou péniches) permettent ensuite de les livrer à la clientèle. Ils peuvent être également travaillés au bitume, sur le site même de la carrière.

Sur place dans le cas de l'installation d'une centrale à béton ou d'une centrale d'enrobage  
Suivi de production :

Tout au long du processus de fabrication, on procède à des opérations régulières de contrôle de qualité portant sur différents paramètres (dureté, calibrage, propreté, respect des normes, ...

#### I.6.6 Réaménagement du site :

Faisant suite à l'exploitation, la réhabilitation des carrières peut aussi leur donner une seconde vie, ainsi qu'une nouvelle utilité sociale ou économique. Dès leur ouverture, les sites font systématiquement l'objet d'un plan de réaménagement lié au plan d'exploitation qui prend en compte, d'une part la protection de l'environnement et l'intégralité des réglementations applicables, mais aussi les points de vue des riverains, collectivités, associations... pour que les projets correspondent aux besoins locaux. Ce plan de réaménagement décrit précisément les opérations de remise en état et de réhabilitation du site avant, pendant et après son exploitation. A titre indicatif l'ensemble de ces efforts de réaménagement peut représenter 10 % du coût de la tonne produite.

Les sites dont l'exploitation est terminée retournent donc à la nature, sous des formes différentes certes, mais en reconstituant des paysages naturels : création de milieux originaux et de zones humides propices au développement d'une faune et d'une flore spécifiques, traitements des fronts de taille, remise en culture des terres dans les secteurs à haut rendement agricole, reboisements forestiers ou ornementaux, aménagement d'espaces de loisirs. A titre d'exemple nous donnons deux possibilités de réaménagement des carrières (Tableau I.1).

TYPE ET CARACTÉRISTIQUES		CRITÈRES D'ENVIRONNEMENT	POSSIBILITÉS D'AMÉNAGEMENT
<b>CARRIÈRES EN EAU</b>			
Faible profondeur d'eau		Rural	Réserve ornithologique - Chasse du gibier d'eau Réserves d'eau - Mise hors d'eau et réutilisation agricole ou sylviculture
		Périurbain et urbain	Coupure dans l'urbanisation - Remblayage partiel ou total pour utilisation en zones vertes et de loisirs ou en zones constructibles
Profondeur d'eau moyenne ou forte		Rural	Pêche de loisir - Pisciculture - Baignade - Barque et canotage - Port de plaisance - Bassin d'infiltration - Bassin de stockage
		Périurbain et urbain	Plan d'eau (lotissement au bord de l'eau) - Port industriel - Port de plaisance - Bases de loisirs polyvalentes
<b>CARRIÈRES À SEC</b>			
En fosse		Rural	Reconstitution du terrain - Reverdissement agricole - Reboisement - Réserve naturelle
		Périurbain et urbain	Remblayage - Coupures vertes - Parc - Zone d'habitation - Zone industrielle - Lac artificiel
À flanc de relief	Parois meubles	Tous environnements	Mise en végétation
	Parois rocheuses	Vues éloignées Vues rapprochées	Confortement et traitement de la paroi Talus végétalisé
	Fond de carrières	Rural	Mise en végétation (prairie, agriculture, sylviculture) - Réserve naturelle
		Urbain ou périurbain	Parc de verdure - Parc de véhicules - Zone industrielle - Zone de loisirs - Terrain de sport

Tableau (I.1) : présentation de divers projets de réaménagement des carrières.

### I.7 Processus de fabrication de granulats dans la carrière d'El Milia:

Les carrières d'El Milia exploitants la roche ignée, dont l'une fait objet d'étude, sont des carrières à ciel ouvert les travaux entrepris utilisent, généralement, les même procédures de fabrication des granulats, qui vont de l'extraction jusqu'au stockage et les livraisons,(selon moyens d'investissement)

Les différentes étapes des productions sont :

#### I.7.1 L'extraction des roches :

Après avoir éliminer la couche superficiellement altérée, qui présente généralement, des terres végétales et des roches plus ou moins altérées, avec des épaisseurs variant de 2 à 10 m (voir planche I, photo I.1 et I.2), l'extraction des roches se fait à l'aide des explosifs engendrés dans des trous de profondeurs moyennes (5 à 10 m) ces trous sont forés par des machines soit manuelles ou automatiques, et à cause des raisons sécuritaire cette opération se faite chaque trois(03) mois.

Le pré concassage se fait par des engins spécifiques (marteau piqueur, brise roche), de but principal de réduire les gros blocs.

#### I.7.2 Transfert des matériaux vers les lieux de traitement:

La station de traitement est située à quelques mètres du front de taille, pour cela, le transport s'effectué soit par des camions soit par des chargeurs.

**I.7.3 Traitement des granulats pour obtenir les produits finis:**

Le traitement débute par un concassage primaires avec un concasseur à mâchoire, les matériaux obtenus sont ensuite transportés sur un tapis roulant vers un crible avec une maille de 20 mm. Les granulats refus, sont envoyés vers un autre concasseur pour une opération de concassage secondaire, les matériaux sont réinjectés dans la chaîne de traitement sur un réseau de tapis roulant, vers un autre crible. L'opération de criblage se répète jusqu'au passage de tous les granulats à travers les mailles de ces cribles (*Photo I.3*).

Enfin de la chaîne, différents calibres de granulats, vont être stockés à l'air libre, on attend leur livraison.

## ***Planche I***

***Photo(I.1):*** Concassage primaire et Concassage secondaire (carrière d'El Milia, 2012).

***Photo(I.2):*** décapage de la découverte (carrière d'El Milia, 2012).

***Photo(I.3):*** le front de taille de la carrière d'El Milia (2012).

***Photo(I.4):*** Utilisation des granulats dans les chaussées.

***Photo(I.5):*** Utilisation des granulats pour la réalisation des ponts.

***Photo(I.6):*** Utilisation des granulats dans le domaine de bâtiments.

***Photo(I.7):*** Utilisation des granulats dans les chemins de fer.

***Photo(I.8):*** Utilisation des granulats dans les barrages (barrage Boussiaba, 2011).

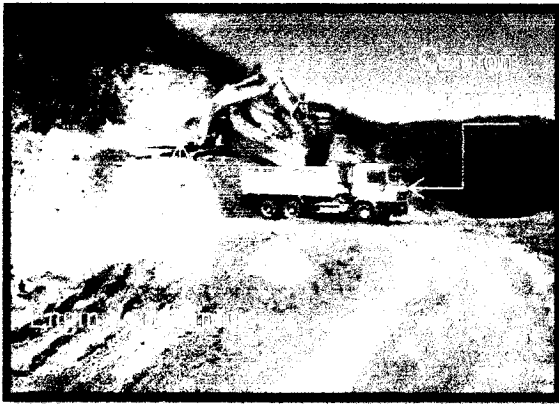


Photo (I.2)

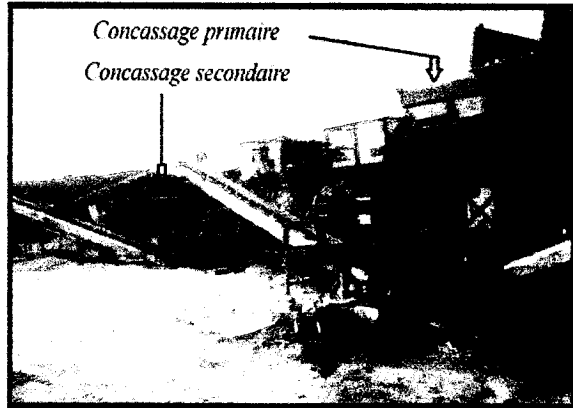


Photo (I.1)



Photo (I.3)



Photo (I.4)



Photo (I.5)



Photo (I.6)

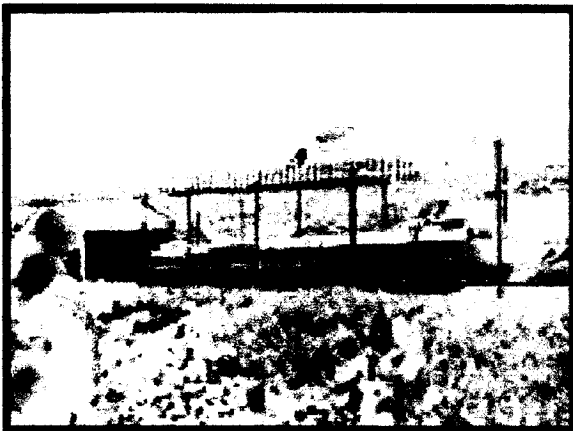


Photo (I.7)



Photo (I.8)

***CHPITRE II***

***ETUDE***

***GEOLOGIQUE***

**II.1 CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL:****II.1.1 Introduction :**

La zone mobile du système alpin, constitue en Algérie, les reliefs de la chaîne Tellienne, équivalents géologiques des reliefs alpins d'Europe, qui s'étendent depuis les Monts des Traras, à Ouest d'Oran, jusqu'au massif de l'Edough, à l'Est d'Annaba. Ces reliefs sont l'expression de l'écrasement des ensembles géologiques initialement entreposés entre les plaques africaine et européenne dont le rapprochement a débuté il y a de cela -65 millions d'années. En Algérie du Nord, les massifs cristallins les plus importants sont localisés en Grandes et Petite Kabyle (Ouabadi, 1994). Du point de vue structural, les Maghrébides algériens sont constituées de plusieurs nappes charriées sur la plate-forme Africaine

Transversalement, on distingue:

**II.1.2 Les zones internes :**

Situées au nord, elles comprennent (Figure II.1.a) :

a) un socle antétriasique recouvert d'une série sédimentaire écaillée (antérieur à -200 millions d'années)

b) des terrains Cambriens à carbonifères métamorphisés et leur couverture Mésozoïque et Tertiaire formant la Dorsale calcaire (Entre-200 et -65 millions d'années). Ces zones internes sont surtout développées à l'Est d'Alger où elles constituent les massifs de Grande et Petite Kabylie. A l'Ouest d'Alger, les massifs du Chenoua et le Cap Ténès en sont des témoins, réduits aux unités de la Dorsale calcaire. Les zones internes chevauchent le domaine des Flyschs et le domaine Tellien. En Petite Kabylie, les chevauchements sont très plats.

**II.1.3 Les zones externes :**

Situées plus au sud, elles regroupent (Figure II.1.a) :

a)-des nappes de Flyschs, caractérisées par des formations détritiques argilo-gréseuses d'âge Crétacé/Eocène.

b)-des nappes Telliennes composées essentiellement des séries marno- carbonatées d'âge Crétacé/Eocène,

Ces domaines apparaissent actuellement sous forme d'unités tectoniques anormalement superposées les unes aux autres et charriées sur l'avant pays hodnéen plus au Sud. Ils sont recouverts par un ensemble déritique, allochtone, le Numidien, dont la position est discutée, et par une formation post-nappes du Néogène et les Flyschs.

**II.1.4 Les grands traits géologiques de la Petite Kabylie:**

En Petite Kabylie, les grands traits géologiques peuvent être résumés à partir des travaux de (M. Durand Delga, 1955 et J.P.Bouillin, 1977). Classiquement on distingue (Figure II.1.b) :

- Le Socle Kabyle,
- Les séries de la chaîne calcaire (ou Dorsale Kabyle),
- L'Oligo Miocène Kabyle et l'Olistostrome,
- Les séries à caractères Flyschs,
- Les séries Telliennes.



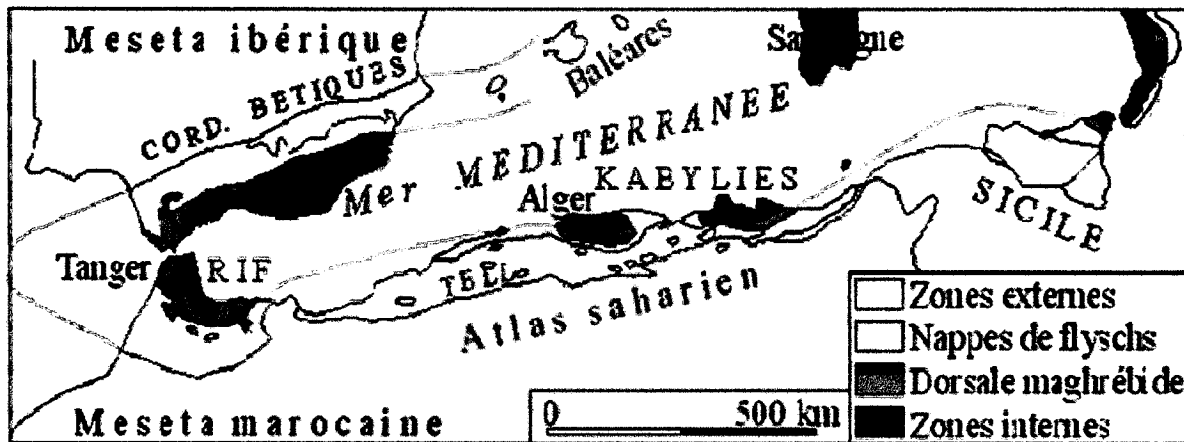
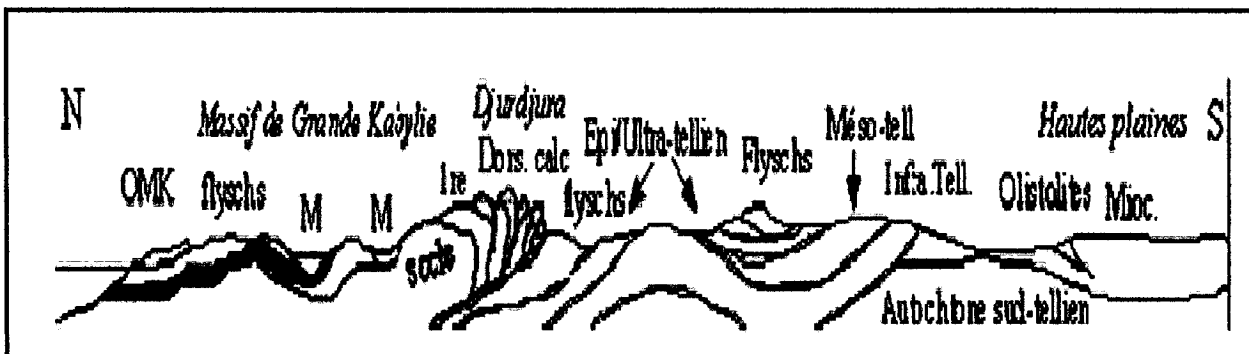


Figure (II.1.a) : Carte structurale schématique de la chaîne Maghrébides montrant la disposition des zones internes et externes Durand –Delga et Fontboté (1980).

**II.1.4.1 Le Socle Kabyle :**

Les formations cristallophylliennes du Socle Kabyle sont largement représentées en Petite Kabyle (Figure II.2), elles comportent deux grands ensemble (Bouillin, 1977) :

Un ensemble inférieur constitué de gneiss fins ou ouillés, à intercalation de marbres et d’amphibolites et un ensemble supérieur constitué des Schistes satinés où s’intercalent localement des grés et des porphyroïdes Oeillée, cet ensemble est surmonté en discordance par des formations siluriennes (Durand Delga, 1955).



Figure(II.1.b): coupe (N-S) simplifiée sur la transversale de la grand kabylie, d’après Durand –Delga et Fontboté (1980).

**II.1.4.2 La Dorsale Kabyle :**

Elle est nommée « chaîne liasique » (Ficheur, 1909, in Durand Delga, 1969), « chaîne calcaire » (Glangeaud, in Durand Delga, 1969) et enfin « Dorsale Kabyle » (Durand Delga, 1969).

Elle marque, grâce à ses reliefs carbonatés, la limite entre le Socle Kabyle au Nord et les zones Telliennes au Sud (Figure II.1.a). Dans la région d’El Milia, la Dorsale Kabyle est absente à l’affleurement

**II.1.4.3 L’Oligo Miocène Kabyle et les Olistostromes :**

➤ **L’Oligo Miocène kabyle (OMK) :**

C’est une formation détritique qui comporte trois termes lithologiques (Bouillin, 1977) (figure II.1.b) :

- un conglomérat discordant sur le Socle à la base,
- Des grés micacés à débris de Socle associés à des pélite micacées
- des silixites au sommet.

➤ **Les Olistostromes :**

Ces formations tectonosédimentaires, constituées de Flyschs massylien et Maurétanien, reposent sur l'Oligo-Miocène kabyle. Des passées de grés mécasés semblables à ceux de l'OMK peuvent se trouver intercalées entre les Flyschs.

#### **II.1.4.4 Les série à caractères des Flyschs :**

Caractérisées par des formations détritiques argilo-gréseuses d'âge Crétacé/Eocène (figure II.1.b) elles sont subdivisées en deux types principaux :

##### **➤ les Flysch Maurétanien :**

Comporte de bas en haut (Bouillin, 1977) :

- un pré Flysch calcaire du Tithonique-Néocomien
- un ensemble à grés homométrique à cassure verte (Flysch de Guerrouch) attribué à l'Albo-Aptien.
- Des phanites rouges et blancs du Cénomaniens supérieur.
- un Sénonien Microbrèchiques.
- Au sommet, des conglomérats puis des grés mécasés Tertiaires.

##### **➤ le Flysch Massylien :**

Il présente une série allant du Néocomien au Lutétien terminal et regroupe trois ensembles (Bouillin, 1977) :

- à la base, le Flysch Albo-Aptien composé d'argiles et de grés quartzitiques.
- ensuite, un ensemble comprenant des calcaires fins.
- au sommet, un Flysch à marnes microbrèchiques du Tourannien-Maestrichtien.

#### **II.1.4.5 le Flysch Numidien :**

Il faut signaler la présence du Flysch Numidien qui affleure dans la région (figure II.1.b). ce dernier comprend de bas au haut (Bouillin, 1977 ; Vila, 1980) :

- des argiles sou-Numidiennes, de teinte verte, rouge ou violacée.
- des grés Numidiens à quartz roulés.
- des marnes avec des silexites qui atteignent le Burdigalien basal. Le Flysch Numidien constitue structurellement la nappe la plus haute de l'édifice alpin.

Il est attribué en partie à l'Aquitano-Burdigalien.

#### **II.1.4.6 les séries Telliennes :**

Composé essentiellement des séries marno-carbonatées d'âge Crétacé/Eocène. Du point de vue structural, elles sont constituées par un empilement de trois grandes nappes, ce sont du nord vers le sud (Vila, 1980) :

- **les nappes épi-Telliennes** : constituées de terrains marneux allant de l'albien au lutétien supérieur.
- **les nappes méso-Telliennes** : qui montent un dispositif de cinq écailles, formées de sédiments allant du sénonien au miocène.
- **les nappes infra-Telliennes** : caractérisé par une structure chaotique, le trias gypsifère, le Jurassique, le Crétacé ont glissé sur le sédiment, en cours de dépôt, du Miocène inférieur, et ont été remis en mouvement avec celui-ci. Ces glissements ont commencé dès l'Eocène supérieur et se sont poursuivis au cours de l'Oligocène et surtout au Burdigalien (Vila, 1980).

#### **II.1.4.7 le Miocène post nappe :**

Il est caractérisé par deux cycles sédimentaires :

- un premier cycle, constitué de marnes grisés ou bleues, transgressives sur les terrains précédents,
- un deuxième cycle, comprend essentiellement des grés provenant du Numidien.

#### II.1.4.8 les Roches magmatiques :

Elles sont principalement représentées par :

Des phénomènes magmatiques d'âge Miocène se sont développés en petite kabylie, ou des massif des roches éruptive de type calao-alkalin sont mis en place (figure II.2). Ils comprennent :

- des granites qui occupent des surface importantes et qui sont réparé en deux massifs principaux (le massif de cap Bougaroune au nord, et le massif des béni Toufout au sud) (Bouillin, 1977).
- Des microgranites qui forment généralement des petits massifs éruptifs, localisés aux environs de Collo et d'EL Milia,
- des roches mésocrates a mélanocrates (diorite, gabbros) de moindre extension.

Des datations radio chronologique effectuée sur ces granites ont donné les âges suivants :

- Filfila :  $15.3 \pm 1$  Ma.
- El Milia:  $16.2 \pm 0.8$  Ma.
- Collo :  $15.8 \pm 0.4$  Ma ,  $15.8 \pm 0.9$  Ma.
- Béni Toufout :  $15.4 \pm 0.7$  Ma,  $15.2 \pm 0.7$  Ma.
- Bougaroune :  $16.4 \pm 0.3$  Ma,  $15.6 \pm 0.5$  Ma. (HIRECHE.S. BOULEBTINA.F ; 2006).





Figure(II.2) : Extrait de la carte structurale 1/500000 du Nord Est de l'Algérie et des confins algéro-Tunisiens (d'après Vila, 1980, légèrement modifiée).






**Légende de la carte structurale au 1/500 000 :**

La légende est la suivante :





**ROCHES ÉROPTIVES RÉCENTES**

-  Granites, grano-diorites, microgranites, diorites et rhyolites.
-  Complexe stratifié de Yaddène et roches effusives de la région d'Aloum Meskoutine (F).




**ROCHES RÉCENTES ET CYCLES POSTÉRIEURS AU BURDIGALIEN INFÉRIEUR**

-  Quaternaire indifférencié (du Nafran-chen à actuel).
-  Pliocène marin des zones côtières.
-  Mio-Pliocène continental.
-  Burdigalien supérieur-Langhien de la marge littorale.
-  Miocène marin transgressif indifférencié des nappes telliennes et de leur avant-pays allochtone, para-orthoctone ou orthoctone.

**SOCLE KABYLE, CHAÎNE CALCAIRE**



-  Oligo-Miocène kabyle, olistostromes à Flyschs résédimentés (y compris le Numidien) et Flyschs en position nord-kabyle (F').
-  Olistostromes superposés à l'Oligo-Miocène kabyle; OT- Olistolites telliens de la région d'El Milia.
-  CHAÎNE CALCAIRE: Paléozoïque à Lutétien supérieur des zones interne, médiane et externe.
-  Socle kabyle: SBA- Paléozoïque des Beni-Afeur  
SK- Socle métamorphique de Petite kabylie et du Bou Hâten (phyllades micaschistes, porphyroïdes, gneiss et marbres.  
SB- Socle basique du Cap Bougaroun (péridotites et "kinzigites" rétro-morphosées).

**NAPPE NUMIDIENNE**





-  Formation de Bataouche (Pauvillano-Burdigalien).
-  Grès numidiens et séries miocènes.
-  Principaux affleurements d'argilles de base à Tubotomaculum.

**NAPPES DE FLYSCHS KABYLES**

**FLYSCHS MAJRETAIENS**

-  Séries internes d'Aloum Meskoutine, de Sidj Abiat, de Sidj Ahmed, de Settitber, de Bou Tafel, de la Robertsau (Souk es Sebti) et de La Marsa.  
Séries médianes de Guerrouch, d'El Karm, de Khorche, de Ghazala et du Sud d'Aloum Berda (Penthièvre).  
Séries externes (ex- "Médanien") et séries atypiques de Tamlaou, du Ref Mez-zouch et de Ziame.
-  Cas de la série des Achaïches (série médiane).  
1- Crétacé  
2- Jurassique  
3- Perm-Trias et Carbonifère.
-  Unité Soudouh-Tabellout à substratum basique.

**FLYSCHS MASSYLIENS**

-  Séries typiques à phanites ou à brèches vertes et rouges.
-  Cas de la série du Qiebel Elifila  
1- Crétacé  
2- Jurassique.
-  Unités de type Adissa et Sénonien marneux à microbrèches ou à blocs.  
A- Eocène  
F- Sénonien marneux à microbrèches ou à blocs.
-  F

## **II.2 CADRE GEOLOGIQUE LOCAL**

### **II.2.1 Introduction :**

La géologie local de la région d'El Milia se particularise par un développement relativement important de roches magmatiques principalement de la famille des granitoïdes. C'est dans ces roches que sont encaissées les carrières produisant les granulats, objet du présent mémoire.

La géologie locale fait l'objet de la figure (II.3) (géologie régionale):

### **II.2.2 Kabylie de Collo**

#### **II.2.2.1 Description générale**

La Kabylie de Collo (selon Marcel Roubault– 1934 ; in ANBT, Boussiaba ; 2003) est un massif de roches cristallophylliennes et éruptives, partiellement recouvert par des lambeaux transgressifs de marnes ou de grès Nummulitiques (Numidien). En dehors de ce Numidien, les terrains sédimentaires ne sont représentés que par des formations récentes : terrasses, alluvions de toutes natures, « dunes », colluvions, éboulis, etc...

Dans ses grandes lignes, le schéma géologique de la Kabylie de Collo est assez simple :

- Au Nord, du granite et un appareil secondaire de gneiss et de serpentines,
- Au Sud, des schistes cristallins enrobant une apophyse granitique,
- Entre les deux entités, une large bande « Ouest – Est » de formations Éocènes.

Le granite est d'âge Tertiaire, mis en place après le Numidien qu'il métamorphose ; les schistes cristallins sont anciens, primaires et peuvent-être partiellement secondaires, certainement Anténummulitiques.

L'ossature essentielle de cette région est constituée par des terrains métamorphiques Anténummulitiques.

Ces schistes, micaschistes et gneiss, fragments de la zone métamorphique et cristallophyllienne que l'on retrouve tout le long de l'Atlas tellien (Massif de la Bouzaréah, Grande Kabylie, Petite Kabylie), ont toujours été considérés comme étant d'âge primaire.

L'Eocène repose en transgression sur la masse des schistes cristallins. Les dépôts de l'Eocène ont été soumis aux actions dynamiques puissantes pendant les mouvements hercyniens et pyrénéens, antérieurs à l'Eocène supérieur. Postérieurement à son dépôt, le Flysch nummulitique a subi des plissements avec formation d'anticlinaux et de synclinaux, pendant la phase Néogène alpine, bien marquée en Afrique du Nord.

Le dernier épisode important a été la mise en place de l'imposante masse des roches éruptives, certainement post Nummulitiques et très probablement post-Burdigaliennes. A l'emplacement actuel des formations de granite et de microgranite existaient antérieurement un massif de roches variées, éruptives, métamorphiques et sédimentaires; les enclaves de gneiss à cordiérite, les nodules de quartz, les blocs de cipolins et les serpentines, en apportent des preuves indiscutables.

Les venues éruptives ont produit sur le Flysch Eocène des phénomènes d'endomorphisme.

On se trouve donc en présence d'un magma certainement très visqueux ayant perdu toutes ses fumerolles au moment de son ascension. Cette montée est très probablement la conséquence des phénomènes de nature tectonique ; le magma a été poussé sous l'influence de pressions affectant les zones voisines de l'écorce terrestre. La bordure méridionale de la masse granitique du Nord est orientée vers le NE, qui est la direction caractéristique de l'orogénie du nord de la province de Constantine.

D'après certains auteurs, la Kabylie de Collo est bien le fragment africain le plus septentrional de l'ancienne Tyrrhénien, qui a occupé autrefois l'emplacement actuel de la Méditerranée. Sur la base des considérations stratigraphiques et tectoniques, on peut supposer que l'Afrique du nord a été liée à l'Europe, les roches de l'île d'Elbe semblables à celles de la Kabylie de Collo et des autres massifs acides côtiers algériens, étant la preuve de cette hypothèse.

Dans l'hypothèse d'une Tyrrhénienne engloutie, il paraît alors logique de considérer les éruptions pré-méditerranéennes, qui jalonnent le bord de la fosse, comme le contrecoup normal de cet effondrement.

### **II.2.2 Les roches granitiques Tertiaires :**

Sous cette dénomination, Marcel Roubault (1934) a regroupé les roches Tertiaires grenues, microgrenues ou même microlitiques dont les importantes masses constituent l'essentiel de la presqu'île du Cap Bougaroune, les dômes des environs de Collo - Cheraga et, plus au Sud, la partie principale du pays des Béni - Toufout.

Ce sont des roches en général claires, grises parfois, même blanches, presque toutes d'apparence grenue.

Les arènes abondantes, produits d'altération des horizons superficiels, sont également très clairs et prennent assez souvent une teinte ferrugineuse ocre à rosée. Le phénomène d'altération en boules est fréquent, surtout dans la partie occidentale de la Kabylie de Collo.

### **II.2.2.3 Les formations Éocènes et Oligocènes inférieures :**

L'Eocène, constituant l'essentiel de toute la partie centrale de la Kabylie de Collo, est représenté par les grès, les marnes et les poudingues Numidiens. Cet ensemble a subi d'importants remaniements, est affecté de nombreux plissements ayant parfois relevé les couches à la verticale, et a été métamorphisé par le granite et le microgranite.

### **II.2.2.4 Les Schistes cristallins :**

On peut distinguer, sous la désignation de schistes cristallins de la Kabylie de Collo, trois faciès essentiels : schistes, gneiss et granulite gneissique.

#### **➤ Les Schistes :**

Sous la dénomination de Schistes, (M. Roubault ; 1934) ; in ANBT, Boussiaba ; 2003) a regroupé toutes les roches finement feuilletées, riches en micas, schistes satinés et graphiteux, schistes psammitiques, véritables micaschistes à biotite et muscovite, avec ou sans grenats et même des roches d'appartenance schisteuse, striées de fins lits de quartz et que l'examen au microscope révèle être de véritables mylonites. De façon constante, ces schistes contiennent des amandes et d'innombrables filonnets de quartz.

#### **➤ Les Gneiss :**

Les gneiss typiquement à quartz, biotite et orthose, régulièrement stratifiés, sont de grains variables, plutôt gros ; très souvent ils sont ocellés, l'orthose formant au milieu de la roche de grosses amygdales. Sous l'effet de l'écrasement, les lits deviennent parfois très fins et pratiquement toutes ces roches sont affectées par des phénomènes de dynamométamorphisme.

#### **➤ Les granulites gneissiques :**

Par diminution progressive de la proportion de biotite et apparition de muscovite, on passe insensiblement du gneiss franc à la granulite gneissique. Cette granulite gneissique, gris très

clair presque blanche, également oeuillée et bien litée, est un des constituants essentiels de la zone cristallophyllienne de la Kabylie de Collo. Ses arènes blanches, riches en kaolin sont très caractéristiques.

#### **II.2.2.5 Les terrains post-nummulitiques :**

Les terrains post-Nummulitiques qui occupent des surfaces réduites dans la Kabylie de Collo, sont représentés par des marnes Sahéliennes, des formations marines pliocènes ou Quaternaires, et des alluvions fluviales.

##### **➤ Les marnes Sahéliennes :**

Les marnes bleutées sont attribuées au Sahélien, uniquement sur la considération de faciès, à cause du manque de fossiles. Des marnes sahéliennes en masses importantes existent près de l'Oued Nil. Sur l'Oued El Kebir, quelques apparitions sont mentionnées en aval de la confluence de celui-ci avec l'Oued Irdjana.

##### **➤ Les formations marines Pliocènes ou Quaternaires :**

Les formations marines Pliocènes ou Quaternaires sont représentées par des dunes anciennes consolidées, citées à l'extrémité occidentale de la plaine de l'Oued Zhour et par des formations stratifiées, en partie alluviales et en partie formées d'éboulis, qui bordent la mer à la base des escarpements granitiques.

##### **➤ Les alluvions fluviales :**

Les alluvions fluviales sont bien développées dans les cours inférieurs des Oueds Guebli, Zhour, Boussiaba et El Kebir, formant de vastes plaines alluviales.

#### **II.2.3 massif d'EL Milia :**

La zone du site de la carrière d'El Milia est située à l'extrémité occidentale de la Kabylie de Collo.

Selon l'extrait de la carte géologique de la Kabylie de Collo, les microgranites sont prédominants par rapport à toutes les autres formations ; viennent ensuite les formations de l'Éocène supérieur et du Quaternaires qui occupent de vastes surfaces (Marcel Roubault, 1934).

##### **II.2.3.1 Lithostratigraphie succincte :**

Les différentes séries litho stratigraphiques affleurant dans la région d'El Milia comportent les formations suivantes (Bouillin, 1977) :

##### **II.2.3.2 Les formations Paléozoïques :**

Représentés par des roches métamorphiques : des micaschistes, des phyllades, des gneiss, et des marbres.

##### **II.2.3.3 Les formations Triasiques :**

Composées de dépôt évaporitiques : de gypse, des ophites, des calcaires, des dolomies, des éléments bréchiques, et des cargneules.

##### **II.2.3.4 Les formations Jurassiques :**

- **Le Lias** : représenté par des dolomies et des calcaires à silex.
- **Le Dogger** : représenté par des calcaires
- **Le Malm** : constitué de calcaires fins et des radiolarites

**II.2.3.5 Les formations du Crétacé :**

- **Le crétacé inférieur :** caractérisé essentiellement par :
  - des dépôts argileux,
  - des dépôts marno –calcaires
- **le crétacé supérieur :** représenté par des calcaires et micro brèches à débris de calcaire.

**II.2.3.6 Les formations du Paléogène :**

- **Éocène :** contient des calcaires sableux, des argiles, des marnes et des calcaires micro- bréchiques bioclastiques, marne à boules jaune au sud d'El Milia.
- **Oligocène :** représenté par des argiles et des grés micacés

**II.2.3.7 Les formations du Néogène :**

- **Miocène :** marnes, grés lithiques, et silexites
- **Pliocène :** représenté essentiellement par des marnes

**II.2.3.8 Les formations du Quaternaire :** contient des alluvions anciens et récents et des éboulis, et des sables.

**II.2.4 Les principaux affleurements de roches magmatiques de la région d'El Milia :**

Tous les travaux consacrés à géologie de la région se sont intéressés à des degrés divers aux roches magmatiques (Bouillin, 1977, Ouabadi, 1994).

On distingue plusieurs affleurements magmatiques de la région d'El Milia :

**II.2.4.1. Le massif de Béni Toufout :**

Ce massif est constitué principalement par des granites affleurant au center de la kabylie de la Collo (figure II.3). Ils constituent un grand affleurement sous forme quadrangulaire, avec une superficie de 60Km<sup>2</sup> environ (Bouillin 1977). L'âge de sa mise en place n'est pas bien définie, une seule datation a donné un âge de 22 Ma (Ouabadi, 1994).

**II.2.4.2 Les microgranites d'El Milia :**

Au sud-ouest de la masse principale du granite de Béni Toufout les microgranites affleurent sur des surfaces très importantes (figure II.3.4) ces microgranites sont essentiellement représentés par le massif d'El Milia qui s'étend jusqu'à la ville et occupe une superficie de 50Km<sup>2</sup>.

Ces microgranites sont également représentés par des petits pointements présentant généralement une morphologie en dôme plus ou moins marquée, dont le diamètre moyen est de l'ordre de 1Km.

La carrière étudiée dans ce mémoire est encaissée dans les microgranodiorite d'El Milia sur la rive nord d'Oued Boussiaba (Ouabadi, 1994).



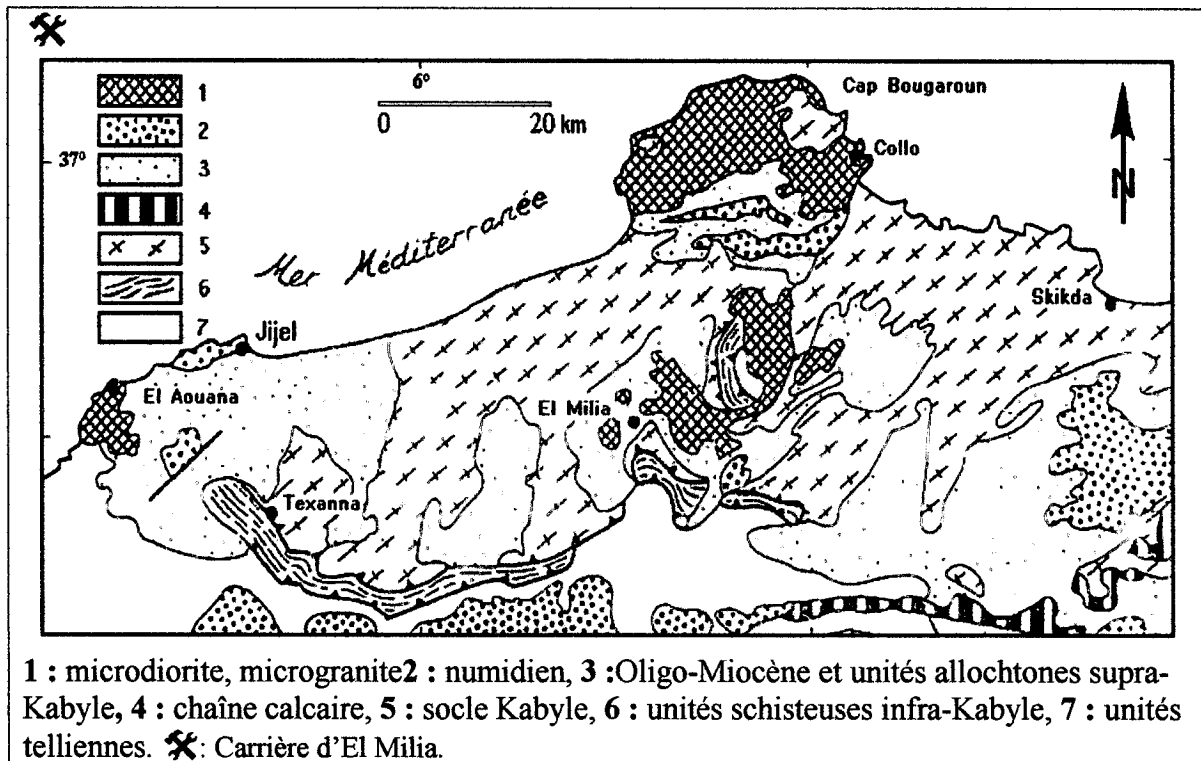


Figure (II.3) : Esquisse géologique de la Petite Kabylie (Andrieux et Djellit, 1989 ; modifie).

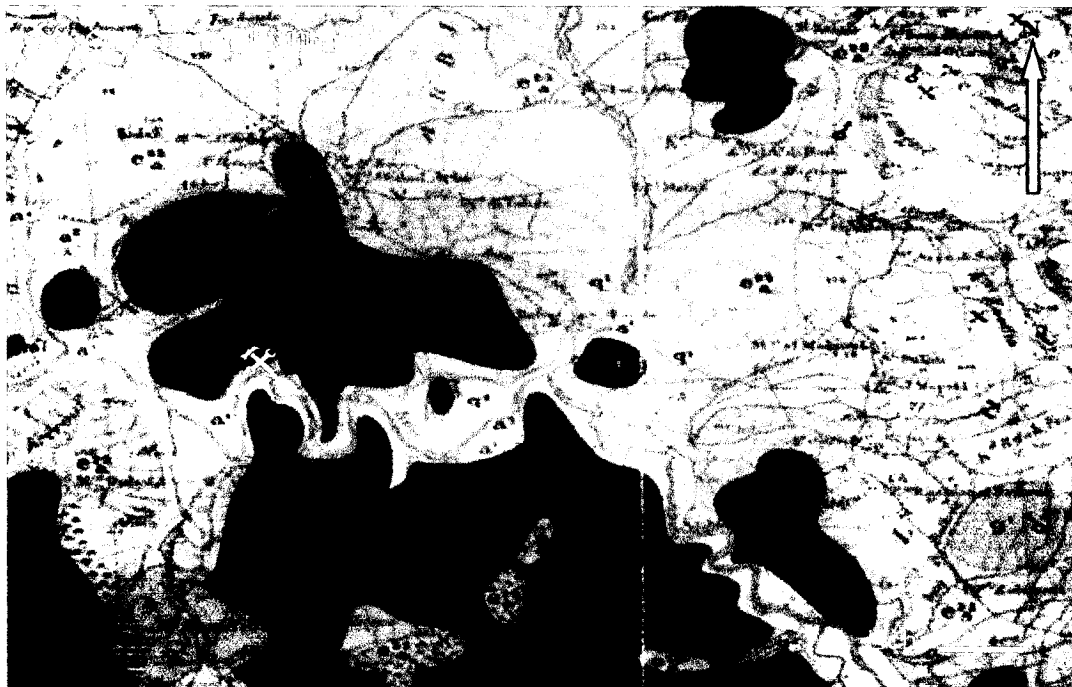


Figure. (II.4) : carte géologique de la zone de la carrière. Extrait de la carte géologique de AIN-KECHERA – Service géologique de l'Algérie (Éd. 1933). (in ANBT ; Boussiaba ; 2003).

**Légende sommaire :**

- a2 : alluvions actuelles ; a1 : alluvions récentes (Néopléistocène) ;
- q1 : alluvions anciennes des vallées ; e2-3a : argiles numidiennes (avec métamorphisme au contact des granitoïdes) ; X : micaschistes ; g1 : Gneiss granulitique à muscovite ;
- g1 : granulite et pegmatite ; Mg : microgranite, micromonzonite, microdiorite ;

### II.3 LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE LA CARRIÈRE D'El Milia :

La ville d'El Milia est située au Nord Est de l'Algérie (latitude 36° 45' N, longitude 6° 16 E) à 400 Km de la capitale Alger. Elle se trouve au croisement de deux routes Constantine-Jijel et Skikda-Jijel. Elle est limitée au nord par la mer méditerranée, à l'est par la wilaya de Skikda, à l'ouest par les communes de oued Adjoule et El Ancer et au sud par Settara et Ouled Yahia Khedrouche. Elle est à 72 km de Constantine, 80 km de Skikda, 57 km de Jijel, à 15 km de la mer méditerranée. Elle s'étend sur 232.07km. (Figure II.5).

La région d'El Milia est caractérisée par un relief montagneux très accidenté, les montagnes occupent 82% de la superficie totale, elles se tiennent jusqu'à 1200m.

La carrière de roches bleues est située à 72 kilomètres du chef-lieu de la wilaya de Jijel (latitude 36° 47' 47,91'' N, longitude 6° 18' 26,82'' E), au sixième kilomètre d'El-Milia sur la route D39 (route de Collo) au lieu-dit Bouamrane, à environ 3 kilomètres de la voie ferrée reliant Jijel-Constantine. (Figure II.6).

De la feuille EL Milia au 1/50000 (N°29).

#### II.3.1 Topographie, Relief, hydrologie, végétation du secteur:

On distingue principalement deux régions physiques :

➤ **Les zones des plaines :**

Situé dans la vallée de oued Kebir, oued Boussiaba et les petites plaines de oued Zhour.

➤ **Les zones de montagnes :**

Situé au tour de la ville, caractérisées par une couverture végétale très abondante et un réseau hydrographique important.

Le gisement granitique faisant l'objet d'exploitation appartient aux massifs anciens de petite Kabylie, il se situe dans la partie Sud Est de djebel Ouled Arbi qui domine à une altitude de 400m (figure II.6).

Bien que la région classée dans la catégorie du relief fort, au site même de la carrière, l'altitude est plutôt moins forte variant de 30m à 250m.

Le gisement se trouve à proximité immédiate des principales cours d'eau drainant la région (oued Boussiaba), ces derniers ont été le plus souvent guidés par les failles affectant la région. La couverture végétale est généralement dense et assez uniformément répartie sur les hauteurs ou on distingue des surfaces bien protégées en permanence.

A l'endroit même du site de la carrière on trouve, une végétation de bosquets plus ou moins dense, couvrant le sol meuble provenant de phénomène d'arénisation des granites sous-jacents (roche mère).

Malgré les fortes pentes et la pluviométrie de forte abondance, l'érosion hydrique est négligeable par suite du rôle efficace du couvert végétal (figure II.6).

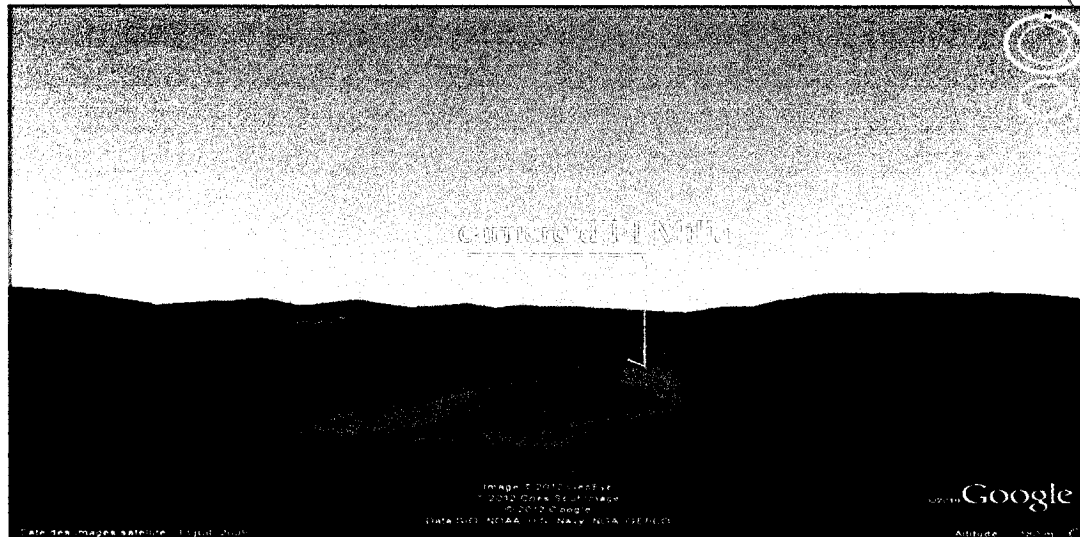
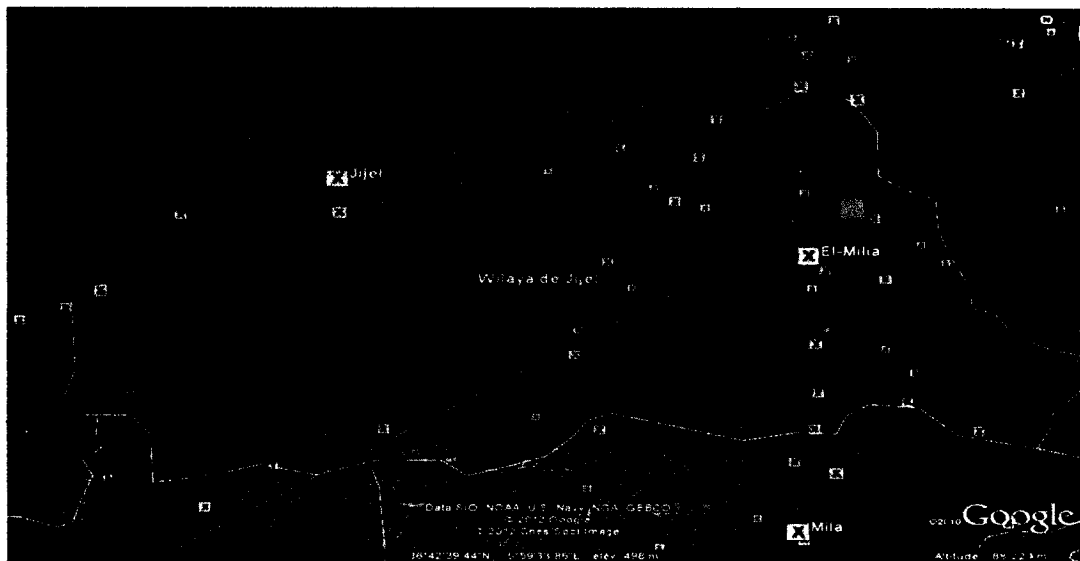


Figure (II.5 et II.6): localisation géographique de la carrière d'El Milia (googleearth2012, date des images, juil2009).

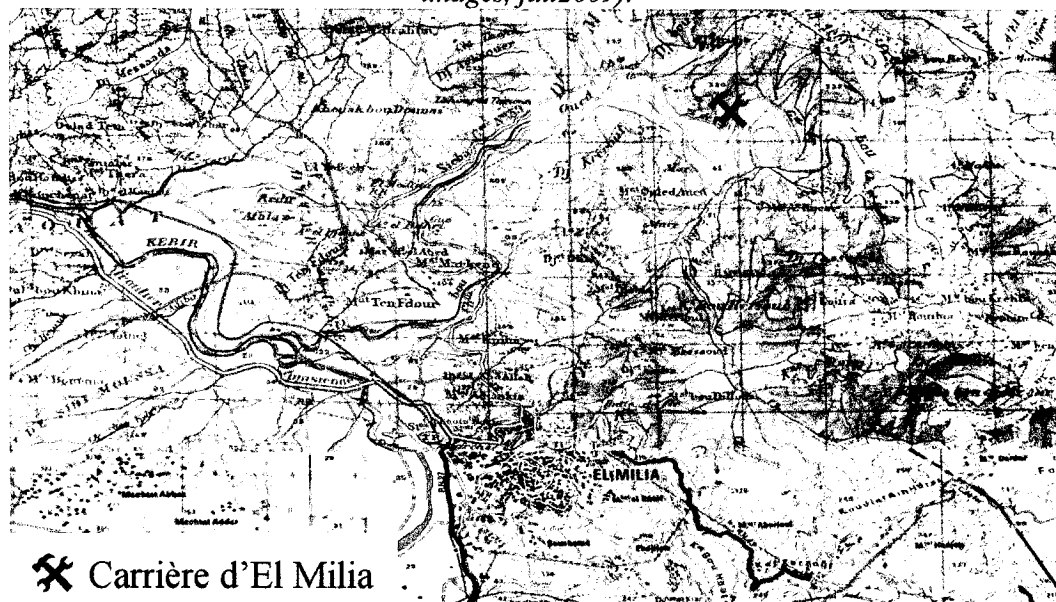


Figure (II.7): carte topographique de la région étudiée (El Milia- 1/1500 ; Institut nationale de la cartographie et télédétection).

**III.3.2 Lithologie du gisement d'El Milia :**

Les carrières de granulats d'El Milia se situent dans les massifs anciens de Petite Kabylie, qui sont formées de terrains métamorphiques (micaschistes, gneiss, phyllades) recouvertes de lambeaux de l'Oligomiocène (argile gréseuse) et traversées par des roches éruptives d'âge Miocène (granite). Sur son parcours, l'oued « Boussiaba » sillonne ces massifs et développe des terrasses alluviales récentes (Quaternaire récent) (*Figure. II.4*).

**III.3.3 Caractéristiques géologiques de la carrière d'El Milia :**

Le massif concerné par Notre étude, faisant partie, du gisement granitique d'El Milia est constitué principalement par des microgranites d'âge Miocène entrecoupant le socle ancien métamorphique (J.P.Bouillin, 1977, Ouabadi ,1994).

Ces microgranites sont également représentés par des petits massifs présentant généralement une morphologie en dôme plus ou moins marqué (Ouabadi, 1994). La découverte dans la carrière est variée de centimétrique à métriques, généralement c'est le résultat d'altération de la roche saine (l'arène granitique).

**III.3.4 Description pétrographique des roches magmatiques de la carrière :**

L'étude pétrographique et minéralogique, montre que la roche exploitée est essentiellement composée de microgranite. Ces microgranites, dans leur matrice, sont durs, compacts, très résistants comme en attestent les fronts de taille. Ces faciès sont à granularité fine et uniforme de couleur gris verdâtre devenant parfois blanchâtre en profondeur, contenant du quartz et accessoirement de phénocristaux de Biotite et Plagioclases.



# ***CHPITRE III***

## ***ETUDE***

### ***PETROGRAPHIQUE***

**III.1 Identification pétrographique des roches :****III.2 Introduction :**

La détermination des caractéristiques des faciès pétrographiques permettra l'estimation des caractéristiques géométriques, géomécaniques des roches par l'utilisation des formules empiriques. Cette méthodologie exploite ainsi les corrélations possibles entre géologie pétrographie et mécanique des roches.

**III.2.1 Quelques définitions :**

**III.2.1.1 La pétrographie :** (du grec Petra, pierre, et graphe, description) est la science de la description et de l'analyse des roches.

Par définition, on nomme roche tout matériau constitutif de l'écorce terrestre. Les matières qui composent les roches sont qualifiées de matières minérales. Une roche peut être formée d'une ou plusieurs espèces minérales. La classification des roches se fait en fonction de la composition, l'origine et les modalités de la formation.

**III.2.1.2 Les roches magmatiques (Eruptives) :**

Sont les produits de la cristallisation par refroidissement, d'une masse silicatée fondue appelée magma. La composition chimique du magma et son mode de refroidissement, lent en profondeur, rapide en surface, déterminent l'une la composition minéralogique, l'autre la taille des grains (J. Deferne et N. Engel ; 2010).

<i>Deux tendances : magmas granitiques ou basaltiques</i>			
<i>composition du magma</i>	<i>origine du magma</i>	<i>teneur en silice</i>	<i>température de fusion</i>
<i>granitique</i>	<i>fusion partielle de la croûte océanique ou continentale</i>	<i>env. 70 %</i>	<i>700°- 800°</i>
<i>basaltique</i>	<i>fusion partielle du manteau</i>	<i>env. 50 %</i>	<i>&gt;1'000°</i>

**Tableau (III.1) :** caractéristiques des magmas granitiques et basaltiques

Les granits sont des roches magmatiques plutoniques, alors que les laves sont des roches magmatiques volcaniques. Le refroidissement du magma s'effectue :

- soit les magmas sont stoppés en profondeur et y cristallisent très lentement et progressivement : il se forme alors des roches plutoniques ;
- soit les magmas viennent s'épancher à la surface de la Terre dans le phénomène du volcanisme : ainsi naissent des roches volcaniques.

➤ **Un magma:** est un liquide visqueux fait de roches fondues, charriant souvent une certaine quantité de cristaux déjà formés et renfermant une certaine quantité des gaz dissous, sa température est comprise entre 700° et 1400°.

Chimiquement, c'est une solution complexe de silicates d'aluminium, de sodium, de potassium, de calcium, de fer et de magnésium, renfermant aussi de petites quantités d'eau et de CO<sub>2</sub>. La teneur en silice (SiO<sub>2</sub>) varie entre 72% pour les magmas granitiques et un peu moins de 50% pour les magmas basaltiques.

La diminution de la teneur en silice s'accompagne d'une augmentation du pourcentage du calcium et des éléments ferromagnésiens au détriment du potassium et du sodium.

Les magmas qui renferment des quantités relativement élevées d'éléments ferromagnésiens (les magmas basaltiques), ne peuvent exister sous forme liquide qu'au-dessus de 1000°. Les magmas pauvres en éléments ferromagnésiens mais riches en silice et en éléments alcalins (les magmas granitiques), peuvent exister sous forme liquide déjà à partir de 700° (J. Deferne et N. Engel, juin 2010).

**III.2.2 Les principales textures des roches éruptives :**

La dimension des minéraux qui constituent les roches dépend de la vitesse de refroidissement du magma. Un refroidissement lent favorise la croissance de cristaux équidimensionnels bien visibles à l'œil nu, dont la taille va de quelques millimètres à plus d'un centimètre. Par contre, le refroidissement rapide des laves empêche le développement de cristaux. La roche est faite de grains très petits, rarement visibles à l'œil nu, accompagnés d'une forte proportion de verre, soit la partie du magma qui n'a pas eu le temps de cristalliser. Les roches d'épanchement renferment souvent quelques cristaux plus gros, ceux qui étaient déjà formés dans le magma au cours de son ascension.

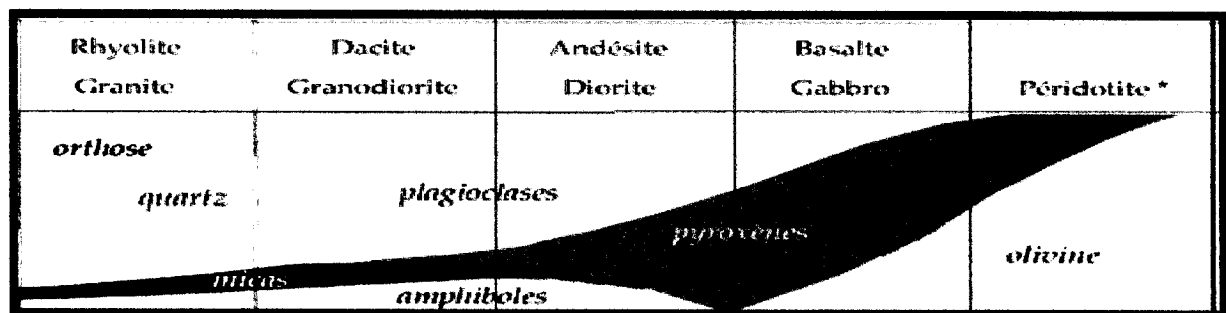
- la texture grenue (grains visibles à l'œil nu) pour les roches plutoniques (photo III.5)
- la texture microlitique (cristaux microscopiques) pour les roches volcaniques (photo III.6)

**III.2.3 Nomenclature des roches éruptives :**

Les roches éruptives sont classées et dénommées en fonction de leur composition et leur texture (Diagramme de Streckeisen ; Classification internationale des roches magmatiques).

Les principaux minéraux qui permettent cette classification par leur présence ou leur absence sont : le quartz, les feldspaths alcalins, les plagioclases et d'autres minéraux comme feldspathoïdes, les micas, l'amphibole, le pyroxène ou l'olivine. L'observation microscopique des lames minces des différentes roches permet d'identifier leurs minéraux et de les dénommées de façon précise.

Les magmas granitiques, riches en silice et très visqueux, se forment principalement dans les zones de collisions continentales et de naissance des chaînes de montagnes. Ils cristallisent le plus souvent en profondeur sous forme de masses plus ou moins circonscrites ou plutons, d'où le terme de roche plutonique.



Composition minéralogique :

orthose quartz albite biotite ou muscovite	orthose plagioclases quartz biotite amphiboles	plagioclases amphiboles biotite	amphiboles pyroxènes biotite	
---	--	---------------------------------------	------------------------------------	--

Figure (III.1) : Classification des roches éruptives et de leur composition minéralogique

### **III.3 Analyse pétrographique des roches de la carrière d'El Milia à l'échelle du front de taille :**

#### **III.3.1 Caractéristiques macroscopiques de la roche :**

L'analyse macroscopique à l'échelle du front de taille a pour objectif de cerner d'abord la structure générale, l'agencement des formations et à la lumière de l'observation de l'échantillon à l'œil nu, ces observations de facies et déformations sont éventuellement confirmées par la suite, par l'analyse microscopique.

La roche sombre, observée dans la carrière d'El Milia, a une couleur grisâtre, parfois blanchâtre (mésocrate), possède une texture microgrenue porphyrique, à grain fin, contenant des phénocristaux de micas, pyroxène, plagioclase visibles à l'œil nu dans une mésostase microcristalline. La roche dense et compacte a une cassure irrégulière.

La prismation est bien nette ; la roche se débite en prismes, dont le diamètre varie entre 15 et 70 centimètres. Cette disjonction prismatique est très souvent encaissée d'enclaves métamorphiques.

L'indice granulométrique de la roche, qui s'exprime par le diamètre moyen de minéraux de la roche, est faible pour la mésostase (phase polyminérales), et millimétrique à centimétrique pour les phénocristaux.

#### **III.3.2 Analyse microscopique de la roche:**

Plusieurs échantillons de roches ont été analysés au laboratoire de pétrographie, après la réalisation des lames minces au labo de Recherche (Université de Jijel). L'analyse microscopique qui a été faite sur lames minces, nous a permis de confirmer les observations macroscopiques et d'appréhender la texture interne de la roche qui aura conséquences certaines sur le comportement de la roche entière sous les diverses sollicitations externes.

##### **III.3.2.1 La réalisation des lames minces de la roche et matériel utilisé:**

Au laboratoire, l'échelle microscopique est utilisée, à partir de lames minces de roches. Une roche est totalement opaque, mais en réalisant des coupes extrêmement fines il est possible de voir à travers les roches. L'observation microscopique en lumière transmise est alors possible, et non plus seulement en lumière réfléchie.

Ci-dessous les différentes étapes de la réalisation des lames minces de roches:

###### **III.3.2.1.1 Préparation du sucre**

Il faut définir la zone d'un échantillon de roche qui est à analyser. Avec une scie diamantée, on découpe un « sucre », petit volume de roche n'excédant pas 8 à 10 cm<sup>3</sup>. La référence de la roche est notée sur le dos du sucre afin d'avoir une traçabilité sans défaut (photo.III.1).

###### **III.3.2.1.2 Imprégnation :**

Dans le cas où la roche est peu cohérente ou très fracturée, une étape d'imprégnation sous vide à la résine fluide est nécessaire pour la consolider.

###### **III.3.2.1.3 état de surface (dressage) :**

Les sucres doivent avoir une planéité parfaite pour être collés ensemble. On réalise cette rectification des surfaces grâce à un lapidaire. C'est un plateau en fonte qui tourne, sur lequel on dispose des poudres abrasives au carbure de silicium de différentes granulométries et qui vont venir user la surface du sucre ou de la lame pour obtenir une surface la plus plane possible (photo III.2).



**III.3.2.1.4 Collage :**

Les sucres sont délicatement collés sur les lames en verre à l'aide d'une résine bi-composant, et la couche de résine doit être la plus fine possible. Toutes ces précautions visent à assurer une observation finale dans les meilleures conditions (*photo III.3*).

**III.3.2.1.5 Sciage :**

La résine résiduelle est enlevée, et la référence de la roche est inscrite directement sur la lame. Le sucre est scié avec un disque diamant (*photo III.4*) de précision qui garde un parallélisme des faces. L'épaisseur de la lame est alors de 300 à 400 micromètres.

**III.3.2.1.6. Rodage :**

Il faut maintenant abaisser progressivement l'épaisseur de la lame jusqu'à ce qu'elle devienne transparente. On utilise une rodeuse (*photo III.5*) qui, à l'aide d'un dispositif d'abrasion au diamant, permet une usure progressive par étapes de 5 à 10 micromètres. Un peu de patience est nécessaire... La roche atteint maintenant une épaisseur de 60 à 80 micromètres.

**III.3.2.1.7 Rodage final :**

L'étape la plus délicate, celle qui demande le plus de finesse, on diminue très lentement l'épaisseur de la roche en vérifiant fréquemment l'avancement du rodage. La mesure de l'épaisseur peut se faire par un micromètre, ou bien directement au microscope sur des minéraux repères. Une fois le rodage terminé, la surface de la roche est plastifiée, polie au diamant ou bien recouverte d'une lamelle de verre (*photo III.6*).

En effet, parmi les difficultés qui nous ont rencontré lors de la réalisation de notre travail, vue le manque de moyen, on a dû effectuer ces dernières étapes, de rodage et rodage final, manuellement.

**III.3.2.2 Matériel utilisé : (voir planche III)**

- Une grosse scie diamantée
- Un Rabot
- La presse lame
- un disque diamant
- les poudres abrasives au carbure de silicium
- microscope
- Nanomètre

**III.3.3 Observation microscopique de la roche :**

L'étude microscopique, menée au laboratoire de pétrographie à l'université de Jijel et qui a été effectuée sur échantillons prélevés de la carrière, révèle deux faciès plus ou moins différents de la roche prélevée, les résultats de l'analyse microscopique, nous ont permis de constater les observations suivantes

**III.3.3.1 Première échantillon :**

Cet échantillon représente la partie inférieure du front de taille de la carrière, (*la lame mince nommé (4)*, il représenté par (*photo III.5*) :

**Les phénocristaux :**

- **plagioclase :**

En lumière naturelle (LPNA), on note une réfringence et une biréfringence faibles. Les macles

polysynthétiques sont extrêmement fréquentes, en lumière polarisée (LPA); le minéral montre une présence de 35% dans la lame mince voir (photo III.17).

➤ **Micas noire (biotite) :**

En lumière naturelle (LPNA) une réfringence de couleur brune, et d'une biréfringence forte avec une extinction droite, allongement positif par rapport à la trace de clivage en lumière polarisée (LPA), la présence de la biotite couvre 20% de la lame mince (photo III.16).

➤ **Pyroxène :**

En lumière Naturelle (LPNA), on note, une réfringence assez forte avec une section normale à l'allongement montrant les deux directions de clivages forts, le clivage fin est régulier, on note aussi, une biréfringence faible, une extinction droite et allongement positif (par rapport à la trace unique du clivage) en lumière polarisée (LPA), la lumière convergente est Biaxes, la présence du minéral pyroxène dans la lame mince est de sept 7 % (photo III.20).

➤ **Les minéraux opaques :**

Ne représente que 4%

➤ **La mésostase :**

La roche étudiée est composée par une matrice microcristalline (*matrice à texture microgrenue*), certains enferment une mésostase essentiellement vitreuse, dont le pourcentage ne dépasse pas 34%.

### III.3.3.2 Deuxième échantillon :

Cet échantillon représente la partie supérieure du front de taille de la carrière, (la lame nommée ; A), (voir photo III.6) :

**Les phénocristaux :**

➤ **Quartz :**

En lumière naturelle (LPNA), on note des cristaux présentant, une forme habitus et taille très variable, généralement exomorphe et pas de clivage ni de couleur aussi un relief faible ; la biréfringence est faible d'extinction droite, mais parfois vérifiable en lumière polarisée analysée (LPA).

Le pourcentage estimé dans la lame mince est de 30% voir (photo III.18).

➤ **Micas noire (biotite) :**

En lumière naturelle (LPNA), on note la présence d'une réfringence de couleur brune, et d'une biréfringence forte avec une extinction droite, allongement positif par rapport à la trace de clivage en lumière polarisée (LPA).

Le pourcentage estimé dans la lame mince est de 20% (photo III.16).

➤ **Plagioclases :**

En lumière naturel (LPNA), on a détecté une faible réfringence et biréfringence. Les macles polysynthétiques sont extrêmement fréquentes en lumière polarisé (LPA) ; Pourcentage estimé dans la lame mince est de 15% (photo III.17).

➤ **La mésostase :**

La plupart des échantillons de roches sont composées par une matrice microcristalline (*matrice à texture microgrenue*), certains renferment une mésostase essentiellement vitreuse dont le pourcentage ne dépasse pas 33% (photo III.21).

**III.3.4 Synthèse d'analyse macro et microscopique et nomenclature de la roche :**

Parmi de nombreuses classifications existantes, celle de A. Streckeisen(1976), reprise récemment par R.W.Lemaitre(1989) (in Ronan Hébert ; 1998) peut être considérée comme le système de classification internationale (l'utilisation de cette nomenclature est recommandée par L'IUGS (union internationale des sciences géologiques). Le principe est très simple .il consiste à classer les roches sur la base de cinq(05) groupes de minéraux qui sont (fig.III.1) :

- **Q** : le quartz et ses polymorphe ; Qza, Qzb, cristobalate, tridymite, coésite, stishovite ;
- **A** : les feldspaths alcalin, c'est-à-dire la série des feldspaths potassique jusqu'à l'albite de teneurAn5 ;
- **P** : les plagioclases (composé entre An5et An100) et scapolite ;
- **F** : les feldspathoïdes (néphéline, leucite, kalsilite, minéraux du groupe de la sodalite, etc, minéraux sous saturés qui réagissent avec le quartz) ;
- **M** : les minéraux ferromagnésiens (Micas, Amphibole, Pyroxène, Olivine), les minéraux métalliques, les grenats, les mélilites, les carbonates primaires et les minéraux accessoire (zircon, apatite, saphène, etc).

**Le premier échantillon :**

La roche a une texture microgrenue porphyrique, une teneur en minéraux blancs supérieur à 10%, on a noté une faible présence de quartz (inférieur à 20%). La roche est de couleur mésocrate (les minéraux blancs plus abandon que les minéraux noirs), et est constituée essentiellement par des plagioclases35% (plus de 50% Anorthite), 20% de micas noir (Biotite) et une faible présence de proxènes 07%, les minéraux opaques présentent 4% et enfin 34% sont consacrés pour la mésostase.

Après la représentation, des résultats obtenus, sur le Diagramme de Streckeisen la roche est une microdiorite.

**Le deuxième échantillon :**

la roche a une texture microgrenue de couleur lococrate riche en minéraux blancs par rapport aux ferromagnésien, elle est aussi constituée de 32% de quartz, 22% de biotites, 15%, de plagioclases et 31% représente la mésostase.

Il est à noter que, suite au polissage médiocre des lame mince, et par manque de moyens consacrés pour cette tâche très importante et endépis des difficultés qui ont affronté le travail d'observation, tel que pour la difficulté de détermination du type de plagioclase, ainsi que certains minéraux de quartz et les minéraux ferromagnésien qui sont presque absent (Amphibole, pyroxène), on note que la roche est une microgranite à biotite.

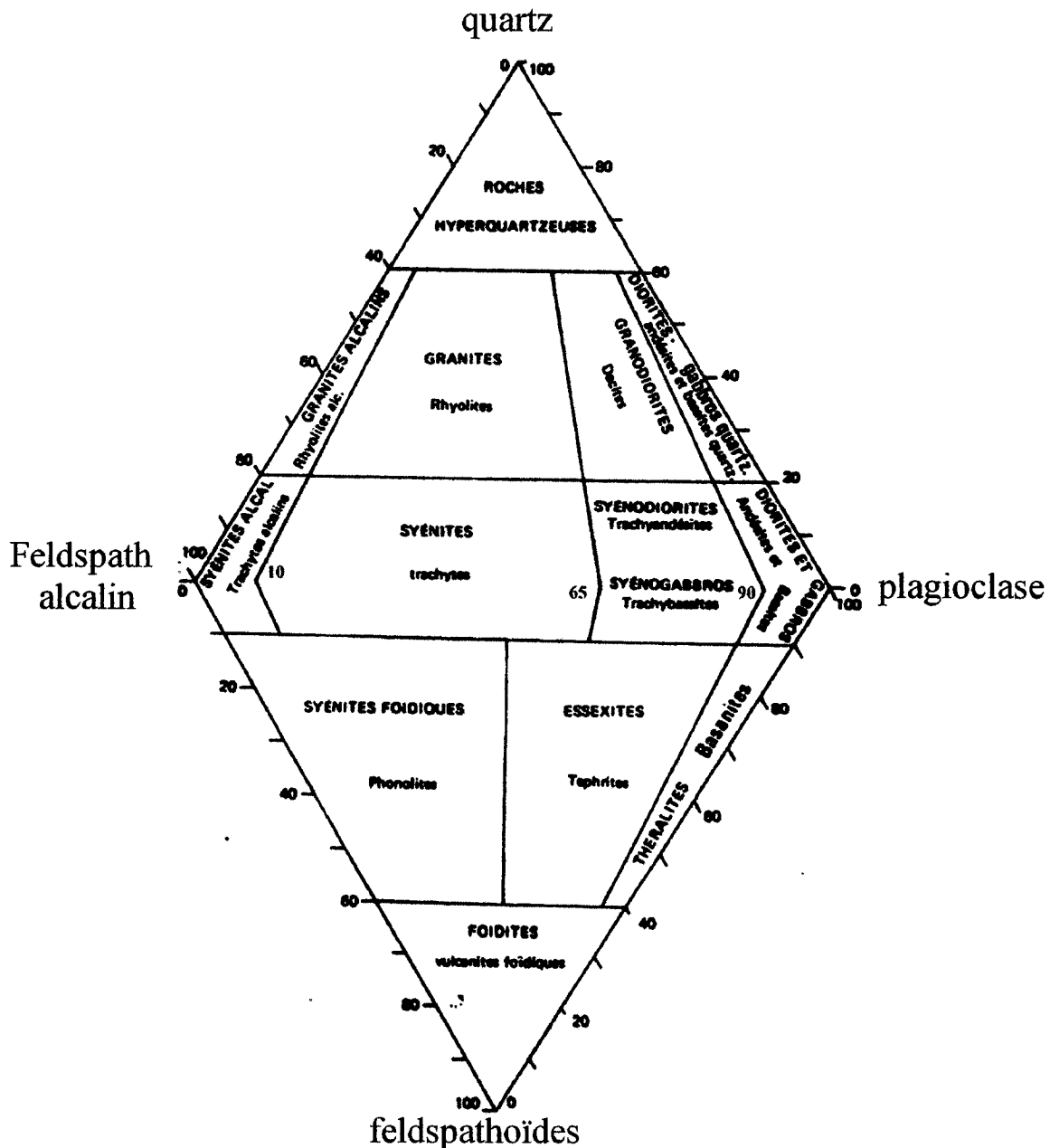


Figure (III.2): Diagramme de Streckeisen (Classification internationale des roches magmatiques).

### III.4 L'influence de certains facteurs sur la qualité des roches exploitées en tant que matériaux de construction:

La nature pétrographique, qui est une propriété intrinsèque, englobant la composition minéralogique, la taille des constituants (tableau III.1), l'état d'altération, la texture, et le degré de la compaction constituent le point de départ important dans le processus de sélection et d'évaluation des matériaux pour des usages fréquents au domaine de construction, en béton ou en routes, voies et ouvrage d'art.

A cet égard, il devient très important de montrer avec un maximum de clarté, les facteurs géologiques susceptibles d'influencer les propriétés physiques et mécaniques des roches étudiées.

Dans ce contexte, plusieurs études, ont été faites pour éclaircir la relation entre la nature géologique des matériaux rocheux et leurs propriétés physiques et mécaniques. Certains

auteurs affirment que la nature minéralogique des constituants, leurs formes, leurs volumes, leurs arrangements et leurs état d'altération ainsi que la présence des micro fissures et vides sont des facteurs importants conditionnant le rang du matériel dans la classification géomécanique (Collis et fox, 1985 ) (in Tebib H. 2002).

On a également constaté que les roches ignées saines sont généralement, plus résistantes aux différents modes de sollicitations que les roches sédimentaires (Ramsay et al, 1974 ; in Tebib, 2002) ceci peut être expliqué par le fait que les liaisons entre les grains constituants les roches ignées et métamorphiques du aux modes de leurs formations sont plus fortes que celles liants les constituants des roches sédimentaires. Le pourcentage et le type de constituants clastiques bioclastiques, argiles, vides et fissures, ainsi que le degré de compaction, et la nature de la phase de liaison influencent considérablement la résistance et la dureté des roches.

**III.4.1 Composition minéralogique :**

Plusieurs travaux, confirment la relation étroite entre la résistance mécanique et la composition minéralogique, parmi lesquels, on cite Tourenq et Archimboud(1974) ; ce que a été montré dans les tableaux suivants :

Matériaux rocheux	Types lithologiques	Pourcentage moyen en quartz	Dimension des grains de quartz	texture
1 2 3	-Schistes argileux à radicelle -Schistes argilo-gréseux à nodules carbonatés -schistes argilo-schisteux	10 15 20	Moins de 40% de diamètre inférieur à 80µm	Empâtée
4 5 6 7	-schistes finement sableux -Schistes finement sableux stratifié -Schistes sableux homogène - Schistes sableux stratifié	40 45 55 60	40 à 60% de diamètre entre 10 et 200µm	Réticulée et empâtée
8	-grès stratifié -grès homogène	70	60 à 90% de diamètre 10 et 300µm	Réticulée à quartzite

**Tableau (III.1) :** Type lithologique des matériaux rocheux sous-sol houilles de la région de Liegeoise (léon la lembert, 1974) in Tebib(2002).

Types lithologiques	I Rc (Bars)	II Rt (bars)	III Rcs %	VI % R <sub>IS</sub>	V E <sub>e</sub> 10 <sup>2</sup> bars	VI Ed 10 <sup>2</sup> bars	VII % Ed <sub>s</sub>	VIII %
1	182	32	90	85	84.8	49.9	--	--
2	215	33	68	48	95.9	59.9	21.3	40.7
3	240	30	58	67	94.6	63.8	34.3	53.2
4	359	39	48	59	--	91.3	38.4	66
5	394	49	53	75	148.8	114.3	67.9	93.5
6	522	40	69	36	183.8	133.4	106.7	135.3
7	565	80	48	31	221.3	176	107.1	144.3
8	1022	101	20	65	278.4	246	235.7	369
9	1392	109	13	23	358	322	348.5	373.9

**Tableau (III.2) :** influence de la lithologie sur l'évolution des divers paramètres Rc, Rt, Ed, E. (Calembert, 1974) in Tebib(2002).

**I:** Contrainte de rupture en compression simple.

**II:** Contrainte de rupture en traction.

**III:** dimension de Rc à l'état saturé.

**IV:** dimension de  $R_t$  à l'état saturé

**V:** module d'élasticité.

**VI:** module de déformabilité.

**VII:** module de déformabilité.

**VIII:** module d'élasticité à l'état saturé.

Néanmoins, la présence de minéraux secondaires ou minéraux d'altération diminue, considérablement, la résistance de la roche.

La composition minéralogique et la texture ; ensemble, jouent un rôle important dans la résistance du matériau. Cette étude faite par Palo-Chiapolini (1974), sur les grès de la région de Liégeoise, a montré que ceux à texture réticulée sont caractérisés par une résistance à la compression simple supérieure à celle des grès ayant une structure empâtée. En effet, les grès ne possèdent la texture réticulée que lorsque la teneur en quartz dépasse les 60%, au-dessous de cette teneur, la résistance est pratiquement celle de la matrice argileuse (Tebib, 2002).

Dans le cas des basalts, la résistance à la compression simple augmente avec l'augmentation du pourcentage des phénocristaux. Dans ce contexte, Tourenq et Archimbaud (1974) ont utilisé la dureté de Vickers pour estimer la compression uniaxiale.

Quoi que la composition minéralogique est importante dans la détermination ou la prévision de la résistance de la roche, la texture, la taille et la forme des grains et le degré de compaction jouent un rôle primordial (Calembert, 1974 ; in Tebib H ; 2002).

#### **III.4.2 La taille des grains :**

La taille des grains est l'un des facteurs les importants qui influence la résistance des matériaux des rocheux. Les travaux faits dans ce domaine, ont montré que les valeurs principales, de la résistance au cisaillement augmente quand la taille des grains décroît (Dyke et Dobereiner, 1991) in Tebib (2002).

En pratique, il est très connu que la mesure de la taille des grains se fait à l'aide du micromètre sous le microscope polarisant. Ce procédé se fait systématiquement avec l'analyse modale, où jusqu'à 300 grains peuvent être mesurés et leur moyenne arithmétique est prise comme une taille caractérisant les matériaux rocheux. Ainsi, l'influence de la taille des grains sur les propriétés géotechniques peut être, montré, si on utilise des matériaux sains, de même composition minéralogique, et ayant des tailles des grains différentes tel que : basalte, dolerite, et gabbro. Pour ces trois types de roches la résistance à la compression simple ( $R_{cs}$ ) est la plus élevée pour le basalte, moyenne pour la dolerite et la moins élevée pour le gabbro (Boumezbeur et Ramsay, 1998) in Tebib (2002).

Les différentes propriétés mécaniques varient en fonction du grain, de la composition minéralogique et de la structure de la roche (Abdoulaye DIA, 1982)

#### **III.4.3 L'impact de la tectonique :**

Les travaux faits dans le domaine de la déformation, montrent que l'empreinte de la tectonique s'explique à toutes les échelles d'observation de la faille régionale, aux microstructures.

La caractérisation et l'influence des discontinuités à toutes les échelles des matériaux rocheux, a fait l'objet d'une étude détaillée, Blin-Lacroix et Tomas (1996) in Tebib (2002), ont montré que les matériaux naturels présentent la propriété, très générale, d'être discontinus pratiquement à toutes les échelles. Ces discontinuités portent alors des normes divers tel que

les failles d'influence régionale ou locale, fractures, fissures, ou encore dislocations au niveau de l'édifice de base, sans oublier, également, les discontinuités dont l'origine n'est pas mécanique et en particulier dans le matériau qui présente une grande proportion de minéraux clivés (plusieurs sens de clivage tel que pyroxènes, amphiboles... etc).

#### **III.4.4 La présence de minéraux d'altération :**

La présence des minéraux d'altération chlorite, séricite, vermiculite...etc, ainsi que de minéraux argileux et d'hydroxydes de fer se traduit toujours par une baisse importante de la résistance mécanique et une très forte sensibilité à l'eau du matériau. Les valeurs du rapport inférieures à 0,30 correspondent et dans la plupart des cas à des matériaux altérés ou présentant des traces d'altération.

La séricite et les chlorites non gonflantes, ne sont cependant que relativement peu hydrophiles, et il faut surtout rechercher les causes de la sensibilité à l'eau des matériaux altérés dans la présence de micas-vermiculites, d'argiles, de colloïdes hygrophiles tel l'hydroxyde de fer qui imprègne la plupart des roches à minéraux ferromagnésiens en voie d'altération (*G. CHEVASSU ; 1969*)

#### **III.5 Problème de réactivité des granulats :**

Pendant longtemps, on a cru que les granulats utilisés pour la fabrication du béton étaient chimiquement inertes. Depuis que le phénomène d'expansion et de détérioration précoce du béton par l'alcali-réaction a été identifié pour la première fois en 1940 dans un barrage aux Etats-Unis, le problème a été reconnu dans quasiment tous les pays du globe.

C'est aujourd'hui un sujet très étudié qui est à la 12<sup>ème</sup> place au classement des causes de détériorations des ouvrages en béton. (*Steve Lesquereux ; 2000*)

##### **III.5.1 Définition de la réaction alcali-granulats :**

La réaction alcali-granulat est une réaction chimique entre des granulats réactifs et les alcalins (sodium et potassium) contenus dans le ciment et la roche. Cette réaction produit une expansion à l'intérieur du béton qui va créer des tensions, puis des gonflements et des fissures.

Le terme d'alcali-réaction désigne un ensemble de réactions chimiques qui peuvent se produire entre les alcalins contenus dans le béton et certaines phases minérales présentes dans les granulats. Trois conditions doivent être simultanément remplies pour que ces réactions puissent avoir lieu. Il faut que le granulats soit potentiellement réactif, que l'humidité relative excède 70 à 80% et que la concentration en alcalins dépasse un seuil critique. Les alcalins contenus dans le béton peuvent provenir de tous les ingrédients qui le composent : ciment, granulats, additions minérales, adjuvants, eau de gâchage. (*Steve Lesquereux ; 2006*)

Elles conduisent à l'attaque des agrégats et à la formation de gels hydrophiles. Cette attaque se traduit par une diminution des propriétés mécaniques du béton (résistance à la compression, à la flexion, modification du module d'Young) et par un gonflement caractéristique.

##### **III.5.2 Les conditions des réactions alcali-granulats :**

Pour qu'une réaction alcali-granulat puisse se déclencher, il faut que 3 conditions soient réunies :

➤ **Une teneur suffisante en alcalins**, dont la plus grande part est contenue dans le ciment mais que l'on peut également retrouver dans certains granulats (comme les verres volcaniques, les feldspaths et les Micas), dans les ajouts (comme les laitiers et les cendres volantes qui contiennent beaucoup moins d'alcalin actif que le ciment) et les adjuvants qui sont peu actifs.

➤ **Des granulats réactifs**, dont le type peut faire varier la réaction. Certains granulats ont une composition minéralogique plus réactive que d'autres. Un granulat concassé sera plus réactif qu'un granulat roulé car ses parties fraîchement mises à nu par le concassage présentent plus de matière réactive.

➤ **Une humidité constante du béton de 70 à 80%** qui va permettre le transport des alcalins vers les phases réactives. On entend par là que seuls les ouvrages en béton qui sont constamment en contact avec de l'eau comme les piscines, les murs de soutènement, les tunnels, les barrages et autres ouvrages hydrauliques contiennent assez d'humidité pour que la réaction puisse se produire. On peut rajouter à ces ouvrages, tous les éléments en béton qui ne sont pas en contact avec l'eau, mais qui ont une grande épaisseur, dont l'humidité ne descend pas en général en dessous de 70%.

D'autres facteurs pourront influencer la réaction comme des hausses de température qui peuvent largement l'accélérer ou des charges alcalines externes dues aux eaux souterraines, aux eaux sulfatées et aux eaux issues des sels de déverglaçage. (Steve Lesquereux ; 2006)

### III.5.3 Les type de réactions alcali-granulats :

Il existe 3 types de réactions alcali-granulats, la réaction alcali-silice, la réaction alcali-silicate ainsi que la réaction alcali-carbonate.

➤ **La réaction alcali-carbonate** : Cette réaction est créée avec des granulats composés de dolomite argileuse et de calcaire à grains fins avec inclusion de minéraux argileux.

*L'alcali-silice et l'alcali-silicate ont un processus de réaction presque semblable l'une de l'autre. Par contre, leur temps de réaction est très différent.*

➤ **La réaction alcali-silice** est le type le plus courant des réactions qui se produit en général dans un délai de quelques années après la fabrication de l'élément en béton.

➤ **La réaction alcali-silicate** qui va se produire en général quelques décennies après la fabrication de l'élément en béton. (Steve Lesquereux ; 2006)



Familles de roches	Roches dans lesquelles des phases minérales réactives peuvent se produire	Phases minérales réactives	Type de réaction
Roches cristallines (plutoniques)	Granites, granodiorites, diorites, etc.	* Quartz microfibreux, poreux	alcali-silicate
Roches volcaniques	Rhyolites, dacites, andésites, obsidiennes, tufs	⊗ Formes de quartz instables à hautes températures: tridymite, cristobalite	alcali-silice
		⊗ Acide silicique cryptocristallin: calcédoine	alcali-silice
Roches métamorphiques	Gneiss, schistes, mylonites, quartzites, cornéennes	⊗ Acide silicique hydratisé, amorphe: opale	⊗ alcali-silice
		* Quartz fissurés, déformés	alcali-silicate
		* Feldspaths altérés, poreux, déformés	alcali-silicate
		* Micas en fins cristaux	alcali-silicate
		* Quartz crypto- et microcristallins	alcali-silice
Roches sédimentaires	Grès, grauwackes, siltites, silex, calcaires siliceux	⊗ Feldspaths altérés, poreux, déformés	alcali-silicate
		⊗ Argiles en fin cristaux, micas	alcali-silicate
		⊗ Quartz crypto- et microcristallins	alcali-silice
		⊗ Acide silicique cryptocristallin: calcédoine	alcali-silice
		⊗ Acide silicique hydratisé, amorphe: opale	alcali-silice

Tableau (III. 3) Les principaux minéraux et roches réactifs. (Kurt Hermann, 2000)

### III.5.4 Mécanisme des réactions

- Granulat avec acide silicique sensible aux alcalins.
- Grâce à l'humidité relative du béton, il y a une migration des ions alcalins du ciment vers les granulats.
- Diffusion des ions alcalins et de l'eau à l'intérieur du granulat et réaction avec l'acide silicique sensible aux alcalins pour former du gel de silice.
- Augmentation de la pression à l'intérieur du granulat due à la poursuite de la réaction et à l'absorption d'eau.
- Lorsque la résistance à la traction du granulat est dépassée, il y a fissuration suivie d'une faible formation de gel de silice.
- Désagrégation du granulat suivi d'une forte formation de gel. (Steve Lesquereux; 2000)

### III.5.5 Les dégâts

La fissuration en réseau est le dégât le plus fréquemment rencontré sur les parements des ouvrages atteints par les réactions. Cette fissuration est généralement irrégulière et peut prendre la forme d'un faïençage avec des mailles de petites dimensions (20 à 50 mm). Elle peut aussi prendre la forme d'un réseau de fissures de dimension plus grande (30 à 40 cm).

Les ouvertures des fissures sont variables suivant l'état d'avancement des réactions. Elles peuvent être de quelques dixièmes de millimètres pour un petit faïençage et atteindre quelques millimètres pour une fissuration à larges mailles.

La profondeur des fissures évolue aussi en fonction du degré d'avancement des réactions. Elle peut atteindre quelques centimètres, voire se propager en profondeur jusqu'au stade ultime où la paroi en béton se transforme en un assemblage de moellons retenus par les armatures.

Ces fissures sont souvent soulignées par une couleur blanchâtre provenant de l'exsudat du gel de silice qui ressort à la surface du béton ou par une couleur brunâtre due à la corrosion des armatures.

### III.5.6 Les réactions alcali-granulats pouvant affecter le microgranite d'El Milia :

Les essais effectués de réactivité aux alcalins sur des granulats de la carrière d'El Milia en 2005, dans le cadre de la réalisation du barrage de Boussiaba à l'EDF (Division Ingénierie Nucléaire) en France (voir annexe III), ont montré que, en ce qui concerne l'alcali-réaction, sa réactivité potentielle, alcali-silice, doit être considérée comme probable d'un point de vue pétrographique en raison de la présence de silice mal cristallisée dans la matrice microcristalline.



## Planche III

- Photo(III.1): Enclave magmatique (microgranite d'El Milia, 2012).*
- Photo(III.2): Texture microgrenue porphyrique (microgranite d'El Milia, 2012).*
- Photo(III.3): batholites de diamètre environ 20cm, microgranite d'El Milia (débit en prisme).*
- Photo(III.4): batholites de diamètre environ 70cm, microgranite d'El Milia (Ouled Arbi).*
- Photo(III.5): première échantillon (microdiorite lame mince 4)*
- Photo(III.6): deuxième échantillon (microgranite, lame mince A)*
- Photo(III.7): Rabot (labo de recherche, Université de Jijel, 2012).*
- Photo(III.8) : grosse scie diamantée (labo de recherche, Université de Jijel, 2012)*
- Photo(III.9): nanomètre (labo de recherche, Université de Jijel, 2012)*
- Photo(III.10): disc diamantée (labo de recherche, Université de Jijel, 2012)*
- Photo(III.11): sucre collée sur les lames de verre mise en presse lame*
- Photo(III.12): polissage manuelle des lames minces*
- Photo(III.13): lame mince finie*
- Photo(III.14): deux sucres collés sur des lames de verre*
- Photo(III.15): microscope optique (labo de microscopie département STU, 2012)*
- Photo(III.16): biotite (10x) en lumière polarisée analysé*
- Photo(III.17): plagioclase zoné (x10 en LPA); indique un refroidissement plus ou moins rapide*
- Photo(III.18): amphibole (10x)*
- Photo(III.19): quartz (10x)*
- Photo(III.20): observation microscopique d'un échantillon de microgranite d'El Milia 1 : biotite, 2 : plagioclase, 3 : mésostase (matrice microcristalline).*
- Photo(III.21): Ortho pyroxène (10x en LPA)*
- Photo(III.22): Mur d'entrée d'un tunnel atteint d'une réaction alcali-granulat (Suisse).*

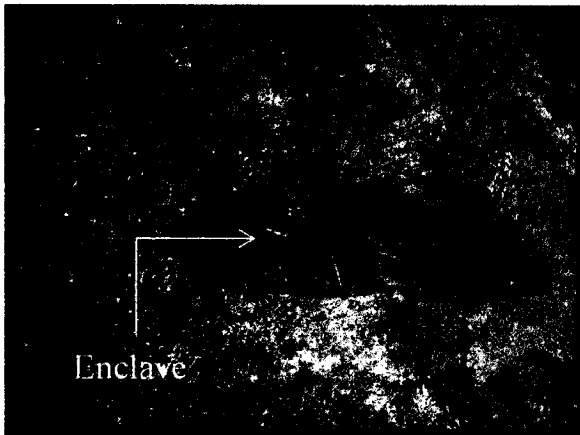


Photo (III. 1)

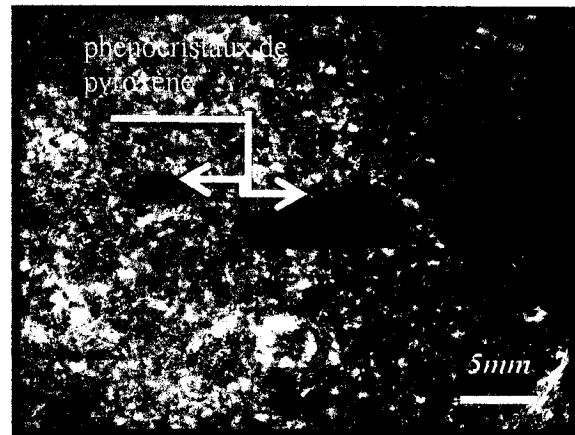


Photo (III. 2)



Photo (III. 3)

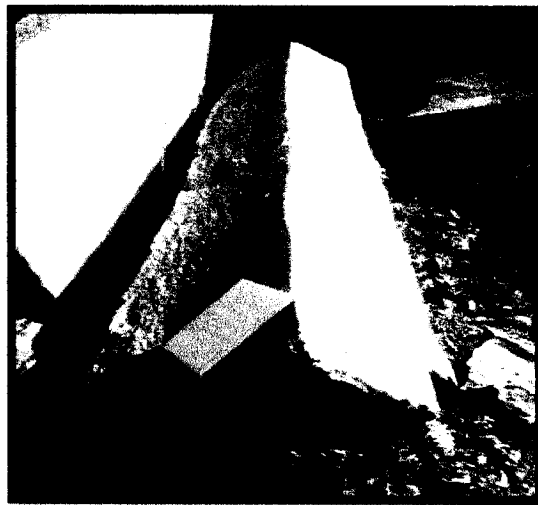


Photo (III. 4)



Photo (III.5)

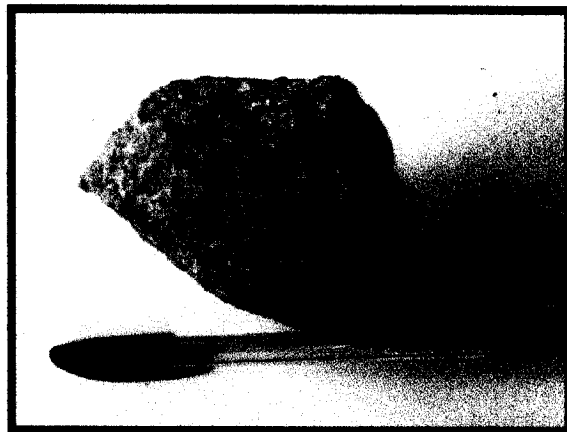


Photo (III.6)

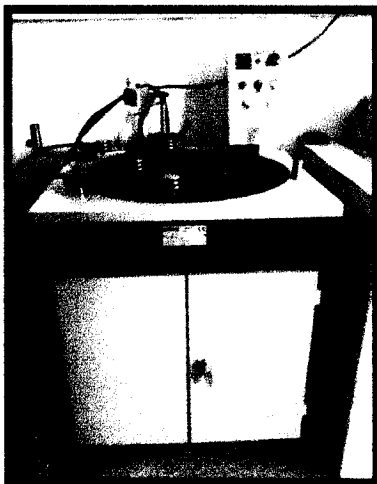


Photo (III. 7)

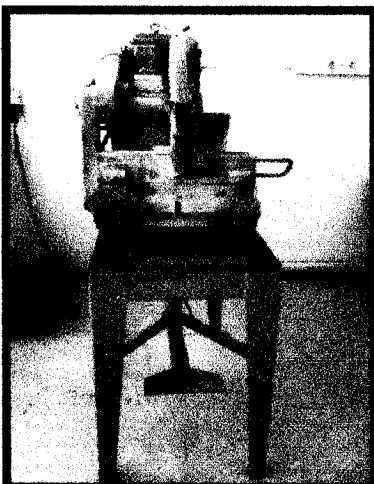


Photo (III. 8)

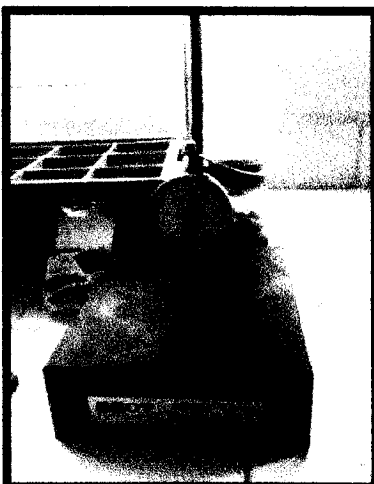


Photo (III. 9)

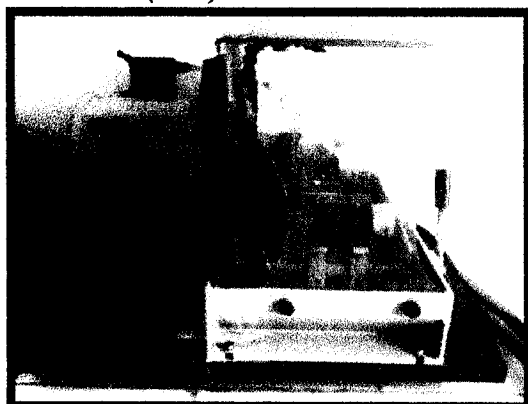


Photo (III. 10)

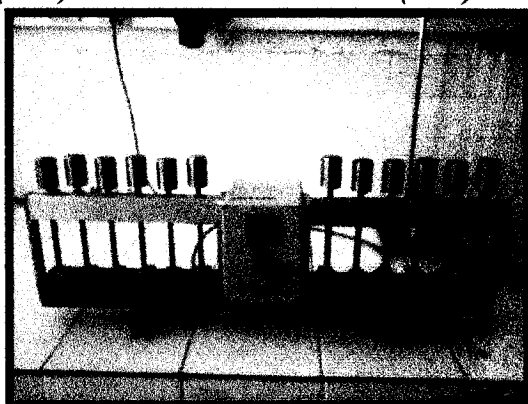


Photo (III. 11)

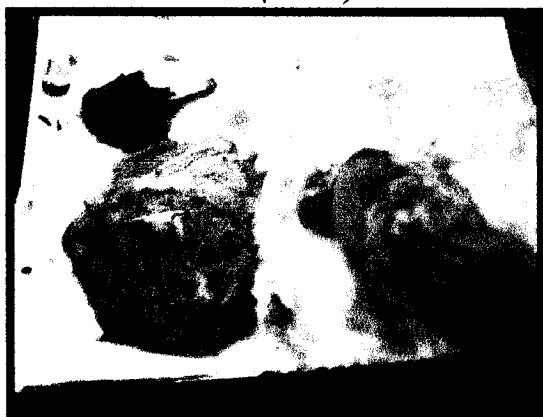


Photo (III. 12)

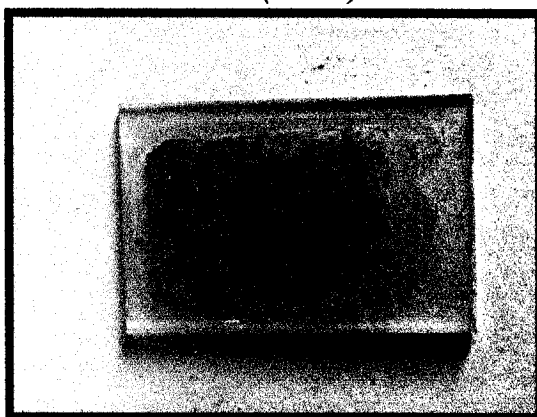


Photo (III. 13)

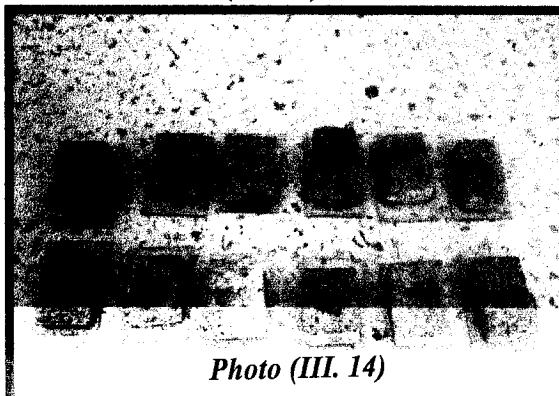


Photo (III. 14)

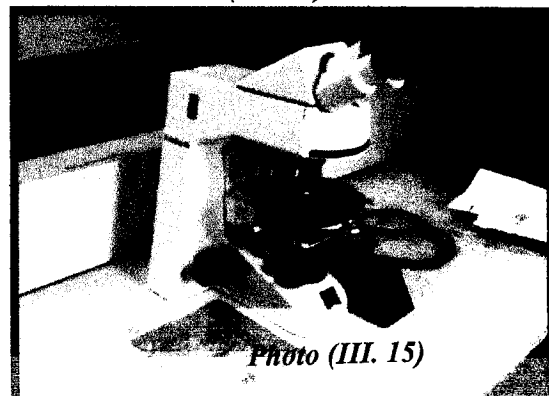
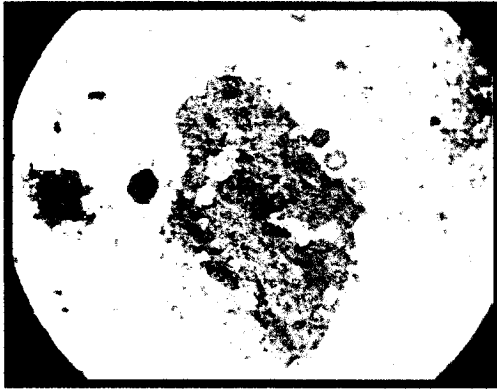


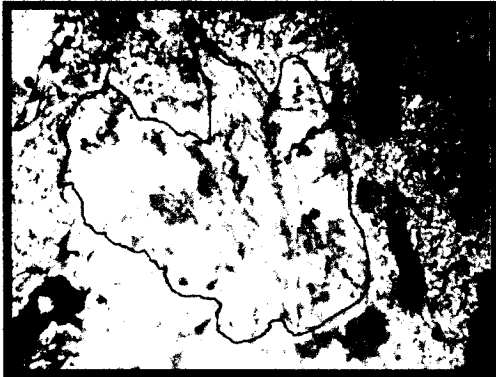
Photo (III. 15)



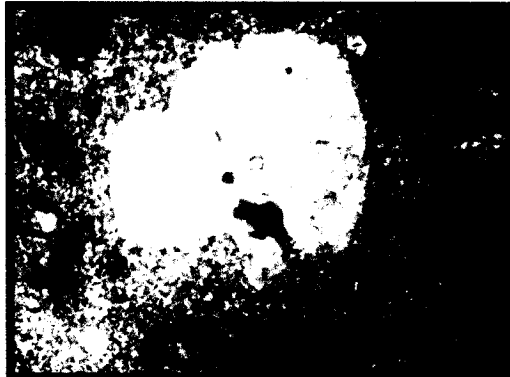
*Photo (III. 16)*



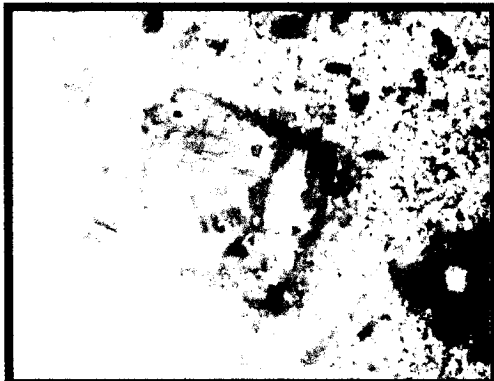
*Photo (III. 17)*



*Photo (III. 18)*



*Photo (III. 19)*



*Photo (III.20)*



*Photo (III.22)*



*Photo (III. 21)*

# ***CHPITRE IV***

***CARACTERISTIQUES***

***GEOMETRIQUES***

***ET***

***GEOMECHANIQUE***

**IV.1 Introduction :**

Les granulats sont utilisés dans le bâtiment essentiellement par le biais des bétons. Les travaux publics recourent à une plus grande variété de formes : granulats à l'état, graves traitées, bétons pour ouvrages d'art, enrobés bitumineux, granulats issus du recyclage des chaussées ou des matériaux de démolition.

Il devient impérative que les granulats issus de roches naturelles soient dures, propres, durables, non réactifs et ne contiennent aucune substance pouvant avoir un effet contraire sur la qualité du béton. Dans la structure de la route, soit constituant la couche de roulement ou la couche de base, les granulats doivent résister, sans ruptures excessives, aux contraintes imposées par le trafic.

Dans ce contexte, certaines qualités désirées peuvent être partiellement ou totalement contradictoires, par exemple, les roches ayant une bonne résistance aux chocs et à l'abrasion, peuvent avoir des propriétés anti-polissages médiocres. Les roches dont les constituants minéralogiques ont une dureté comparable, tendent à s'user uniformément et lentement donnant une surface lisse et glissante. Ceci a mené certains chercheurs de conclure que le terme qualité doit être spécifique à l'environnement ou le matériau va servir (couches de roulement, couches de bases... etc.).

Il est devenu habituel de tester les granulats avant de prendre la décision concernant leurs acceptation ou rejet, quoique la réputation du produit et sa bonne performance, dans des conditions similaires, puissent être prises comme critères de sélection.

Pour cela, la détermination de la propriété spécifique des granulats est accomplie par une série d'essais standards et normalisés dont nous citons :

- Essaie au choc (fragmentation dynamique): NF P 18-650-2.
- Essaie de la résistance à l'usure (Micro-Deval): NF P 18-572.
- Équivalent de sable : NF P 18-598.
- Analyse granulométrique par tamisage : NF P 18-560.
- Mesure de masses volumiques NF P 18-554

Les nouvelles normes européennes ont introduit de légères modifications à la nomenclature des granulats définie par la norme française citée ci-dessous.

<i>Définition</i>	<i>Granulats pour</i>		<i>Granulats pour Mélanges bitumineux et enduits EN 13043</i>	<i>Granulats pour GNT et GTLH EN 13242</i>
	<i>Béton</i>	<i>mortier</i>		
	<i>EN 12620</i>	<i>EN 13139</i>		
sable	d = 0 D ≤ 4	- -	- D ≤ 2	d = 0 D ≤ 6,3
gravillon	d ≥ 2 4 ≤ D ≤ 6,3	d = 2 D = 4	d ≥ 2 2 < D ≤ 45	d ≥ 1 2 < D ≤ 90
grave	d = 0 2 < D ≤ 45	- -	- 2 < D ≤ 45	- 6,3 < D ≤ 90

*Tableau(IV.1) : Nomenclature des granulats selon les nouvelles normes européennes.*



Cette étude consiste à faire des mesures sur les produits finaux élaborés au niveau de la carrière, ces mesures viennent compléter l'étude minéralogique et pétrographique servant à identifier la roche exploitable, à partir de laquelle, on extrait le granulats.

Le granulats étant un ensemble de grains, il peut déjà être caractérisé géométriquement par la dimension des grains, leur forme, leur angularité. La résistance mécanique englobe la fragilité, la résistance à l'attrition, la friabilité des sables. Les caractéristiques physiques sont essentiellement la masse volumique apparente des grains et leur propreté. Il existe une grande gamme d'essais de laboratoire destinés à évaluer autant de propriétés permettant la désignation des granulats, citons à titre d'exemple les propriétés thermiques et l'altérabilité des granulats (détermination de la résistance au gel/dégel, détermination du retrait au séchage, détermination de la résistance au choc thermique...). Dans le cadre de ce chapitre de mémoire nous nous contentons de réaliser les essais classiques déterminant les propriétés géométriques et géomécaniques des produits dérivés. Ces tests des propriétés ont permis d'apprécier la qualité des matériaux produits dans la carrière d'El Milia.

#### **IV.2 Echantillonnage et préparation de spécimens pour essai (NF P18-553) :**

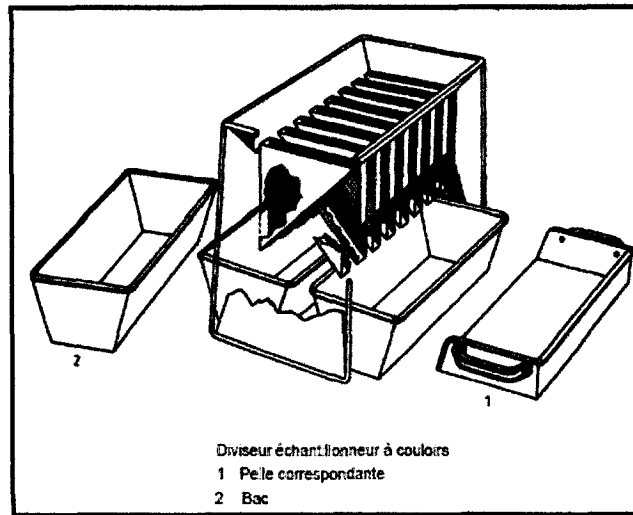
Tous les résultats des essais dépendent du soin apporté à la réalisation de cette opération de préparation, tous les échantillons prélevés à partir de la carrière d'EL Milia ont été préparés conformément à la norme P18-553 suivant la nature de l'échantillon (*voir annexe IV.1*), soit : Par quartage ou fractionnement manuel d'une quantité de matériau. Cette méthode est à utiliser lorsqu'on a des quantités de matériau importantes, au moyen de diviseurs «échantillonneurs», appareils séparant en parties égales une quantité de matériau déterminée.

##### **IV.2.1 Séparation par quartage (*Figure IV.2*) :**

- Brasser le matériau.
- Constituer un tas homogène, étalé sur une surface lisse.
- Séparer le tas étalé en quatre parties à peu près égales, suivant deux axes perpendiculaires et prélever deux parties opposées.
- Mettre en tas étalé ces deux parties opposées et refaire l'opération si cette quantité est trop importante pour l'essai que l'on veut effectuer.

##### **IV.2.2 Séparation au moyen de diviseurs (*Figure IV.1*):**

- Verser le matériau à l'aide de la pelle dans le diviseur, (*figure IV.1*). Veiller à ce qu'il soit uniformément réparti sur toute la surface de la pelle correspondant à l'appareil utilisé.
- La largeur des couloirs doit être supérieure ou égale à 2 D, D exprimé en millimètres est la plus grande dimension spécifiée.
- S'assurer que le nombre de couloirs est pair (en obstruant au besoin l'un des couloirs extrêmes), supérieur ou égal à 14 et que leur largeur est identique.
- Si la quantité obtenue dans chaque bac est trop importante pour l'essai envisagé, recommencer l'opération avec le matériau d'un des deux bacs



**Figure(IV.1) : Diviseur échantillonneur à couloir**

**IV.2.3 Choix de la méthode de préparation :**

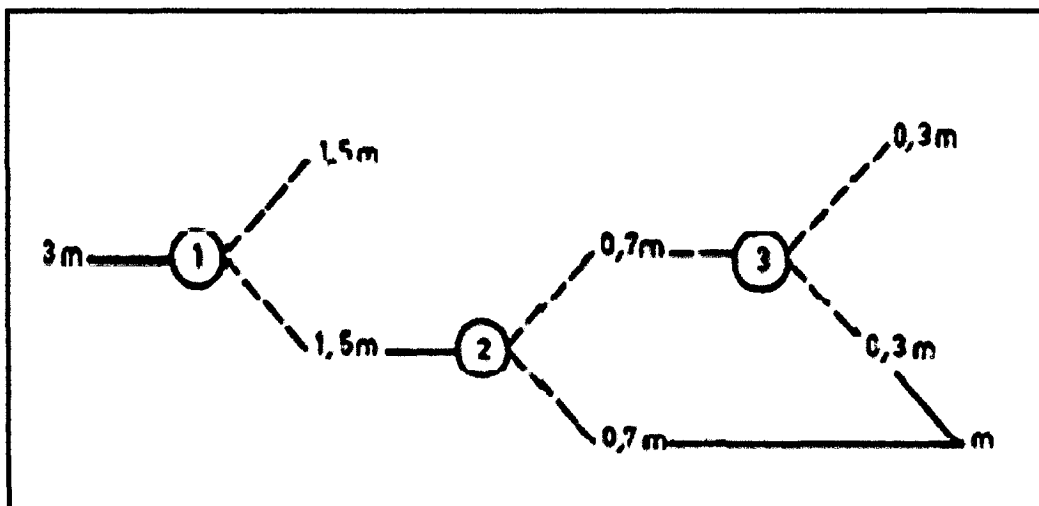
La méthode à utiliser dépend de la grosseur des éléments et de la quantité totale de matériau à fractionner. Au-delà de 50 kg, il est préférable d'utiliser le quartage. Si l'on ne dispose pas de diviseurs de dimensions suffisantes, on peut soit quarter, soit isoler par tamisage les éléments trop gros et les quarter séparément dans les mêmes proportions que les éléments plus fins.

**IV.2.4 Nombre de partages :**

Pour obtenir la quantité nécessaire à la réalisation du ou des essais prévus, essayer de partager le moins possible à partir de la masse totale de matériau (Figure IV.2).

- Si  $m$  est la masse nécessaire pour l'essai, prélever cette quantité à partir de la masse initiale  $M$ , en effectuant les opérations suivantes :
- Si  $M$  est sensiblement égal à 2, 4, 8  $m$ ...faire 1, 2, 3...partages successifs.
- Si  $M$  est différent de ces valeurs il faudra faire 2, 3, 4... Partages successifs suivant la (figure IV.2).

Si  $M$  est inférieur à 1,5  $m$  : faire les partages successifs en conséquence, sauf pour l'analyse granulométrique par tamisage, où il est préférable de prendre la totalité pour l'essai.



**Figure(IV.2) : Schéma de l'opération de partage d'échantillon pour essai**

### **IV.3 Caractéristiques géométriques des granulats :**

#### **IV.3.1 Analyse granulométrique :**

##### **IV.3.1.1 Introduction :**

Pour de nombreux travaux de construction, et pour l'exécution de nombreux essais, il est nécessaire de connaître certaines caractéristiques des matériaux utilisés. L'analyse granulométrique est la première de ces opérations ; elle caractérise les granulats en déterminant la grosseur des grains qui les constituent, et les pourcentages des grains de chaque grosseur. L'influence de la dimension des grains sur le comportement des matériaux confectionnés à partir des granulats, est considérable. En fait, dans le domaine du béton, elle débouche directement sur ses caractéristiques qualificatives, en particulier sur la compacité qui traduit sa résistance, la porosité, la durabilité, la quantité de liant et d'eau nécessaires. Dans un corps de chaussée l'arrangement granulaire joue un rôle important dans sa stabilité et dans l'intégrabilité entre ses couches.

En revanche un granulats dont la fraction fine est constituée d'éléments ayant la taille comprise entre 0,01 mm et 0,08 mm est considéré tolérable, en raison des avantages qu'une telle propriété peut fournir, que ce soit au niveau de la résistance, ou de la durabilité.

Les résultats obtenus à partir de l'essai granulométrique s'exploitent afin de :

- se situer vis-à-vis des spécifications et des tolérances,
- permettre un choix optimal des matériaux utilisés dans la réalisation d'un projet,
- détecter les variations de granulométrie assez importantes pour justifier des corrections.

L'ensemble des analyses granulométriques que nous avons réalisé a été fait au laboratoire des matériaux des sciences de la terre et de l'univers, université de Jijel, conformément à la norme Française NF P 18-560 (équivalent de la norme algérienne NA 2607-1992) (voir annexe IV.2).

L'analyse a été réalisée par voie sèche, sur quatre(4) classes granulaires 0/3 – 3/8 -8/15 et 15/25(photo III.03 ; voir planche IV) obtenues au niveau de la carrière d'El Milia.

Il nous a semblé utile d'élargir l'application des différents tests à plusieurs classes granulaires. Pour obtenir ces classes nous avons utilisé les cribles dont la taille des mailles est 3 mm – 8 mm – 15 mm – 25 mm disponible dans la carrière. L'opération de criblage a été effectuée par tamiseuse (photo III.2), les résultats des tests géotechniques ne peuvent par conséquent être étroitement liés à d'éventuelles défaillances des équipements de la station de traitement installés dans la carrière d'El Milia (Bouzekri Rabah).

##### **IV.3.1.2 Représentation et discussion des résultats :**

Les résultats d'analyse granulométrique nous ont permis de tracer les courbes granulométriques (Figure IV.1, IV. 2, IV.3, IV.4) de chaque fraction, à partir desquelles on a pu tirer l'ensemble des paramètres permettant la caractérisation de la fraction à savoir : le coefficient de courbure et d'uniformité, le module de finesse, teneur en fines et l'appellation réelle du granulats 0/3.15 (Tableau IV. 1) et de les comparer aux spécifications préconisées dans les CPS en Algérie.

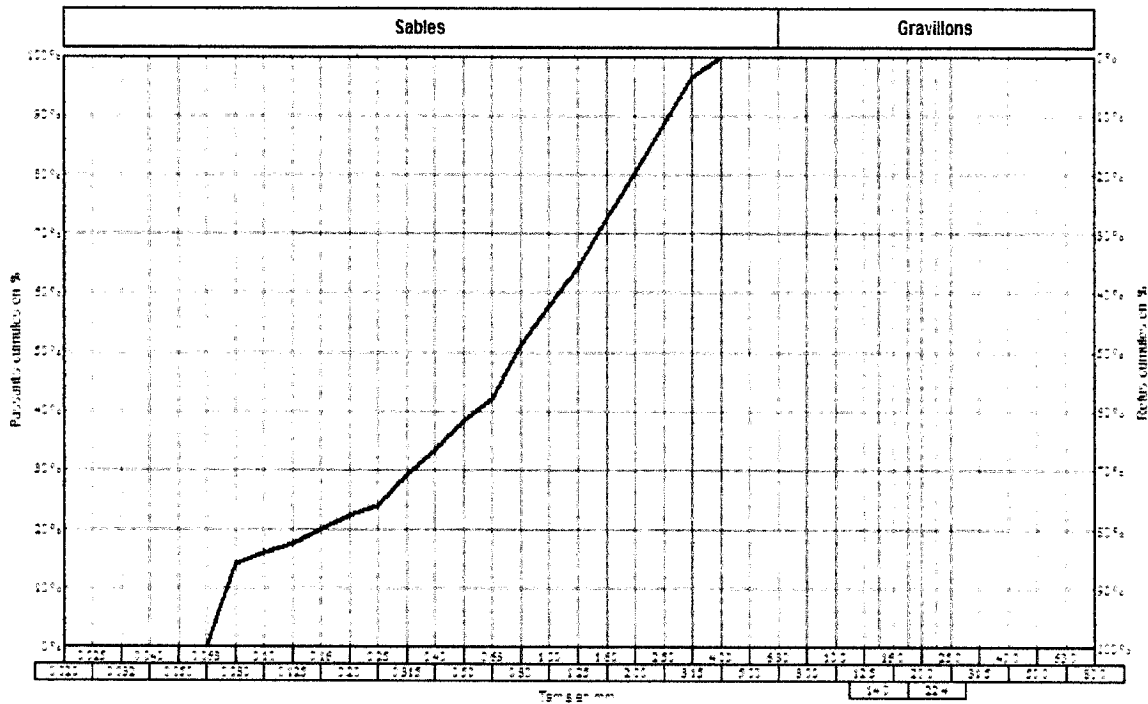
## CHAPITRE IV CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES ET GEOMECANIQUES

### Sable 0/3 :

La courbe granulométrique du sable reflète une distribution dimensionnelle continue ou étalée (Figure IV.3), avec une appellation réelle 0/3 (conforme aux spécifications d'où la dimension D doit être inférieure ou égale à 4 mm).

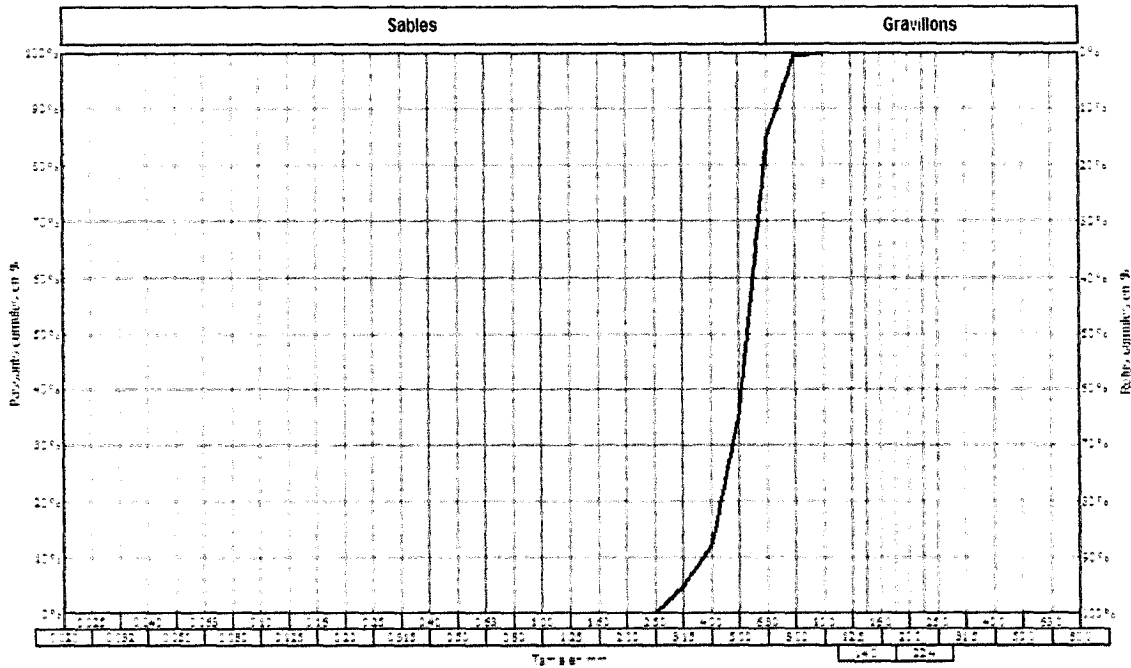
Fraction	Coefficient de courbure $C_c$	Coefficient d'uniformité $C_u$	Module de finesse MF	Teneur en fines (< 0.08mm)	Propreté superficielle des gravillons	Appellation réelle
Sable 0/3	01.24	12.50	2.59	14,34	-	0/3
Gravillon 3/8	01.25	01.25	-	-	05.08	3/8
Gravillon 8/15	0.64	01.56	-	-	02.335	8/20
Gravillon 15/25	01.01	01.25	-	-	01.27	16/31.5

Tableau (IV.02) : Tableau récapitulatif des résultats d'exploitation des courbes granulométriques des différentes fractions.



Figure(IV.3) : Courbe granulométrique du sable 0/3 de la carrière d'El Milia.

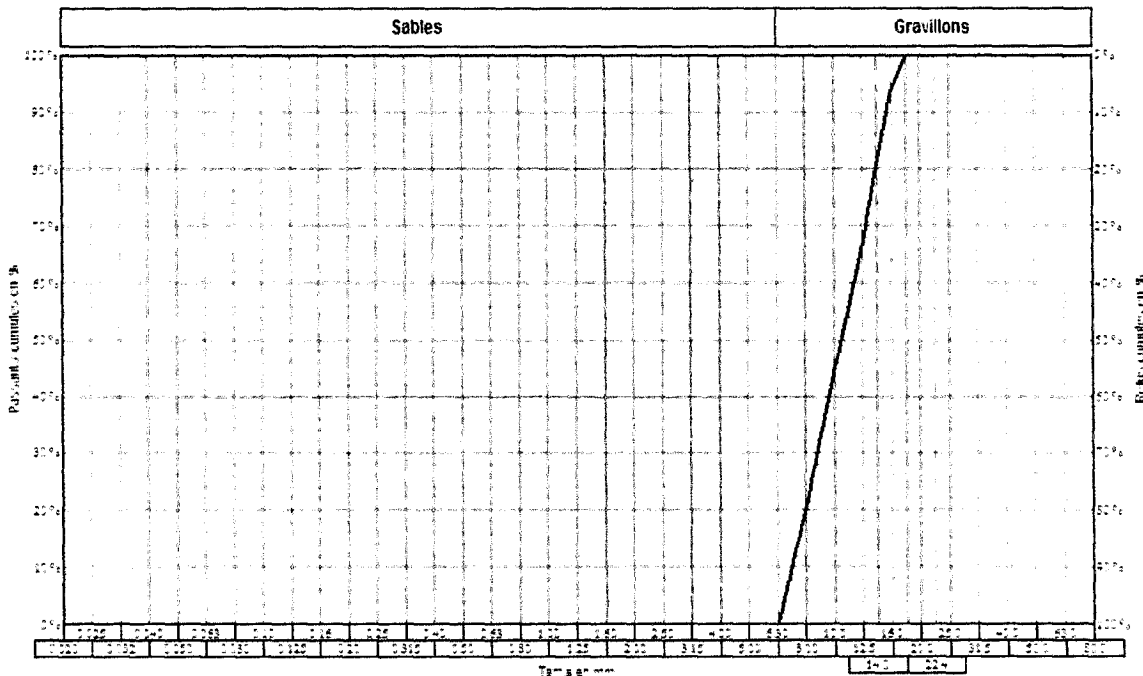
**Gravillons 3/8 :**



*Figure(IV.4) : Courbe granulométrique du sable 3/8 de la carrière d'El Milia.*

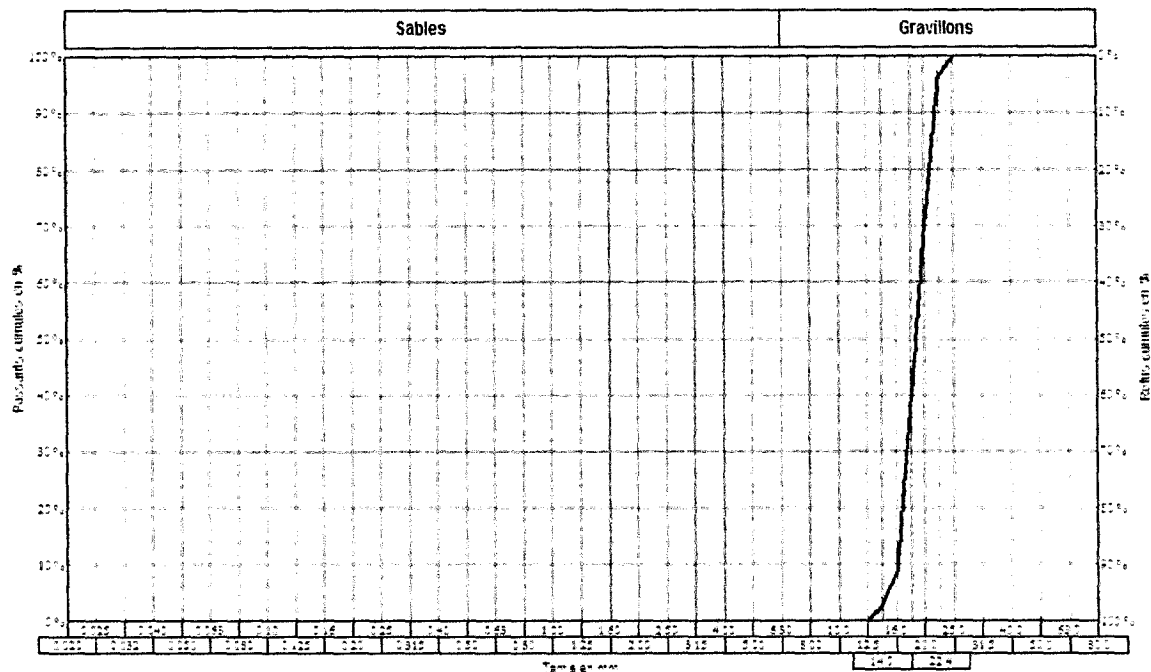
A partir de la courbe granulométrique (figure IV4) ; on constate que le gravillon 3/8 présente une granulométrie uniforme ( $Cu < 2$ ), ou la courbe indique que la majorité des grains (plus de 85 %) sont compris entre 4 et 6 mm (granularité serrée), avec une appellation réelle 3/8.

**Gravillons 8/15 :**



*Figure(IV.5) : Courbe granulométrique du sable 8/15 de la carrière d'El Milia.*

Le gravillon 8/15 présente lui aussi une granulométrie uniforme ( $Cu < 2$ ) (figure IV.5), avec une courbe qui présente une répartition des grains de plus de 55 % compris entre 10 et 16 mm (granulométrie serrée), avec une appellation réelle 8/16

**Gravillons 15/25 :**

*Figure(IV.6) : Courbe granulométrique du sable 15/25 de la carrière d'El Milia.*

D'après le coefficient d'uniformité ( $C_u < 2$ ), la granulométrie du gravillon 15/25 est uniforme (figure IV.6), avec une courbe qui présente une répartition des grains de plus de 90 % compris entre 16 et 22.5 mm (granulométrie serrée), avec une appellation réelle 14/25.

**IV.4 La forme et l'aplatissement des granulats ; Coefficient d'aplatissement :****IV.4.1 Introduction :**

En plus de leur grandeur, les granulats peuvent être classés selon leur forme. En effet l'identification visuelle des éléments granulaires laisse constater que la forme peut être massive (sphérique, cubique, nodulaire), allongée ou en feuillet. Le comportement des uns et des autres sous les différentes sollicitations, quel que soit leur nature, est tout à fait différent : les grains massifs se compriment alors que ceux ayant une forme aplatie perdent une portion de leur volume initial, même sous faible charge. Ces variations peuvent être liées soit, aux propriétés intrinsèques de la roche (origine et nature) soit aux conditions d'élaboration, leur influence sur la maniabilité et la résistance du béton est considérable, de même pour la stabilité d'un corps de chaussée : elles permettent de caractériser les couches entrant dans sa composition et prévoir les différentes caractéristiques telles que la compacité, la rugosité, l'adhérence,...etc.

**IV.4.2 Mesure du coefficient d'aplatissement :**

La forme d'un grain peut être estimée par la connaissance des trois dimensions suivantes :

- Longueur (L) : plus grand écartement entre deux plans tangents ;
- Epaisseur (E) : plus petit écartement entre deux plans tangents parallèles ;
- Grosseur (G) : dimension de la plus petite maille carrée à travers laquelle passe le grain.

La mesure au moyen d'un pied à coulisse est une méthode peu pratiquée parce que dans ce cas, cet essai est très long et très fastidieux : il faut mesurer les trois dimensions pour chaque grain, le nombre de grains à mesurer est inévitablement très grand, d'où la grande durée de l'essai.

Une autre méthode, nettement plus commode et plus rapide, consiste à déterminer le coefficient d'aplatissement du granulat. Ce coefficient est le pourcentage de grains dont la grosseur excède 1,58 fois l'épaisseur, autrement dit  $G/E > 1,58$

Le coefficient d'aplatissement sert à évaluer la quantité des grains dont la forme s'éloigne beaucoup du cube ou de la sphère. Ce procédé est effectué sur des granulats de 4 à 80 mm

L'indice d'aplatissement est d'autant plus grand que la proportion des grains déclassés (en aiguillés et plats) est plus élevée (soit de 20% à 40%), en revanche un granulat dont la majorité des grains ont une forme favorable est celui ayant un coefficient faible (soit de 5% à 20%).

#### **IV.4.3 Procédé de l'essai selon la norme NF P 18-561 (équivalent de la norme algérienne NA 256-1989) :**

En premier lieu on opère comme dans l'analyse granulométrique. Le refus sur chaque tamis à mailles carrées appartenant à une classe granulaire  $d/D$  dont les dimensions sont telles que  $D=1,25d$ , est ensuite tamisé sur une grille à fentes parallèles d'ouverture 1,58 fois plus petite que celle de la maille carrée correspondante (*Photo IV.4, voir planche IV*). Les grains passant à travers la série de grilles à fentes sont bien les grains plats qu'il suffit de peser pour en déterminer le pourcentage pondéral.

#### **IV.4.4 Discussion des résultats :**

Nous avons réalisé cet essai au laboratoire des matériaux du département de science de la terre et de l'univers, université de Jijel, conformément à la norme française NF P .18-561 (*voir annexe IV.3*). Les classes granulaires qui ont fait l'objet de la détermination du coefficient d'aplatissement sont : 4/5 ; 5/6,3 ; 6,3/8 ; 8/10 ; 10/12,5 ; 12,5/16 ; 16/20 ; 20/25.

<i>Fractions</i>	<i>Coefficient d'aplatissement (A) en %</i>
Gravillon 3/8	<b>22,87</b>
Gravillon 8/15	<b>18.90</b>
Gravillon 15/25	<b>10,74</b>

*Tableau (IV.3) : Résultats de mesure du coefficient d'aplatissement de la classe granulaire 3/8 ; 8/15 ; 15/25 de la carrière d'El Milia (bouzakri Rabah) labo des matériaux département STU université de Jijel.*

Granulats pour chaussées et béton hydraulique		Spécification selon CPS type en Algérie : RN, Autoroutes, pistes d'aérodromes, travaux maritimes	Coefficient d'aplatissement « A » Carrière d'EL MILLA (Bouzakri Rabah).		
			Gravillons 3/8	Gravillons 8/15	Gravillons 15/25
			22.87%	18.9%	10.74%
Enrobés hydrocarbonatés	Couche de base en GB	≤ 25 %		x	
	Couches de roulement en BB	≤ 20 %	x		
	Couche de roulement (enduits superficiels)	≤ 15 %	x	x	
	Béton de ciment	≤ 20 %	x		
Béton hydraulique	Béton courant	≤ 30 %			
	Béton de qualité	≤ 20 %	x		

**Tableau (IV.4) :** Tableau récapitulatif des spécifications préconisées par les CPS Type en Algérie relatives au coefficient d'aplatissement des gravillons.

**Gravillon 3/8**

D'après les résultats trouvés (tableau IV.4), on a constaté que la valeur du coefficient d'aplatissement pour la fraction 3/8 est conforme aux spécifications préconisées par les CPS (Cahier de Prescription Spécial ; type en Algérie), d'où la valeur du coefficient est de A=22,87% qui répond partiellement aux exigences des spécifications car ils ne peuvent être utilisés dans la couche de roulement en BB ; la couche de roulement (enduits superficiels) ; Béton de ciment et Béton de qualité. Par contre ils répondent largement aux exigences des spécifications pour Couche de base en GB et Béton courant.

**Gravillon 8/15**

D'après les résultats trouvés (tableau IV.4), on a constaté que la valeur du coefficient d'aplatissement pour la fraction 3/8 est conforme aux spécifications préconisées par les CPS (Cahier de Prescription Spécial ; type en Algérie), d'où la valeur du coefficient est de A= 18,9% qui répond partiellement aux exigences des spécifications car ils ne peuvent être utilisés dans la couche de roulement (enduits superficiels). Par contre ils répondent largement aux exigences des spécifications pour Couche de base en GB ; couche de roulement en BB ; Béton de ciment ; Béton courant et Béton de qualité.

**Gravillons 15/25:**

D'après les résultats obtenus (tableau IV.4), on a constaté que la valeur du coefficient d'aplatissement, pour les différentes fractions, est conforme aux spécifications préconisées par les CPS (Cahier de Prescription Spécial ; type en Algérie), d'où la valeur du coefficient est inférieurs ou égale à 15 %.



**IV.5 Caractéristiques physico-chimiques**

**IV.5.1 Masse volumique des granulats.**

On s'est contenté de réaliser l'essai déterminant la masse volumique absolue qui se définit comme suite :

La masse volumique absolue  $\rho_s$  est la masse par unité de volume de la matière qui constitue le granulat, sans tenir compte de vides pouvant exister dans ou entre les grains. Il ne faut pas confondre  $\rho_s$  avec la masse volumique apparente  $\rho$  qui est la masse de matériau par unité de volume, celui-ci intégrant à la fois les grains et les vides. Les masses volumiques s'expriment en  $t/m^3$ , en  $Kg/dm^3$  ou en  $g/cm^3$ .

La masse volumique absolue moyenne des granulats microgranites est prise égale, en approximation à  $2,45$  en  $t/m^3$  ou  $2,45$  en  $g/cm^3$ .

**IV.5.1.1 But de l'essai :**

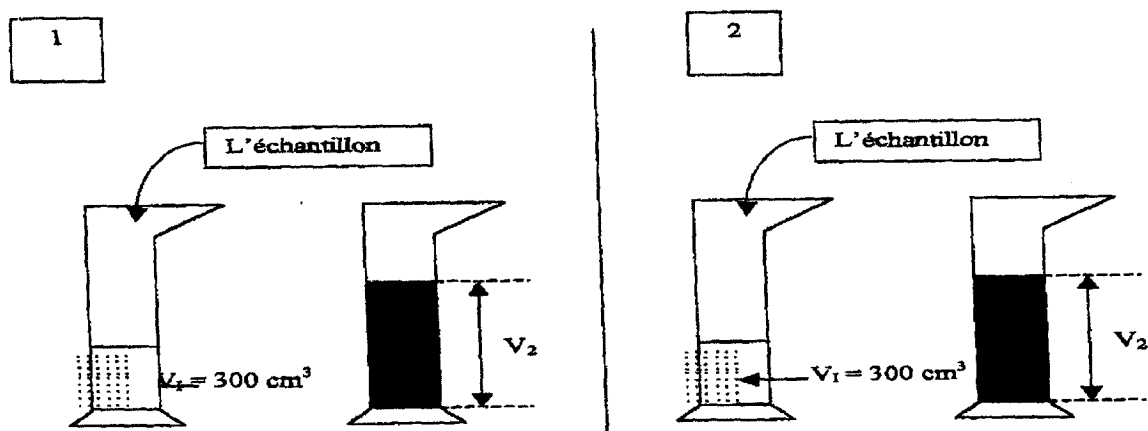
Cet essai a pour but d'estimer la masse d'une fraction granulaire lorsque par exemple on élabore une composition de béton. Ce paramètre permet, en particulier, de déterminer la masse ou le volume des différentes classes granulaires malaxées pour obtenir un béton dont les caractéristiques sont imposées.

Pour la déterminer, il faut, après avoir pesé un échantillon de granulat sec, déterminer son volume soit, à l'éprouvette graduée, soit à la balance hydrostatique. Si le granulat est un sable, le volume est déterminé au pycnomètre sous vide (n'a pu être réalisée), pour éliminer les bulles d'air entre les grains. Faute de moyens matériels, la méthode de la balance hydrostatique (photo IV.5) (voir planche I).

**IV.5.1.2 Méthode de l'éprouvette graduée :**

Bien que cette méthode manque de précision, nous l'avons utilisé en raison de la disponibilité des équipements nécessaires. Elle consiste en trois étapes (Figure IV.3) :

- Remplir une éprouvette graduée avec un volume  $V_1$  d'eau,
- Peser un échantillon sec  $M$  de granulats (environ 300 g) et l'introduire en prenant soin d'éliminer toutes les bulles d'air.
- Le liquide monte dans l'éprouvette, lire le nouveau volume  $V_2$ , la masse volumique est alors :



**Figure(IV.3) : Mesure de la masse volumique des granulats par la méthode de l'éprouvette Graduée.**

L'ensemble des résultats de mesures de la masse volumique réelle ( $\rho_r$ ) des sables et des gravillons sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

<b>Granulats</b>	<b>Masse volumique réelle (gr/cm<sup>3</sup>) "méthode de l'éprouvette graduée "</b>	<b>Masse volumique réelle (gr/cm<sup>3</sup>) méthode de la pesée hydrostatique "</b>
Sable 0/3	02.50	Non déterminé
Gravillon 3/8	02.46	Non déterminé
Gravillon 8/15	02.19	Non déterminé
Gravillon 15/25	02.46	02.40
Moyen	02.40	

**Tableau (IV.5) :** tableau récapitulatif des résultats de mesure de la masse volumique réelle des sables et des gravillons «  $\rho_r$  » labo des matériaux- département STU (2012).

#### **IV.5.1.3 Discussion des résultats :**

D'après les résultats de mesure de la masse volumique réelle (Tableau IV.5) ; des granulats de la carrière d'El Milia (Bouzekri. R) ; on a constaté qu'ils présentent des valeurs comprises entre 2,19 et 2,50 gr/cm<sup>3</sup> caractérisant des granulats courants d'après la norme française NF P 18-540 et représentatives de celles des roches magmatiques.

#### **IV.5.2 Mesure de la propreté du Sable (Essai d'équivalent de sable) (NF P18-598) :**

##### **IV.5.2.1 But de l'essai**

L'essai d'équivalent de sable, permettant de mesurer la propreté d'un sable, est effectué sur la fraction d'un granulat passant au tamis à mailles carrées de 5 mm. Il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments fins, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments sableux qui sédimentent et les éléments fins qui flocculent.

La valeur de l'équivalent de sable (ES) est le rapport, multiplié par 100, de la hauteur de la partie sableuse sédimentée, à la hauteur totale du flocculat et de la partie sableuse sédimentée (Figure IV.4).

L'équivalent de sable est donné par la formule :

$$ES = (h_2 / h_1).100$$

L'équivalent de sable visuel est, dans les mêmes conditions, donné par la formule :

$$ESV = (h_2' / h_1).100$$

Avec :

**h<sub>1</sub>** : hauteur total (sable propre + éléments fins).

**h<sub>2</sub>** : hauteur du sable propre avec piston.

**h<sub>2</sub>'** : hauteur du sable propre avec réglet.

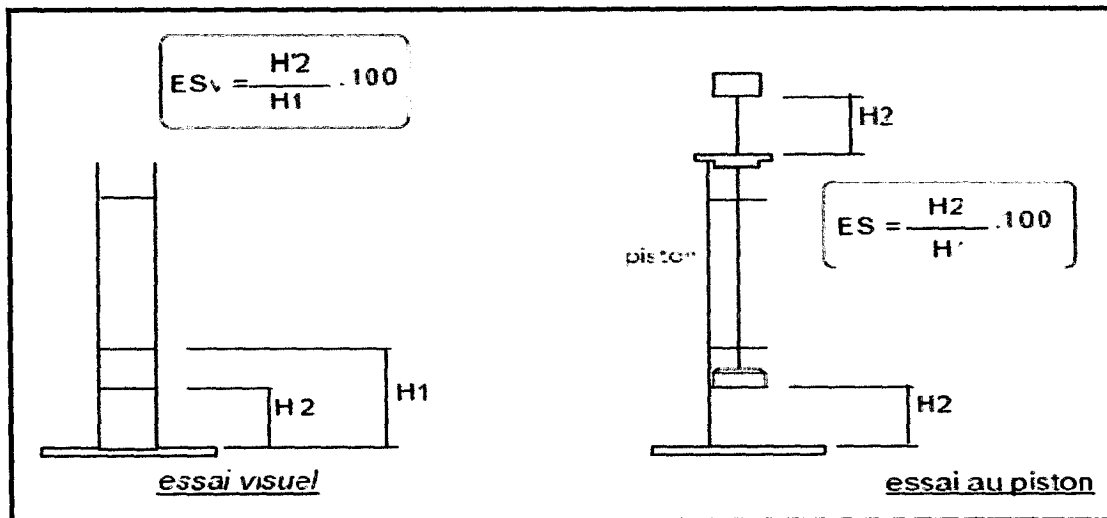


Figure (IV. 4) : Schéma représentatif de la mesure de l'équivalent de sable

carrière	Masse en (gr)	Prise N°	Résultats		Résultat moyen	
			ESV	ESP	ESV	ESP
El Milia	120	001	54.70%	71.69%	63.22%	67.18%
		002	71.83 %	62.67%		

Tableau (IV.6) : Résultats des mesures d'équivalent de sable de la classe 0/3 de la carrière d'El Milia labo des matériaux département STU université de Jijel (2012).

ESV	ESP	Nature et qualité
ESV < 65 %	ES < 60 %	Sable argileux : risque de retrait ou de gonflement à rejeter pour les bétons de qualité
65 ≤ ESV < 75 %	60 ≤ ES < 70 %	Sable légèrement argileux de propreté admissible pour les bétons de qualité courante quand on ne craint pas particulièrement le retrait
75 ≤ ESV < 85 %	70 ≤ ES < 80 %	Sable propre à faible pourcentage de fines argileuses convenant parfaitement pour des bétons de qualité.
ESV ≥ 85 %	ES ≥ 80 %	Sable très propre : l'absence de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton

Tableau(IV.7) : Tableau récapitulatif de la nature et de la qualité du sable en fonction de la valeur ESP et ESV (D'après le Nouveau guide du béton, D. Georges et J. festa, 1995)

Granulats pour chaussées et béton hydraulique		Spécification selon CPS type en Algérie : RN, Autoroutes, pistes d'aérodromes, travaux maritimes	Valeur d'équivalent de sable « $E_S$ » Carrière d'El Milia
			Sable 0/3 =65.2%
Enrobés hydrocarbonatés	Couche de base en GB	≥ 50 %	
	Couches de roulement En BB	≥ 50 %	
	Couche de base et fondation	≥ 40 % Pour GNT	
	Béton de ciment	≥ 65 %	
Béton hydraulique	Béton courant	≥ 60 %	
	Béton de qualité	≥ 80 %	x

*Tableau (IV.8) : Tableau récapitulatif des spécifications préconisées par les CPS Type en Algérie relatives à la propreté des sables «  $E_S$  »*

**IV.5.2.2 Discussion des résultats :**

Pour les résultats trouvés (Tableau IV.7), on a constaté que la propreté du sable de la carrière d'El Milia (BOUZAKRI R.) est de  $E_S=65.2\%$  conforme à toutes les spécifications des (tableau.III.07et08), sauf que la valeur de propreté de ce sable ne répond pas aux spécifications pour la fabrication d'un béton de qualité, mais peut être utilisé pour la fabrication d'un béton courant.

**IV.5.3 Grave non traité(GNT) :**

A cause de l'arrêt de activité des carrières d'El Milia ; on a marqué le manque de la grave non traité, on a pu trouver que des stocks des fractions 0/3 ; 3/8 ; 8/15et 15/25. Concernant les caractéristiques géométriques de la GNT, nous avons utilisé le rapport de la Direction des Travaux Publics (DTP) qui a été fait au Laboratoire des Travaux Publics de l'Est ; dans les cadre de réalisation du PROJET ENTRETIEN CC GUEBALA/HAMALA sur 10Km.

➤ **Classe granulaire du matériau :**

Le matériau s'insère à 100% dans le fuseau d'un grave concassé (Grave concassée de classe0/20 GNT) (voir annexe IV).

➤ **Propreté du matériau :**

La propreté d'une grave concassée 0/D est exprimée par la valeur de  $E_S\%$  (équivalent de sable), cette dernière, doit satisfaire aux normes et aux spécifications techniques par les CPS (Cahier de Prescription Spécial ; type en Algérie) ;( $E_S>40\%$ ) pour une grave destinée à la réalisation de la couche de base. (Voir annexe IV.4) ; la valeur est  $E_S=48\%>40\%$  ; donc le matériau répond aux exigences préconisées pour la couche de base et couche de fondation (Tableau IV. 8)

**IV.6 Caractéristiques géomécaniques (résistance mécanique des granulats):**

**IV.6.1 Introduction**

Il s'agit de la capacité des granulats à résister sous des charges essentiellement fragmentaires (par choc) et/ou abrasives (par frottement) que le granulat subit généralement depuis son élaboration jusqu'à la mise en service de la structure où il va participer dans la construction du squelette de cette dernière. Il se peut qu'il soit, dans un squelette d'un corps de chaussée ou bien celui d'un béton. Dans le premier, une fois mis en œuvre, ce granulat doit supporter la charge optimale du compactage qui lui est appliquée afin d'obtenir une compacité élevée assurant une bonne stabilité et une bonne résistance à l'orniérage sous charges répétées. Par ailleurs, cette résistance mécanique limite l'attrition des grains, augmente le module d'élasticité E et assure un meilleur étalement des charges sur le sol de fondation. Dans le cas du béton, pendant le malaxage ou le transport, si le granulat est moins résistant il y a risque d'avoir un mélange dont la granularité pourrait évoluer, ce qui modifierait les propriétés des bétons.

Dans la structure de chaussées, les granulats doivent résister à l'écrasement et aux chocs, et montrent un minimum de dégradation, du moment de leur mise en place, sous la charge du compacteur, jusqu'à la fin de leur période, présumé, de service. Dans le but satisfaire les exigences précédentes, les granulats doivent être suffisamment résistant et durs.

La résistance mécanique aux différents agents de dégradation et la dureté des granulats est généralement évaluée par de simples test indices tels que la résistance à la fragmentation dynamique (FD), la résistance à la rupture par choc (Los Angeles), la résistance à l'usure par frottement (MDE) et à l'écrasement (RE), la résistance à la compression (Rc) de la roche et le polissage accélère (CPA).

**IV.6.2 La résistance à la fragmentation par choc : Essai Los Angeles**

**IV.6.2.1 But de l'essai :**

L'essai Los Angeles estime la résistance à la fragmentation par chocs et à l'usure par frottements réciproques. Il se pratique le plus souvent sur les classes granulaires 4/6,3 ou 6,3/10 ou 10/14.10/25. On place un échantillon de 5 kg de granulat et 7 à 11 boulets pesants entre 420 et 445g dans un tambour dont une génératrice intérieure est munie d'une plaque.

Lorsque le tambour tourne, le granulat et les boulets s'accumulent sur la plaque pendant une fraction de tour et retombent ensuite. Le nombre de tours est précisé de 500 rotations, à une vitesse régulière comprise entre 30 et 33 tour/min.

On récupère ensuite le granulat et on le tamise au tamis de 1,6mm, enfin, on pèse le refus, soit m le résultat de la pesée.

Le passant au tamis de 1,6mm sera p=5000-m. Par définition, le coefficient Los Angeles est le rapport :

$$LA = (m / M) * 100$$

Plus le coefficient Los Angeles est grand moins les granulats sont résistants

Cet essai a été réalisé au laboratoire des travaux publics de l'Est(LTPE) antenne de Jijel (la préparation de l'échantillon a été faite au labo de matériaux département des sciences de la terre et de l'univers université de Jijel), conformément à la norme française NF P.18-573 (équivalent de la norme algérienne NA 458-1989, en suivant les étapes prescrites dans le

## **CHAPITRE IV CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES ET GEOMECANIQUES**

mode opératoire de l'essai (*Annexe IV.5*), sur la classe granulaire 4/6.3 ; 6.3/10 ; 10/14 et 10/25 fractionnée à partir des classes 3/8 ; 8/15 et 15/25.

<i>Classes granulaires mm</i>	<i>Nombre de Boulets</i>	<i>Masse totale de la charge g</i>	<i>Nombre de rotation</i>
4 – 6.3	7	3080	500
6.3 – 10	9	3960	500
10 – 14	11	4840	500
10 – 25	11	4840	500
16 – 31.5	12	5280	500
25 – 50	12	5280	1000

*Tableau(IV.9) : Tableau récapitulatif des résultats de mesure du coefficient Los Angeles « LA ».*

### **IV.6.2.2 Discussion des résultats :**

La valeur du coefficient Los Angeles caractérisant les granulats de la carrière d'El Milia et dans l'ensemble répond aux spécifications des CPS (*Tableau IV.10*), avec des valeurs de :

-LA : 27,048% et 4/6.3, les valeurs montrent que le granulat peut être utilisé dans le Béton courant.

-LA : 25,94% ; 23,87% de classe 6.3/10 et 10/14; le granulat dans ce cas peut être utilisé dans le Béton de ciment ; Béton hydraulique (Béton courant et Béton de qualité) et préparé grave bitume(GB) pour l'utiliser dans la Couche de base.

-LA : 16,65% de classe 10/25 conforme aux spécifications (*Tableau IV.10*) CPS sauf pour la préparation d'enduits superficiels utilisé dans la Couche de roulement surtout pour certains types de chaussées (légèrement tolérable).

<i>Granulats pour chaussées et béton hydraulique</i>		<i>Spécification selon CPS type en Algérie : RN, Autoroutes, pistes d'aérodromes, travaux maritimes</i>	<i>Coefficient Los Angeles « LA » Carrière d'El Milia « bouzakri Rabah »</i>			
			<i>4/6.3</i>	<i>6.3/10</i>	<i>10/14</i>	<i>10/25</i>
			27,048%	25,94%	23,87%	16,65%
<b>Enrobés hydrocarbonatés</b>	Couche de base en GB	≤ 25 %	<b>x</b>	<b>x</b>		
	Couches de roulement en BB	≤ 20 %	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	
	Couche de roulement (enduits superficiels)	≤ 15 %	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
	Béton de ciment	≤ 25 %	<b>x</b>	<b>x</b>		
<b>Béton hydraulique</b>	Béton courant	≤ 30 %				
	Béton de qualité	≤ 25 %	<b>x</b>	<b>x</b>		

*Tableau(IV.10) : Tableau récapitulatif des spécifications préconisées par les CPS Type en Algérie relatifs au coefficient Los Angeles « LA »*

La présence de plagioclase en forte proportion dans la roche entraîne, une diminution de la résistance à la fragmentation (*Abdoulaye DIA, 1982*).

### IV.6.3 La résistance à l'usure des gravillons : essai Micro-Deval en présence d'eau.

#### IV.6.3.1 But de l'essai

A partir de cet essai on peut apprécier la résistance à l'usure par frottement entre les granulats dans les conditions humides.

Dans les cylindres de la machine (*photo IV.06*) (*voir planche IV*). On introduit l'échantillon de masse  $M = 500$  gr et la charge abrasive (billes en acier de 10 mm de diamètre) correspondant à la classe granulaire choisie (*Tableau IV.11*). Puis on ajoute 2,5 litres d'eau. Après rotation des cylindres à une vitesse de 100 tours par minute pendant 2 heures, l'opération se termine par un tamisage du matériau sur le tamis de 1,6 mm et pesée du refus. Soit  $m$  le résultat de la pesée, le passant au tamis de 1.6 mm sera  $P = 500 - m$ . Par définition, selon la norme française NF.P- 572 (équivalent de la norme algérienne NA 457-1989) (*Annexe. IV.5*) le coefficient Micro-Deval est le rapport :

$$MDE = (m / M) * 100$$

Fractions	Micro-Deval(MDE)%				Valeur moyenne
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	
4-6.3	23.52	23.12	21.52	22.36	<b>22.63</b>
6.3-10	19.10	17.58	18.88	20.00	<b>18.89</b>
10-14	12.24	11.50	11.82	11.70	<b>11.815</b>

**Tableau(IV.11) :** Tableau récapitulatif des résultats de mesure de Micro-Deval(MDE). labo de matériaux département STU et labo génie civil département labo génie civil-université de Jijel.

Classe granulaire (mm)	Charge abrasive (g)	MDE moyen en %
4 - 6,3	2000	<b>22.63</b>
6,3 - 10	4000	<b>18.89</b>
10 - 14	5000	<b>11.815</b>

**Tableau(IV.12)** Correspondances entre classes granulaires et charges abrasives (selon la norme française NF P.18 - 572).

Plus le coefficient Micro-Deval est grand moins les granulats sont résistants.

Granulats pour chaussées et béton hydraulique		Spécification selon CPS type en Algérie : RN, Autoroutes, pistes d'aérodromes, travaux maritimes	Valeurs Micro-Deval « MDE » Carrière d'EL MILIA		
			4 – 6,3	6,3 - 10	10 – 14
			22.63	18.89	11.815
Enrobés hydrocarbonates	Couche de base en GB	≤ 25 %			
	Couches de roulement En BB	≤ 20 %	x		
	Couche de roulement (enduits superficiels)	≤ 15 %	x	x	
	Béton de ciment	≤ 20 %	x		
Béton hydraulique	Béton courant	≤ 25 %			
	Béton de qualité	≤ 20 %	x		

Tableau (IV.13) : Tableau récapitulatif des spécifications préconisées par les CPS Type en Algérie relatives au coefficient Micro-Deval « MDE »

**IV.6.3.2 Discussion et interprétation des résultats :**

La résistance à l'usure des gravillons mesurée par l'essai Micro Deval a été réalisée sur trois fractions granulaires, qui présente une valeur MDE moyenne de 17,7 % qui est dans l'ensemble conforme aux spécifications préconisées par les CPS type en Algérie (Tableau IV.13), Néanmoins pour les travaux de réalisation de couche de roulement en enduit superficiel la valeur MDE est légèrement supérieure à la valeur spécifiée (MDE ≤ 15 %).

**IV.7 Résistance à la compression :**

**IV.7.1 Exécution de l'essai :**

L'essai mécanique le plus courant est l'essai de résistance en compression uniaxiale (Rc). Celle-ci est mesurée sur éprouvette cylindrique, de diamètre 40 à 50 mm en général. On fait croître l'effort axial fourni par la presse, avec une vitesse correspondant à environ 0,5 MPa/s, jusqu'à la rupture de l'éprouvette. Si F est l'effort maximal et R le rayon de l'éprouvette, on

$$R_c = F / \pi * R^2$$

à  
Où

**RC** : est la résistance en compression, exprimée en méga pascals ou en bars;

**F** : est la charge maximale, exprimée en Newtons ;

**Ac** : est l'aire de la section de l'éprouvette sur laquelle la force de compression est appliquée, calculée à partir de la dimension nominale de l'éprouvette.

Pas des moyens pour réaliser cet essai, nous avons pris les résultats déterminés par LABORATOIRE TAVAUX PUBLIQUES ESTIJEL (LTP EST) ; dans le cadre de la mission de contrôle qualité des granulats utilisés dans le béton hydraulique.



<i>Enrochement pour Travaux maritimes</i>	<i>Spécification selon CPS type en Algérie : Travaux maritimes</i>	<i>Résistance à la compression « RC » Carrière d'El Milia (bar)</i>
Les granulats en utilisent dans le béton hydraulique.	≥ 350 bars	505

*Tableau(IV.14) : Tableau récapitulatif des spécifications préconisées par les CPS Type en Algérie relatifs à résistance à la compression « RC »*

**IV.7.2 Discussion et interprétation des résultats :**

Les essais de résistance à la compression réalisés sur éprouvettes de roches ont permis d'avoir une résistance moyenne de 505 bars, jugée très satisfaisante et répond en grande partie aux spécifications préconisées par les CPS type en Algérie (Tableau IV.14) pour les granulats utilisés dans le béton hydraulique.

**IV.8 La résistance au choc :**

**IV.8.1 Essai sclérométrique :**

La résistance au choc peut être mesurée à l'aide d'un scléromètre ou marteau de Schmidt, il s'agit d'un instrument portable, conçu à l'Origène pour effectuer des teste non destructives. Il donne de bons résultats sur l'état d'altération des roches ou des blocs rocheux.

Son principe repose sur la mesure de la hauteur de rebond d'une masse après son impact sur la sur face à tester. La valeur de rebond est d'autant plus élevée que la dureté de la surface est grande.

Nos teste ont été effectués à l'aide d'un scléromètre digital de type N (énergie d'impact=2.207 Joules) sur les mêmes échantillons utilisés pour la mesure des Rc (blocs de roches de dimension approximative de 200x150x100mm<sup>3</sup>) (tableau IV.15) ceux-ci étant placés sur une surface plane et rigide, le scléromètre est tenu horizontalement pour une première mesure et puis verticalement avec sa tige dirigée vers le bas (angle d'attaque α=90°). (Photo IV.6) (Voir planche IV). On note que les mesures sur les deux sens nous permettent d'avoir une idée sur l'anisotropie de la roche.

<i>échantillon</i>	<i>Kg/c m<sup>2</sup> (bar)</i>			
	<i>Vertical (α=90°)</i>		<i>Horizontal (α=0°)</i>	
	<i>Lecture</i>	<i>valeur</i>	<i>lecture</i>	<i>valeur</i>
BLOC 01	49	630	49	590
BLOC 02	51	670	50	610
BLOC 03	49	630	48	570

*Tableau(IV.15) : Tableau récapitulatif des résultats de mesure de la durté superficiel par scléromètre.*

**IV.8.2 Discussion et interprétation des résultats :**

A l'image de ces résultats, on constate les valeurs de scléromètre est estimés, mais on observe une confirmation les résultats de (Tableau IV.15).

### **III.9 Conclusion :**

A partir des résultats des essais physiques et mécaniques réalisés sur les granulats de la carrière d'El Milia (Bouzakri Rabah), nous pouvons conclure que l'ensemble des caractéristiques des produits dérivés sont conformes aux spécifications préconisées par les CPS (Cahier de Prescription Spécial) type en Algérie (*Tableau IV.16*), et peuvent en conséquence être utilisés pour l'ensemble des travaux à savoir :

L'étude menée sur les granulats de la carrière d'El Milia révèle qu'on est en présence de granulats de qualité moyenne, en effet ils présentent des propriétés de moyenne performance vis-à-vis de l'usage envisagé. Ces granulats présentent des caractéristiques physiques acceptables, du point de vue granularité, et répondent donc aux spécifications et tolérances des granulats utilisés en techniques routières, préconisées par les spécifications des CPS Type en Algérie.

Les sables étudiés sont pauvres en éléments fins (leur module de finesse excède les tolérances relatives, au taux de finesse admis dans les bétons). Toutes les classes granulaires présentent une granulométrie uniforme.

Les granulats étudiés ont un coefficient d'aplatissement satisfaisant, on enregistre une valeur moyenne des valeurs obtenues sur les classes granulaires 3/8, 8/15 et 15/25 égale à 17.50. Ils répondent aux spécifications relatives à cette propriété à l'exception de la classe 3/8 qui ne répond que partiellement aux exigences car elle est exclue des Couches de roulement en BB ; Couche de roulement (enduits superficiels) ; Béton de ciment et béton de qualité.

D'après leur masse volumique, il s'agit des granulats courants. Ces granulats présentent une propreté superficielle partiellement acceptable, L'équivalent de sable présente des valeurs très satisfaisantes (ESV = 63,265 % et ESP = 67,18 %)

Le matériau (grave concassée - classe-0/20 de roche insensible à l'eau – de nature granitique) est admissible pour la mise en œuvre de la couche de base. Et couche de fondation

Quant aux propriétés mécaniques, les granulats de la carrière d'El Milia présentent une résistance satisfaisante au choc et à l'usure, ils peuvent être utilisés dans les bétons courants et dans les bétons de qualité mais avec précaution. Dans le domaine routier, ils sont destinés aux assises de chaussée (couches de fondation et de base).

L'ensemble des caractéristiques appréciées à travers cette étude sont liées soit aux conditions d'élaboration (station de concassage) soit aux caractéristiques géologiques du massif encaissant la carrière.

Les différentes propriétés mécaniques sont étroitement liées à la texture autrement dit la taille des grains de la structure de la roche et évidemment la composition minéralogique ou proportion de chaque minéral et son état d'altération.

Nous avons également constaté une évolution des caractéristiques d'une année à l'autre. Cette évolution est probablement liée aux changements des propriétés pétrographiques des roches exploitées au niveau de la carrière d'El Milia (changement de faciès).

Les résultats des différents essais réalisés sont récapitulés dans les tableaux (*Tableau IV.16*) Ci-après :

**CHAPITRE IV CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES ET GEOMECHANQUES**

Essais		Symbole	Unité	Sable 0/3	Gravillon 3/8	Gravillon 8/15	Gravillon 15/25	GNT 0/20
Caractéristiques de fabrication	Aplatissement	A	%	-	22,87	18,90	10,74	-
	Propreté superficielle des gravillons	P	%	-	5,08	2,335	1,27	-
	Equivalent de sable	E <sub>s</sub>	%	65,2	-	-	-	48,0
	Granularité	GH	-					
Caractéristiques intrinsèques	Masse volumique réelle	ρ <sub>r</sub>	t/m <sup>3</sup>	2,50	2,46	2,19	2,46	-
	Taux d'absorption	Ab	%	-	-	-	-	-
	Los Angeles	LA	%	-	27,48	24,905	16,65	-
	Micro Deval	M <sub>DE</sub>	%	-	22,63	15,35	-	-
Coefficient d'Uniformité ou de Hazen		Cu	/	12,50	01,25	01,56	01,25	63,0
Coefficient de Courbure		Cc	/	01,25	01,25	0,64	01,01	04,06
Module de finesse		MF	/	2.59	-	-	-	04,38
Teneur en fine (éléments <0.08 mm)		F	%	-	-	-	-	-
Classification LPC (USCS)		/	/	-	-	-	-	Gb (Gw)
Proctor Modifié		ρ <sub>d</sub> W <sub>OPM</sub>	t/m <sup>3</sup> %	-	-	-	-	-
Résistance à la compression		R <sub>C</sub>	Kg/cm <sup>2</sup> (bars)	Essai sur éprouvette de roche R <sub>C</sub> =505 bars				

*Tableau (IV.16) : Tableau récapitulatif des résultats des essais de caractérisation physiques et mécanique des granulats de la carrière d'El Milia (Bouzakri Rabah)*

## ***Planche IV***

***Photo(IV.1) : Série des tamis d'ordre décroissant sur la tamiseuse (labo matériaux-département de STU, 2012).***

***Photo(IV.2) : les échantillons utilisés dans l'analyse granulométrique par tamisage-labo des matériaux département de STU –2012).***

***Photo(IV.3):les grilles à fentes-labo de matériaux- département de STU -2012.***

***Photo(IV.4):la pesée hydrostatique. (Labo matériaux département de STU -2012).***

***Photo(IV.5):Micro-Deval labo génie civil -université de Jijel- 2012***

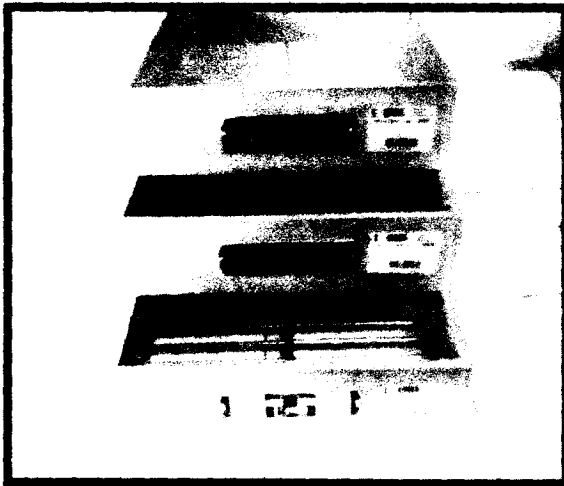
***Photo(IV.6):scléromètre en mesure Horizontal (labo génie civil -université de Jijel-2012).***



*Photo(IV.1)*



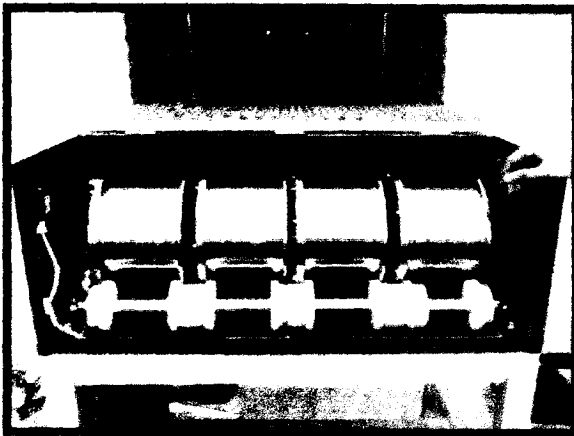
*photo(IV.2)*



*Photo (IV.3)*



*Photo(IV.4)*



*Photo(IV.5)*



*Photo(IV.6)*

***CONCLUSION***

***GENERALE***

**CONCLUSION:**

La carrière d'El Milia est située à 72 kilomètres du chef-lieu de la wilaya de Jijel (latitude 36° 47' 47,91'' N, longitude 6° 18' 26,82'' E), au sixième kilomètre d'El Milia sur la route D39 (route de Collo) au lieu dit Bouamrane, à environ 3 kilomètres de la voie ferrée reliant Jijel-Constantine. L'accès à la carrière se fait par la RN 43 et CW 370.

La wilaya de Jijel a connue une évolution progressive de production des granulats, 45000 m<sup>3</sup> en 2001 jusqu'à 610000 m<sup>3</sup> en 2011 ; malgré cette évolution progressive, la production ne couvre que 34% des besoins durant les dernières cinq années, ce qui fait largement appel à l'importation des granulats destinés au domaine des travaux publics et de bâtiment depuis les wilayas limitrophes.

Le gisement d'El Milia, dont fait partie les trois carrières Bouzekri Rabah, Bouzekri Kamal, Ben Brahim ; a été en exploitation durant plusieurs années. Il connu une production maximale en 2008, c'est la plus importante quantité produite, estimée à 185000 m<sup>3</sup>, qui représente 58 % de la production totale des agrégats à l'échelle locale. Cela nous amène à constater que la contribution de la carrière d'El Milia à l'alimentation de la wilaya en granulats était très importante avant l'arrêt de leur exploitation.

Les carrières de granulats d'El Milia se situent dans les massifs anciens de petite Kabylie, qui sont formées de terrains métamorphiques recouvertes de lambeaux de l'oligomiocène et traversées par des roches éruptives d'âge miocène. Sur son parcours, l'oued « Boussiaba » sillonne ces massifs et développe des terrasses alluviales récentes (quaternaire récent).

Un échantillon prélevé de front de taille de la carrière a fait l'objet d'une étude microscopique au laboratoire de pétrographie, révèle la présence de deux facies ce qui nous a permis de confirmer nos observations macroscopique. Cette analyse pétrographique permet d'appréhender la texture interne de la roche qui aura conséquence certaines sur le comportement de la roche entière sous les diverses sollicitations externes.

En effet, il s'agit de microgranite et de microdiorite, ces deux types de roches présentent un spectre important de minéralogie, de texture et degré de compaction chacun de ces éléments a un effet non négligeable sur les propriétés géotechniques des roches étudiées, les propriétés des granulats sont déterminés dans cette étude par une série de testes disponibles commençant par des essais géométriques, physiques et mécaniques.

En ce qui concerne l'analyse granulométrique effectuée sur différentes fractions, les résultats nous ont permis de dire que :

Le sable présente une granulométrie continue ( $C_u > 2$ ) avec une appellation réelle 0/3, le module de finesse ( $MF = 2.59$ ) c'est que conforme aux spécifications de CPS. Les gravillons 3/8, 8/15 et 15/25 présentent une granulométrie uniforme (granularité serrée) ( $C_u < 2$ ), avec une appellation respectives de 3/8, 8/20 et 16/31,5.

La Grave non traitée produite au niveau de la carrière d'EL Milia est de type « A » produite en une seule fraction, la courbe granulométrique est située à l'intérieur du fuseau de spécification. Contrairement aux autres fractions la GNT présente un grand nombre de dimension, avec une granulométrie continue ou étalée ( $C_u > 2$ ), est une appellation réelle 0/20, conforme aux spécifications préconisées par la norme NF P98-129. D'après la classification du L.C.P.C qui a abouti à une appellation « grave propre bien gradué » Gb

Les gravillons présentent des coefficients d'aplatissements conformes aux spécifications préconisées par les CPS (Cahier de Prescription Spécial) type en Algérie, ainsi la valeur du coefficient est inférieure ou égale à 15 % pour la fraction 15/25, les fractions 3/8 et 8/15 ne confondent pas la réalisation des enduits superficiels pour être utilisés dans la Couche de roulement.

La propreté du sable ( $ES = 65.2 \%$ ) est conforme aux spécifications pour la fabrication de la grave bitume (GB) et béton bitumineux (BB) destiné pour couche de base et couche de roulement, et à la fabrication d'un béton de ciment pour travaux de routes ( $ES \geq 65 \%$ ). Néanmoins, la valeur de propreté de ce sable ne répond pas aux spécifications pour la fabrication d'un béton de qualité, mais peut être utilisé pour la fabrication d'un béton courant.

La propreté de la fraction sableuse incluse dans la GNT 0/20 présente une valeur de propreté conforme aux spécifications ( $ES \geq 40 \%$ ), et peut être utilisé pour la réalisation de la couche de base et fondation en GNT.

Les propriétés mécaniques des roches sont déterminées sur roche intactes essentiellement par la résistance à la compression uniaxiale et le scléromètre malgré que ce dernier essai reflète beaucoup plus la dureté superficielle du matériau, mais il donne renseignement sur l'état d'altération et fracturation de la roche, les propriétés mécaniques sont sensibles au degré de compaction exprimé par la densité, la composition minéralogique et la nature de la phase de liaison ou la mésostase (35%). Elles sont également, sensibles à la taille des grains et à leur nature.

La résistance à l'usure des gravillons présente une valeur MDE moyenne de 17.77 % qui est dans l'ensemble conforme aux spécifications préconisées par les CPS type en Algérie. Néanmoins pour les travaux de réalisation de couche de roulement en enduit superficiel la valeur MDE est légèrement supérieure à la valeur spécifiée ( $MDE \leq 15 \%$ ), ceci est probablement, due à la présence plus ou moins faible proportion de plagioclase (34 %).

Pour la résistance à la fragmentation la valeur Los Angeles ( $LA = 22.5 \%$ ) dans l'ensemble répond aux spécifications des CPS Type en Algérie, et reste en dessous des spécifications préconisées pour couche de roulement en enduits superficiels.

L'essai de résistance à la compression réalisé sur éprouvette de roche ont permis d'avoir une résistance moyenne de 505 bars, jugée très satisfaisante et répond en grande partie aux spécifications préconisées par les CPS type en Algérie, concernant essentiellement les enrochements destinés pour les travaux maritimes.

Les valeurs obtenues de l'essai sclérométrique (dureté superficielle) sur les blocs, et les valeurs de la dureté théorique, sont très proches de celle des valeurs de la résistance à la compression de la roche.

De point de vue utilisation des granulats des roches étudiées peuvent être utilisés pour le béton et pour les roches, ils donnent sûrement un béton de bonne qualité. Dans la chaussée les granulats microgranitiques et microdiorites semblent avoir les caractéristiques des matériaux de bonne qualité, d'un côté leurs propriétés physiques et mécaniques répondent positivement aux spécifications de l'autre la présence de minéraux de assez forte dureté tel que quartz peuvent favorablement jouer en faveur d'une résistance au polissage et maintenir une bonne rugosité.

En vue d'un bon suivi de production de point de vue qualitatif, et afin que le résultat final soit conforme aux spécifications émises par les maîtres d'ouvrage pour l'ensemble des travaux (travaux publics, bâtiments, travaux maritimes ... etc), les recommandations suivantes



## ***CONCLUSION GENERALE***

---

- Il est nécessaire de rouvrir ces carrières pour développer la production, et diminuer le manque des granulats dans la wilaya et d'où enrichir la gamme de produits exploités en matériaux de bonne qualité (granulats microgranitiques et microdioritique).
- Il est indispensable que les responsables gestionnaire des carrière, assurant un auto contrôle de la production sur place, par l'installation d'un laboratoire permettant de déterminer les caractéristiques physico-mécaniques des granulats au fur et à mesure de la production (suivi continu).

# ***ANNEXES***

## Annexe III.1 : Rapport du barrage de Boussiaba

## 5. Synthèse

L'étude en laboratoire, réalisée au LERM en avril et mai 2005, dans le but de caractériser, d'un point de vue pétrographique, trois échantillons de granulats provenant d'Algérie, a permis de dégager les points essentiels suivants :

- ◆ l'échantillon référencé 328G correspond à un **microgranite**. En ce qui concerne l'alcali-réaction, sa réactivité potentielle doit être considérée comme probable d'un point de vue pétrographique en raison de la présence de silice mal cristallisée dans la matrice microcristalline. En conséquence, suivant le fascicule de documentation FD P 18-542, la qualification de cet échantillon (granulat NR ou PR) nécessite de réaliser un essai complémentaire de stabilité dimensionnelle en milieu alcalin selon la norme expérimentale XP P 18-594,
- ◆ l'échantillon référencé 329G correspond à un granulat alluvionnaire essentiellement composé par des **calcaires**, des **grès à ciment calcaire**, des **grès à ciment siliceux et des quartzites**, ainsi que par des **micaschistes**. En ce qui concerne l'alcali-réaction, sa réactivité potentielle doit être considérée comme probable d'un point de vue pétrographique en raison de la présence de silice réactive dans les grès à ciment siliceux et les quartzites, ainsi que dans certains faciès calcaires. En conséquence, suivant le fascicule de documentation FD P 18-542, la qualification de cet échantillon (granulat NR ou PR) nécessite de réaliser un essai complémentaire de stabilité dimensionnelle en milieu alcalin selon la norme expérimentale XP P 18-594,
- ◆ l'échantillon référencé 330G correspond à un granulat alluvionnaire essentiellement composé par des **calcaires**, des **grès à ciment calcaire**, des **grès à ciment siliceux et des quartzites**, ainsi que par des **silexoïdes et des particules monominérales** dans la fraction sableuse. En ce qui concerne l'alcali-réaction, sa réactivité potentielle doit être considérée comme probable d'un point de vue pétrographique en raison de la présence de silice réactive dans les grès à ciment siliceux et les quartzites, dans les silexoïdes ainsi que dans certains faciès calcaires. En conséquence, suivant le fascicule de documentation FD P 18-542, la qualification de cet échantillon nécessite de réaliser un essai complémentaire de stabilité dimensionnelle en milieu alcalin selon la norme expérimentale XP P 18-594.

L'ingénieur responsable de l'étude

p/o Le directeur technique



C. CARDE



F. MARTIN

Examens microscopiques réalisés par C. Carde

La reproduction intégrale de ce rapport sans modification d'aucune sorte est seule autorisée.

Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur des échantillons prélevés dans certaines conditions. Leur représentativité par rapport à celle des échantillons et ne peut être étendue à une population dont ils sont issus que si l'homogénéité de cette population peut être vérifiée.

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**Ministère des Ressources en Eau  
Ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme  
Ministre des Travaux Publics**

**INSTRUCTION INTERMINISTERIELLE PORTANT SUR LES  
SPECIFICATIONS TECHNIQUES RELATIVES AUX SABLES DE  
CONCASSAGE POUR BETONS HYDRAULIQUES ET ENROBES  
BITUMINEUX**

**❖ PRESENTATION**

La présente instruction a pour objet de définir les spécifications techniques relatives aux sables de concassage pour béton hydraulique et enrobés bitumineux.

On entend par sable de concassage le produit obtenu à partir de roches massives après les opérations de concassage et criblage dans une station de production de granulats.

Le sable de concassage peut être utilisé seul dans le béton ou en mélange avec un autre sable. L'ensemble du mélange doit répondre aux spécifications de la présente instruction,

**❖ CARACTERISTIQUES DES SABLES DE CONCASSAGE**

Les caractéristiques des sables de concassage pour béton hydraulique et enrobés bitumineux doivent satisfaire aux exigences suivantes :

La dimension D doit être inférieure ou égale à 4 mm.

La teneur en fines définie comme le passant à 0.063 mm, doit être :

1. Inférieur ou égale à 18 % pour les bétons hydrauliques de classes inférieures à 20 Mpa et les enrobés bitumineux.
2. Inférieure ou égale à 15 % pour les bétons hydrauliques de classes comprises entre 20 et 35 Mpa;
3. Inférieure ou égale à 12 % pour les bétons de classe supérieures à 35 Mpa.

Le module de finesse MF doit être compris dans l'intervalle :

1.  $2.15 \leq MF \leq 3.15$  pour les bétons hydrauliques de classes supérieures à 20 Mpa ;
2.  $1.8 \leq MF \leq 3.2$  pour les bétons hydrauliques de classes inférieures à 20 Mpa et les enrobés bitumineux ;

La granulométrie du sable fixée pour les bétons hydrauliques de classes supérieures à 20 Mpa, doit s'inscrire dans le fuseau donné dans le tableau 1 et représenté dans la figure, 1 donné en annexe.

La propreté du sable PS déterminée par la mesure de l'équivalent de sable à 10% de fines doit avoir les valeurs spécifiées ci-dessous :

1.  $PS \geq 45$  pour les enrobés bitumineux;
- 2-  $PS \geq 60$  pour les bétons hydrauliques de classes inférieures ou égales à 35 MPa ;
3.  $PS \geq 65$  pour les bétons hydrauliques de classes supérieures à 35 MPa.

Si le PS du sable est inférieur aux valeurs spécifiées, il est recommandé de faire l'essai au bleu de méthylène. La valeur au bleu de méthylène doit être inférieure ou égale à 1.

La quantité de matières organiques dans le sable de concassage doit être suffisamment faible pour que la coloration obtenue le sable testé soit moins intense qu'avec la solution témoin. En cas de coloration foncée que celle du témoin, des essais comparatifs de résistance et de prise sur mortier doivent être effectués. Le mortier est composé d'une partie de ciment et trois parties de sable, avec un E/C = 0.5, en utilisant d'une part le sable concerné, et d'autre part, ce même matériau après élimination des matières organiques par traitement suivant le processus décrit dans la norme NA 234. le même échantillon de ciment est utilisé pour les deux essais.

Les résistances mécaniques obtenues avec le sable concerné doivent atteindre, à deux jours d'âge, au moins 90 % de celles obtenues à partir du sable traité et le début de prise ne doit pas avoir lieu après plus de 1 heure par rapport à celle du témoin.

La dureté des grains du sable de concassage déterminée par la mesure du coefficient de friabilité des sables (FS), doit être :

1.  $FS \leq 40 \%$  pour les bétons hydrauliques de classes supérieures à 35 Mpa et les enrobés bitumineux;
2.  $FS \leq 60 \%$  pour les bétons hydrauliques de classes inférieures ou égales à 35 Mpa ;

La teneur en soufre totale S doit être inférieure ou égale à 0.3 % ou inférieure ou égale à 0.7 % exprimée en anhydrite sulfurique  $SO_3$ .

Le sable de concassage peut contenir une faible proportion d'ions chlorures. Cette teneur apportée par l'ensemble des constituants des bétons est fixée aux valeurs suivantes :

- Pour les bétons hydrauliques non armés : 1 % de la masse du ciment;
- Pour les bétons hydrauliques armés : 0.65 % de la masse du ciment;
- Pour les bétons précontraints : 0.2 % de la masse du ciment;

Le coefficient d'absorption d'eau des sables de concassages doit être inférieur ou égales à 5 %.

NB : les sables de concassage destinés à la petite fabrication industrielle, entrevous, carreaux de mosaïques, bordures de trottoir, etc. ne sont pas concernés par les spécifications du présent document, seule la propreté est exigée.

Alger le : 25 février 2007

**Le ministre des Ressources en  
Eau**

**Le ministre de l'Habitat et de  
l'Urbanisme**

**Le ministre des Travaux  
Publics**

**CAHIER DES PRESCRIPTIONS SPECIALES (CPS)****PROTECTION DE LA FALAISE ET DE LA PASSE D'ENTREE DU PORT  
DE ZLAMMA MANSOURIAH  
(1<sup>ERE</sup> TRANCHE)****CHAPITRE II****PROVENANCE – QUALITE ET PREPARATION DES MATERIAUX****Article 2.09.04 - Caractéristiques physiques et mécaniques**

Les produits de carrières (enrochements et granulats) auront les caractéristiques suivantes :

- masse volumique = 2.60 t/m<sup>3</sup>.
- résistance à l'abrasion (Los Angeles) mesurée selon la norme ASTM C 535 inférieures à 40 %
- résistance à la compression supérieure à 35 MPA sur éprouvette cylindrique.

**Article 2.10 : Granulats pour béton et revêtement****Article 2.10.01 - Nature**

2.10.01.06 - Le coefficient Los Angeles des granulats gros et moyens sera inférieur ou égal à 40 % (Normes ASTM C 131 et C 535).

**Article 2.10.02 - Caractéristiques des granulats**

Les granulats ne devront être ni petits ni friables. Ils seront complètement exempts d'éléments fins : vases, limons ou argiles. Pour les granulats fins, l'Entrepreneur devra s'efforcer d'obtenir un équivalent de sable supérieur à 80 %.

**Article 2.10.10- Matériaux pour couche de fondation**

Les graves utilisées pour la réalisation des couches de fondation des revêtements définitifs des terre-pleins sont en principe de la classe 0/40.

- Le coefficient Los Angeles sera inférieur à 30 % et le Deval humide supérieur à 6 %.
- L'équivalent de sable sera supérieur à 40 %.

**Article 2.10.11- Matériaux pour couche de base en grave bitume**

- L'équivalent de sable humide de la fraction 0/2 du sable 0/4 sera au minimum de 45 % pour une teneur en fine inférieure à 12 %.
- Le coefficient Los Angeles sec sera inférieur à 30 %.

**Article 2.10.12 - Matériaux pour couche de roulement en béton bitumineux**

Les granulats entrant dans la composition du béton bitumineux proviendront des carrières agréées par le Maître de l'Ouvrage.

- Pour le sable 0/2 la teneur en fine inférieure à 0,08 mm sera strictement comprise entre 17 et 25 %, la moyenne se situant obligatoirement à 21 %.
- L'équivalent de sable au piston de sable 0/2 sera au minimum de :
  - 35 % pour une teneur en fine > 15 %
  - 31 % si cette teneur atteint 20 %.
- Le coefficient de forme des gravillons (coefficient d'aplatissement) sera inférieur à 20 %.
- Le coefficient Los Angeles sec sera inférieur à 15 % pour les fractions 6/10 et 2/6.
- Le coefficient Deval sec sera > 15 %.
- Le coefficient Deval humide sera ≤ 20 %.
- Le coefficient de polissage accéléré sera > 0,50 %.

## **CAHIER DES PRESCRIPTIONS SPECIALES**

### **TRAVAUX DE RENFORCEMENT ET D'EXTENSION DES INFRASTRUCTURES DE L'AERODROME DE TOUGGOURT**

#### **Chapitre II :**

#### *Provenance, qualité et préparation des matériaux*

#### **Article 2.3.1 Matériaux a incorporé aux ouvrages**

##### **Article 2.3.1.1- Grave concassée**

Les caractéristiques de la grave concassée seront les suivantes ;

**- Forme :**

Coefficient de forme (F) inférieur à 25 (Le coefficient de forme (F) est défini comme pourcentage des éléments tels que  $G/E > 1.58$ . G et E étant respectivement la grosseur et l'épaisseur des grains)

**- Dureté :**

Coefficient los Angeles inférieur à 30 %.

**- Propreté :**

Equivalent de sable                      supérieur à 35 %.  
Indice de plasticité                      non mesurable.

**- Portance :**

Indice CBR supérieur à 100.

##### **Article 2.3.1.4. Matériaux pour couche de base (grave bitume)**

Les matériaux pour couche de base devront répondre aux spécifications suivantes :

**a) Granulats :**

**a.1) Spécifications:**

Dimension maximale	20 mm
Indice de plasticité	non mesurable
Equivalent de sable	ES > 40 %
Los Angeles	< 25 %
M D. E	< 25 %
Tamisât à 80 µm	5 à 10 %

**a.2) Fuseau granulométrique 0/20 :**

Tamis ouverture mailles	25	20	6	2	0,63	0,08
Tamisât au moins % (MIN)	100	85	45	25	16	6
Tamisât au plus % (MAX)	-	100	60	40	29	9

**a. 3) Propreté:**

Valeur de l'équivalence de sable

Il est précisé qu'il s'agit dans tous les cas d'un équivalent de sable effectivement mesuré sur la fraction 0/2 écrêtée, du sable dénommé 0/6.

- E. S  $\geq 41$  % si la teneur en fines de la fraction 0/2 est comprise entre 12 % et 15 %
- E. S  $\geq 35$  % si la teneur en fines de la fraction 0/2 est comprise entre 15 % et 18 %
- E. S  $\geq 28$  % si la teneur en fines de la fraction 0/2 est comprise entre 18 % et 22 %

**Article 2.3.1.6 – Granulats pour revêtement superficiel****- Spécifications**

CARACTERISTIQUES	TRAFFIC (Nb PL/j)				
	≤ 25	25-150	150-300	300 - 750	≥ 750
LA	≤ 35	≤ 30	≤ 25	≤ 20	≤ 15
MDE	≤ 30	≤ 25	≤ 20	≤ 15	≤ 10
A	≤ 30	≤ 25	≤ 20	≤ 15	≤ 15
P	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1
CPA	≥ 0,35	≥ 0,35	≥ 0,40	≥ 0,40	≥ 0,45

(\*) Pas de matériaux alluvionnaires pour cette classe de trafic

Ces spécifications doivent faire l'objet du maximum d'attention principalement (LA et P)

**Article 2.3.1.7 – Granulats pour béton bitumineux (BB)****a) Granularités :**

Pour la fabrication de béton bitumineux, on utilisera exclusivement des matériaux définis par seuils de granularité – 0/14. L'entrepreneur choisira l'une des deux compositions suivantes :

0/2 - 2/6 - 6/14 et 0/4 - 4/6 - 6/14 ou 0/2 - 2/6 - 6/10 et 0/4 - 4/6 - 6/10

**b) Propreté:**

Les gravillons 2/6 - 6/10 - 10/14 et 6/14, doivent avoir une propreté superficielle inférieure ou égale à 2 %, répondent aux exigences formulées dans le fascicule 23 du Cahier des prescriptions communes.

L'équivalent de sable 0/2 ou de la fraction 0/2 du sable 0/4 sera :

- supérieur à 45, si la teneur en fines de ce sable 0/2 est inférieure à 12 %
- supérieure à 40, si la teneur en fines de ce sable 0/2 est comprise entre 12 et 15 %
- supérieure à 35, si la teneur en fines est supérieure à 15 %

**c) Forme:**

La forme des granulats sera caractérisée par le coefficient d'aplatissement (A) qui doit rester inférieur à vingt 20 %.

**d) Dureté:**

La dureté des gravillons sera définie par l'essai Los Angeles effectué sur l'une des trois classes granulaires 4/6 - 6/10 - 10/14; les granulats soumis à l'essai étant propres et de bonne forme. Le coefficient Los Angeles des gravillons devra être inférieur à 25 %. Le micro deval humide (MDE) devra être inférieur à 20 %.

**Article 2.3.3 : Sable pour béton ou mortier****a) Nature :**

Le sable pour mortier et bétons sera du sable d'oued ou un sable de broyage traité.

**b) Propreté :**

Le granulat fin devra avoir un équivalent de sable mesuré par la méthode humide et visuelle, compris entre les limites précisées dans le tableau ci-dessous :

Mortier	Béton	Equivalent de sable
	C 150	> 70 %
M 450	Q 350	> 75 %

La propreté maximale en poids des granulats passant au lavage au tamis du module trente quatre (34) (tamis de deux millimètres) devra être inférieure à deux pour cent (02 %).

La proportion de matières susceptibles d'être éliminées par décantation suivant le processus de la norme NF P 18-301 ne devra pas dépasser deux pour cent (2 %).



## CAHIER DES PRESCRIPTIONS SPECIALES

### TRAVAUX DE RENFORCEMENT DE RN 21 DU PK 27 + 600 AU PK 52 + 000 WILAYA DE GUELMA

#### CHAPITRE II : PROVENANCE QUALITE ET PREPARATION DES MATERIAUX

##### 2.3.1.4 Matériau pour couche de fondation

###### a) Spécifications :

Les matériaux pour couche de fondation devront répondre aux spécifications suivantes :

D maximum	31,5 mm
IP	non mesurable
E. Sable	> 30 %
Los Angeles	< 40 %
Deval humide	> 2 %

###### b) Fuseaux granulométriques

Les courbes granulométriques correspondront à deux grandes familles de graves :

- graves fabriquées en carrière (fuseau grenu)
- graves d'origine alluvionnaire (fuseau sableux)

Dont les fuseaux sont indiqués ci-après.

#### GRAVE GRENU

	Tamisât %			Ouverture
	Minim.	Maxim.	Moyenne	Fuseau Tolérance
40,00	100			
31,50	85	100	92	
20,00	62	90	76	
10,00	35	62	48	±12
6,30	25	50	37	±11
4,00	19	43	31	±10
2,00	14	34	24	±9
0,50	5	20	12	±6
0,20	3	14	8	±4
0,08	2	10	6	±3

##### 2. 3.1. 5 - Matériaux pour couche de base (grave bitume)

Les matériaux pour couche de base devront répondre aux spécifications suivantes :

###### a) Granulats

Dimension maximale	20 mm
Indice de plasticité	non mesurable
Coefficient d'aplatissement	≤ 25 %
Equivalent de sable ES	>40 %
Stabilité	100 % d'éléments concassés
Los Angeles	< 25 %
Deval humide pour calcaires	< 20 %

Valeur de l'équivalence de sable

Il est précisé qu'il s'agit dans tous les cas d'un équivalent de sable, effectivement mesuré sur la fraction 0/2 écrêtée, du sable dénommé 0/6.

- E. S > 40 si la teneur en fines de la fraction 0/2 est comprise entre 12 % et 15 %
- E. S > 35 si la teneur en fines de la fraction 0/2 est comprise entre 15 % et 18 %
- E. S > 28 si la teneur en fines de la fraction 0/2 est comprise entre 18 % et 22 %

### 2.3. 1.6 - Granulats pour revêtement superficiel

**Spécifications :**

Propreté :	< 1 %
Los Angeles :	< 25 %
Deval humide :	> 4 ou > 5 à 7
Coefficient d'aplatissement :	≤ 15 %

### 2.3.1.7 - Granularités pour béton bitumineux

**Spécifications :**

#### b. 1) Propreté

Les gravillons 2/6 - 6/10 - 10/14 - 6/14, doivent avoir une propreté superficielle inférieure ou égale à 2 %. L'équivalent de sable 0/2 ou de la fraction 0/2 du sable 0/4 sera :

- supérieur à 45, si la teneur en fines de ce sable 0/2 est inférieure à 12 %
- supérieur à 40, si la teneur en fines de ce sable 0/2 est comprise entre 12 et 15 %
- supérieur à 35, si la teneur en fines est supérieure à 15 %

#### b. 2) Forme

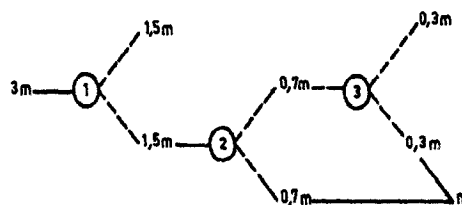
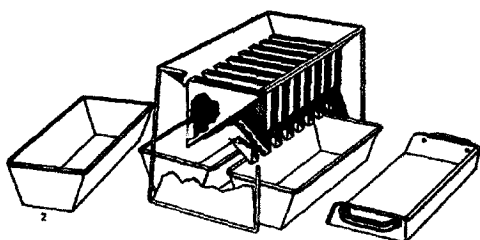
Pour caractériser la forme, on utilisera le coefficient d'aplatissement. Les gravillons 2/6 - 4/6 - 6/10 - 6/14 et 10/14, devront avoir un coefficient d'aplatissement inférieur ou égale à 20 %.

#### b. 3) Dureté

La dureté des gravillons sera définie par l'essai Los Angeles effectué sur l'une des trois classes granulaires 4/6 - 6/10 - 10/14; les granulats soumis à l'essai étant propres et de bonne forme, après élimination des gravillons plats par criblage sur une grille à panneaux parallèles d'écartement égal à la moitié de la plus petite dimension du gravillon, le coefficient Los Angeles des gravillons devra être inférieur à 25 %.

## ANNEXE .IV.1 : Préparation d'un échantillon pour essai.

NORME FRANÇAISE ENREGISTRÉE	Préparation d'un échantillon pour essai	P 18-553 September 1990
<b>1 OBJET</b>		
La présente norme a pour objet de définir le mode opératoire de préparation d'un échantillon pour essai, tel qu'il soit représentatif de l'échantillon global ou de l'échantillon pour laboratoire.		
<b>2 DOMAINE D'APPLICATION</b>		
La présente norme s'applique aux granulats d'origine naturelle ou artificielle, utilisés dans le domaine du bâtiment et du génie civil.		
<b>GÉNÉRALITÉS</b>		
<b>4.1 Définitions</b>		
On appelle :		
- <b>échantillon global</b> : la réunion des différents prélèvements,		
- <b>échantillon pour laboratoire</b> : la masse de matériau nécessaire pour effectuer dans de bonnes conditions le ou les essais. Il est indispensable que cette quantité soit au moins deux fois plus grande que la masse nécessaire pour le ou les essais,		
- <b>échantillon pour essai</b> ou prise d'essai : la masse de matériau soumise à l'essai.		
Tous les résultats des essais dépendent du soin apporté à la réalisation de cette opération de préparation.		
<b>4.2 Principe</b>		
La préparation peut s'effectuer de deux manières différentes :		
a) par quartage ou fractionnement manuel d'une quantité de matériau. Cette méthode est à utiliser lorsqu'on a des quantités de matériau importantes,		
b) au moyen de diviseurs «échantillonneurs», appareils séparant en parties égales une quantité de matériau déterminée.		
<b>5 APPAREILLAGE</b>		
<b>5.1 Appareillage d'usage courant</b>		
} Plateau en tôle pouvant entrer sous le plus grand des diviseurs.		
} Balance dont la portée limite est compatible avec les masses à peser et permettant de faire toutes les pesées avec une précision relative de 0,1 %.		
} Pelles et truelles.		
<b>5.2 Appareillage spécifique</b>		
Des diviseurs à couloirs (figure 1), avec bacs et pelles adéquats ou un <b>diviseur à ouvertures réglables</b> .		
<b>6 PRÉPARATION DE L'ÉCHANTILLON POUR ESSAI</b>		
La préparation doit être réalisée avec le matériau légèrement humide pour éviter la perte d'éléments fins. Si le matériau est sec, il faut l'humidifier légèrement de manière homogène.		
Veiller à ce que la totalité de l'échantillon reçu soit récupérée de son emballage d'origine.		
<b>7 EXÉCUTION DE L'ESSAI</b>		
<b>7.1 Séparation par quartage</b>		
- Brasser le matériau.		
- Constituer un tas homogène, étalé sur une surface lisse.		
- Séparer le tas étalé en quatre parties à peu près égales, suivant deux axes perpendiculaires et prélever deux parties opposées.		
- Mettre en tas étalé ces deux parties opposées et refaire l'opération si cette quantité est trop importante pour l'essai que l'on veut effectuer.		
<b>7.2 Séparation au moyen de diviseurs</b>		
- Verser le matériau à l'aide de la pelle dans le diviseur (figure 1). Veiller à ce qu'il soit uniformément réparti sur toute la surface de la pelle correspondant à l'appareil utilisé.		
- La largeur des couloirs doit être supérieure ou égale à 2 D, D exprimé en millimètres est la plus grande dimension spécifiée.		



**Diviseur échantillonneur à couloirs**

1 Pelle correspondante

2 Bac

- S'assurer que le nombre de couloirs est pair (en obstruant au besoin l'un des couloirs extrêmes), supérieur ou égal à 14 et que leur largeur est identique.

- Si la quantité obtenue dans chaque bac est trop importante pour l'essai envisagé, recommencer l'opération avec le matériau d'un des deux bacs.

**7.3 Choix de la méthode de préparation**

La méthode à utiliser dépend de la grosseur des éléments et de la quantité totale de matériau à fractionner.

Au-delà de 50 kg, il est préférable d'utiliser le quartage. Si l'on ne dispose pas de diviseurs de dimensions suffisantes, on peut soit quarter, soit isoler par tamisage les éléments trop gros et les quarter séparément dans les mêmes proportions que les éléments plus fins.

**7.4 Nombre de partages**

Pour obtenir la quantité nécessaire à la réalisation du ou des essais prévus, essayer de partager le moins possible à partir de la masse totale de matériau (Figure 2).

Si  $m$  est la masse nécessaire pour l'essai, prélever cette quantité à partir de la masse initiale  $M$ , en effectuant les opérations suivantes :

Si  $M$  est sensiblement égal à 2, 4, 8 m... faire 1, 2, 3... partages successifs.

Si  $M$  est différent de ces valeurs il faudra faire 2, 3, 4... partages successifs suivant la figure 2.

Si  $M$  est inférieur à 1,5 m : faire les partages successifs en conséquence, sauf pour l'analyse granulométrique par tamisage, où il est préférable de prendre la totalité pour l'essai.

**ANNEXE .IV.2 : ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE**

NORME FRANÇAISE ENREGISTREE	GRANULATS ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE	NF P 18-560Septembr e 1990
<p><b>OBJET</b> La présente norme a pour objet de définir le mode opératoire pour la détermination de la granularité des granulats dont les dimensions sont compris entre 0,063 et 80 mm.</p> <p><b>2 DOMAINE D'APPLICATION</b> La présente norme s'applique aux granulats d'origine naturelle ou artificielle, utilisés dans le domaine du bâtiment et du génie civil.</p> <p><b>4 GÉNÉRALITÉS</b></p> <p><b>4.1 Définitions</b>  <b>Granularité</b> : distribution dimensionnelle des grains.  <b>Refus</b> sur un tamis : matériau qui est retenu sur le tamis.  <b>Tamisat</b> (ou passant) : matériau qui passe à travers le tamis.</p> <p><b>4.2 Principe de l'essai</b> L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes. Les dimensions de mailles et le nombre des tamis sont choisis en fonction de la nature de l'échantillon et de la précision attendue. Les masses des différents refus ou celles des différents tamisats sont rapportées à la masse initiale de matériau, les pourcentages ainsi obtenus sont exploités, soit sous leur forme numérique, soit sous une forme graphique (courbe granulométrique).</p> <p><b>5 APPAREILLAGE</b></p> <p><b>5.1 Appareillage d'usage courant</b> Appareillage spécifique à la norme P 18-553.  <b>Bacs, brosses, pinceaux.</b>  <b>Balance</b> dont la portée limite est compatible avec les masses à peser et permettant de faire toutes les pesées avec une précision relative de 0,1 %.  <b>Étuve</b> ventilée réglée à <math>105\text{ °C} \pm 5\text{ °C}</math>.  Un dispositif de lavage.</p> <p><b>5.2 Appareillage spécifique</b> Tamis dont l'ouverture est conforme à la norme NF X 11-501 et de diamètre <math>\geq 250\text{ mm}</math>. Parmi les tamis de contrôle définis dans cette norme, on utilise généralement ceux donnés par la norme NF P 18-101 pour la classification des granulats.  Suivant les indications données dans la norme NF X 11-504.</p>		

## 6 PRÉPARATION DE L'ÉCHANTILLON POUR L'ESSAI

L'échantillon doit être préparé suivant les prescriptions de la norme P 18-553. La masse  $M$  de l'échantillon pour essai doit être supérieure à  $0,2 D$ , avec  $M$  exprimé en kilogrammes et  $D$  plus grande dimension spécifiée en millimètres.

## 7 EXÉCUTION DE L'ESSAI

### 7.1 Détermination de la masse sèche de l'échantillon soumis à l'analyse granulométrique

L'essai s'effectue sur le matériau à la teneur en eau à laquelle il se trouve avant l'analyse afin d'éviter un séchage qui présente des inconvénients : perte de temps due au séchage avant tamisage, risque d'agglomération des particules par séchage. À partir de l'échantillon pour laboratoire, il est donc préparé deux échantillons pour essai.

L'un de masse  $M_{1h}$  pour déterminer la masse sèche de l'échantillon soumis à l'analyse granulométrique, l'autre de masse  $M_h$  pour effectuer l'analyse granulométrique.

\* pesée des deux échantillons  $M_{1h}$  et  $M_h$  ;

\* séchage à l'étuve jusqu'à masse constante (c'est-à-dire jusqu'à ce que deux pesées successives de l'échantillon, séparées d'une heure, ne diffèrent pas de plus de  $0,1 \%$ ) du premier échantillon  $M_{1h}$  et pesée, soit  $M_s$  sa masse sèche.

La masse sèche ( $M_s$ ) de l'échantillon soumis à l'analyse granulométrique est calculée de la manière suivante :

$$M_s = (M_s / M_h) * M_h$$

### 7.2 Lavage

Dans le cas de matériaux particulièrement argileux, l'échantillon est trempé préalablement au lavage, pendant plusieurs heures.

L'échantillon humide, avec éventuellement les eaux de trempage, est versé sur un ou plusieurs tamis de décharge protégeant le tamis de lavage. La maille du tamis de lavage correspond à la plus petite maille de la colonne utilisée lors du tamisage. On doit veiller à ce que l'eau ne déborde pas du tamis de lavage. Cette opération peut se faire à l'aide d'un vibro-tamis à vibrations non verticales. On considère que le matériau est correctement lavé lorsque l'eau s'écoulant sous le tamis de lavage est claire.

Le tamisat est :

- soit éliminé avec les eaux de lavage,
- soit éventuellement récupéré pour d'autres analyses.

Le refus est récupéré et séché jusqu'à masse constante. Soit  $M_{s1}$  la masse correspondante.

### 7.3 Tamisage

\* Verser le matériau lavé et séché dans la colonne de tamis. Cette colonne est constituée par l'emboîtement des tamis, en les classant de haut en bas dans l'ordre de mailles décroissantes.

\* Agiter manuellement ou mécaniquement cette colonne, puis reprendre un à un les tamis en commençant par celui qui a la plus grande ouverture en adaptant un fond et un couvercle. On agite chaque tamis en donnant à la main des coups réguliers sur la monture. D'une manière générale, on peut considérer qu'un tamisage est terminé lorsque le refus sur un tamis ne se modifie pas de plus de  $1\%$  en une minute de tamisage.

\* Verser le tamisat recueilli dans le fond sur le tamis immédiatement inférieur.

### 7.4 Pesées

\* Le refus maximum admissible sur chaque tamis doit être inférieur à :  $100 \text{ g}$  si  $d < 1 \text{ mm}$ ,  $200 \text{ g}$  si  $d$  compris entre  $1$  et  $4 \text{ mm}$  et  $700 \text{ g}$  si  $d > 4 \text{ mm}$ .

\* Peser le refus du tamis ayant la plus grande maille. Soit  $R_1$  la masse de ce refus.

\* Reprendre la même opération avec le tamis immédiatement inférieur ; ajouter le refus obtenu à  $R_1$  et peser l'ensemble. Soit  $R_2$  la masse des deux refus cumulés.

\* Poursuivre la même opération avec tous les tamis de la colonne pour obtenir les masses des différents refus cumulés  $R_3, R_4, \dots, R_i, \dots, R_n$ .

\* Peser s'il y en a, le tamisat au dernier tamis. Soit  $T_n$  sa masse.

\* Si après essai, les résultats montrent qu'un (ou plusieurs) tamis a (ont) été surchargé(s), l'essai doit être refait manuellement à partir de ce tamis.

## 8 EXPRESSION DES RÉSULTATS

### 8.1 Calculs

Les résultats des différentes pesées cumulées sont portés sur une feuille d'essai dont un modèle est donné en annexe A.

Les masses des différents refus cumulés  $R_i$  sont rapportées à la masse totale calculée de l'échantillon pour essai sec  $M_s$  et les pourcentages de refus cumulés ainsi obtenus,

$$(R_i * M_s) / 100.$$

100-(R<sub>i</sub>· M<sub>s</sub>)/100**8.2 Présentation des résultats**

Les pourcentages de tamisats cumulés ou ceux des refus peuvent être présentés soit sous forme de tableau (exploitation statistique), soit le plus souvent sous forme de courbe.

Tracé de la courbe :

Il suffit de porter les divers pourcentages des tamisats ou des différents refus cumulés sur la feuille de papier semi-logarithmique.

- En abscisse : les dimensions des mailles, sur une échelle logarithmique.

- En ordonnée : les pourcentages sur une échelle arithmétique.

La courbe représentant la distribution granulométrique des éléments doit être tracée de manière continue et peut ne pas passer rigoureusement par tous les points (annexe B).

**8.3 Validité de l'analyse granulométrique**

La somme des masses, R<sub>n</sub> et T<sub>n</sub>, ne doit pas différer de plus de 2 % de la masse M<sub>s1</sub>,

<b>ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE</b>			
<b>Par tamisage : P18-560</b>			
<b>Laboratoire :</b> labo de matériaux (Université de Jijel)		<b>Date :</b> 15/04/2012	
<b>Opérateur :</b> W. Liaouraci & Y. Zeroual		<b>Numéro de référence:</b> 0/3	
<b>Désignation du matériau:</b> granulats (fraction 0/3)			
<b>Provenance :</b> Carrière d'El Milia (Bouzekri K.)			
Premier échantillon pour établissement du rapport $M_{1S}/M_{1h}$			
$M_{1S} = 990$ (g)		$M_{1h} = 1000$ (g)	
Deuxième échantillon pour analyse granulométrique $M_h = 1000$ (g)			
Masse totale sèche $M_s = (M_{1S}/M_{1h}) M_h$ $M_s = 990$ (g)			
Masse sèche après lavage : $M_{S1} = 851.3$ (g)			
Tamis Ouverture en (mm)	Masse des refus cumulés R <sub>i</sub> en (g)	Pourcentage refus cumulés (%) (R <sub>i</sub> /M <sub>s</sub> ) 100	Pourcentage tamisats cumulés (%) 100-[(R <sub>i</sub> /M <sub>s</sub> ) 100]
3.15	34.2	3.45	96.55
2.5	112.1	11.32	88.68
2	194.3	19.62	80.38
1.6	268.8	27.15	72.85
1.25	352.0	35.55	64.54
1	418.4	42.26	57.74
0.800	482.1	48.69	51.31
0.630	547.0	55.25	44.75
0.500	609.6	61.57	38.43
0.400	659.0	66.56	33.44
0.315	699.5	70.65	29.35
0.250	753.5	76.11	23.89
0.200	768.4	77.61	22.39
0.160	791.3	79.92	20.08
0.125	816.1	82.43	17.57
0.100	830.5	83.88	16.12
0.080	848.6	85.71	14.29
<b>R<sub>n</sub> = 848.6</b> (g)			
Passant au dernier tamis utilisé, T <sub>n</sub> (80 μm)		<b>Observation: /</b>	
T <sub>n</sub> = 138,7 (g)			
<b>R<sub>n</sub> + T<sub>n</sub> = 987,3</b> (g)			
$100[M_{S1} - (R_n + T_n)] / M_{S1} = 0.27\% < 2\%$			

## ANNEXE .IV.3 : Mesure du coefficient d'aplatissement

NORME FRANÇAISE ENREGISTRÉE	Mesure du coefficient d'aplatissement	NF P 18-561 September 1990
<b>1 OBJET</b>		
La présente norme a pour objet de définir le mode opératoire pour la détermination du coefficient d'aplatissement d'un échantillon de granulats dont les dimensions sont comprises entre 4 et 50 mm.		
<b>2 DOMAINE D'APPLICATION</b>		
La présente norme s'applique aux granulats d'origine naturelle ou artificielle, utilisés dans le domaine du bâtiment et du génie civil.		
<b>4 GÉNÉRALITÉS</b>		
<b>4.1 Définition</b>		
La forme d'un élément est définie par trois dimensions principales :		
- <b>Longueur L</b> = le plus grand écartement d'un couple de plans tangents parallèles.		
- <b>Épaisseur E</b> = le plus petit écartement d'un couple de plans tangents parallèles.		
- <b>Grosseur G</b> = dimension de la maille carrée minimale à travers laquelle passe l'élément.		
Le coefficient d'aplatissement A d'un lot de granulats soumis à l'essai est, par définition, le pourcentage des éléments tels que : $(G/E) > 1.58$		
<b>4.2 Principe de l'essai</b>		
L'essai consiste à effectuer un double tamisage :		
- Tamisage sur tamis à mailles carrées, pour classer l'échantillon étudié en différentes classes d/D (avec D = 1,25 d), suivant leur grosseur G.		
- Puis tamisage des différentes classes granulaires d/D, sur des grilles à fentes parallèles d'écartement $d/1.58$		
Le coefficient d'aplatissement de chaque classe granulaire d/D correspond au passant du tamisage sur la grille à fentes d'écartement d/1,58, exprimé en pourcentage.		
Le coefficient d'aplatissement global de l'échantillon est égal à la somme pondérée des coefficients d'aplatissement des différentes classes granulaires d/D composant l'échantillon.		
<b>5 APPAREILLAGE</b>		
<b>5.1 Appareillage d'usage courant</b>		
Appareillage courant et spécifique de la norme P 18-553.		
La détermination des classes granulaires s'effectue sur les tamis à mailles carrées utilisés pour l'analyse granulométrique définie par la norme P 18-560. On utilise les tamis de dimensions d'ouverture de maille de : 50 - 40 - 31,5 - 25 - 20 - 16 - 14 - 12,5 - 10 - 8 - 6,3 - 5 et 4 mm.		
<b>5.2 Appareillage spécifique</b>		
Pour la détermination du coefficient d'aplatissement de chaque classe granulaire, on utilise une série de grilles, constituées par des barres cylindriques parallèles fixées dans un châssis carré. Les écartements intérieurs des barres sont respectivement de :		
31,5 } 25 } 20 } 16 } 12,5 } 10 } 8 } 6,3 } 5 } 4 } 3,15 et 2,5 mm.		
Pour chaque grille, l'ouverture des fentes ainsi définies doivent satisfaire aux conditions suivantes ;		
Il ne doit pas y avoir plus de 10 % de la longueur totale des fentes dont l'écartement diffère de 0,25 mm de l'écartement nominal.		
En aucun point des fentes, la largeur de fente ne doit s'écarter de 0,5 mm de la dimension nominale.		
<b>6 PRÉPARATION DE L'ÉCHANTILLON POUR ESSAI</b>		
L'échantillon doit être préparé suivant les prescriptions de la norme P 18-553. La masse M de l'échantillon pour essai doit être supérieure à 0,2D, avec M exprimé en kilogrammes et D, plus grande dimension spécifiée, exprimé en millimètres.		
L'échantillon est passé sur un tamis de 4 mm, la masse M <sub>0</sub> du refus est déterminée avec une précision relative de 0,1 %.		
<b>7 EXÉCUTION DE L'ESSAI</b>		
<b>7.1 Tamisage sur tamis à mailles carrées</b>		
Procéder au tamisage de l'échantillon par voie sèche sur les tamis en se conformant aux prescriptions de la norme P 18-560.		
Recueillir les différentes fractions d/D ; peser chaque classe granulaire avec une précision relative de 0,1 %		
<b>7.2 Tamisage sur grilles à fentes</b>		
Tamiser chaque classe granulaire obtenue par l'opération précédente sur une grille dont l'écartement E entre les barres est défini par le tableau de correspondance ci-dessous :		
Dimensions en millimètres		

CLASSE GRANULAT d/D	ECARTEMENT E
>50	31
31.5-40	25
25-31.5	20
20-25	16
16-20	12.5
12.5-165(1)	10
10-12.5	8
8-10	6.3
6.3-8	5
5-6.3	4
4-5	3.15
	2.5
(1) ou 14 pour le 10-14	

Le tamisage sur les grilles se fait manuellement.

Peser avec une précision relative de 0,1 % le passant sur la grille correspondante à chaque classe granulaire d/D.

### 8 EXPRESSION DES RÉSULTATS

Les résultats sont portés sur des feuilles d'essai dont un exemple est donné en annexe A. Les notations suivantes sont utilisées :

$M_g$  = Masse de chaque classe granulaire d/D, en grammes.

$M = S M_g$  (ce chiffre peut être légèrement inférieur à  $M_0$  mais ne doit pas s'en écarter de plus de 2 %).

$M_e$  = Masse des éléments de chaque classe granulaire d/D passant sur la grille correspondante, définie par le tableau du paragraphe 7.2.

Le coefficient d'aplatissement de chaque classe granulaire est donné par :  $(M_e / M_g) * 100$

Le coefficient d'aplatissement global A est donné par :  $A = (S M_e * 100) / M$

### DETERMINATION DE COEFFICIENT D'APPLATISSEMENT

Par tamisage : P18-561

Laboratoire : labo de matériaux (Université de Jijel)

Date : 16/04/2012

Opérateur : W. Liaouraci & Y. Zeroual

Numéro de référence: /

Désignation du matériau : granulats (fraction 8/15)

Provenance : Carrière d'El Milia

Tamisage sur tamis		Tamisage sur grilles		
Classe granulaires d/D (mm)	$M_g$ (g)	Ecartement des grilles (mm)	Passant $M_e$ (g)	$(M_e / M_g) 100$
>50				
40 - 50				
31.5 - 40				
25 - 31.5				
20 - 25				
16 - 20	254,9	10	48.6	
12.5 - 16	1115,6	8	186.6	
10 - 12.5	830.6	6.3	156.9	
8 - 10	867.4	5	188.1	
6.3 - 8				
5 - 6.3				
4 - 5				
$M = \sum M_g = 3068.5$		$\sum M_e = 580.2$		
$A = \frac{\sum M_e}{M} 100 \quad A = 18.90\%$				



## ANNEXE .IV.4 : Equivalent de sable

NORME FRANÇAISE ENREGISTRÉE	Equivalent de sable	P 18-598 Octobre 1991
<b>1 Objet</b>		
La présente norme a pour objet de définir une caractéristique des sables intitulée «équivalent de sable» et de fixer la méthode permettant de déterminer cette caractéristique.		
<b>2 Domaine d'application</b>		
La présente norme s'applique aux sables, d'origine naturelle ou artificielle, utilisés dans le domaine du bâtiment et du génie civil.		
<b>3 Références normatives</b>		
P 18-553 Granulats} Préparation d'un échantillon pour essai.		
NF ISO 5725 Application de la statistique} Fidélité des méthodes d'essai} Détermination de la répétabilité et de la reproductibilité d'une méthode d'essai normalisée par essais inter laboratoires (indice de classement : X 06-041).		
<b>4 Généralités</b>		
L'essai d'équivalent de sable, permettant de mesurer la propreté d'un sable, est effectué sur la fraction d'un granulat passant au tamis à mailles carrées de 5 mm. Il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments fins, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments sableux qui sédimentent et les éléments fins qui flocculent.		
La valeur de l'équivalent de sable (Es) est le rapport, multiplié par 100, de la hauteur de la partie sableuse sédimentée, à la hauteur totale du floculat et de la partie sableuse sédimentée.		
<b>5 Appareillage et produits utilisés</b>		
<b>5.1 Appareillage</b>		
<b>5.1.1 Appareillage d'usage courant</b>		
Tamis de 5 mm d'ouverture de mailles avec fond.		
Spatule et cuillère.		
Récipients de pesée pouvant recevoir environ 200 ml.		
Balance dont la portée limite est compatible avec les masses à peser et permettant de faire toutes les pesées avec une précision relative de 0,1 %.		
Chronomètre donnant la seconde.		
Réglet de 500 mm, gradué en millimètres.		
Goupillon pour le nettoyage des éprouvettes.		
Bacs pour tamisage.		
<b>5.1.2 Appareillage spécifique</b>		
Éprouvettes cylindriques et transparentes en matière plastique (figure 1) (elles seront désignées dans la suite du texte par le terme «éprouvettes») de diamètre extérieur constant à $\pm 0,5$ mm, de diamètre intérieur de $32 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ et d'une hauteur de $430 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ .		
Chaque éprouvette porte des traits de repères gravés à :		
$100 \text{ mm} \pm 0,25 \text{ mm}$ et $380 \text{ mm} \pm 0,25 \text{ mm}$ de la base.		
L'éprouvette est fermée par un bouchon de caoutchouc ; l'équipement comprend deux éprouvettes et deux bouchons.		
Un piston taré, conforme à la figure 2, constitué par :		
- une tige de $440 \text{ mm} \pm 0,25 \text{ mm}$ de longueur ;		
- une embase de $25 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ de diamètre, dont la surface inférieure est plate, lisse et perpendiculaire à l'axe de la tige et qui comporte latéralement trois vis de centrage du piston dans l'éprouvette, avec un léger jeu. Ses parties plongeantes sont en métal inoxydable (laiton ou acier inoxydable) ;		
- un manchon de $10 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ d'épaisseur, qui s'adapte sur l'éprouvette cylindrique et permet de guider la tige du piston, en même temps qu'il sert à repérer l'enfoncement du piston dans l'éprouvette. Ce manchon comporte une vis qui permet de le bloquer sur la tige du piston, ainsi qu'une encoche pour le passage du réglet ;		
- un poids fixé à l'extrémité supérieure de la tige pour donner à l'ensemble du piston taré, hormis le manchon, une masse totale de $1 \text{ kg} \pm 5 \text{ g}$ ;		
- un tube laveur, conforme à la figure 3, constitué par un tube rigide (acier inoxydable ou cuivre écroui) de diamètre extérieur de $6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ et de diamètre intérieur de $4 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ .		
Ce tube laveur est muni à la partie supérieure d'un robinet, à la partie inférieure d'un embout fileté (figure 4) en métal inoxydable formant dièdre, chaque face du dièdre étant percée d'un trou de $1 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ ;		
- un récipient d'environ 5 l muni d'un système de		

- siphon, dont le fond est placé à 1 m au-dessus de la table de travail ;
- un tube de caoutchouc, ou de plastique, de 1,50 m de longueur environ et de 5 mm de diamètre intérieur environ reliant le tube laveur au siphon ;
- un entonnoir à large ouverture pour transvaser l'échantillon dans l'éprouvette cylindrique (figure 5) ;
- une machine d'agitation, manuelle ou électrique, capable d'imprimer à l'éprouvette un mouvement horizontal, rectiligne et périodique de  $20 \text{ cm} \pm 1 \text{ cm}$  d'amplitude et de période 1/3 seconde.

### 5.1.3 Produits utilisés

#### 5.1.3.1 Solution concentrée

La préparation de la solution concentrée s'effectue à partir :

- de chlorure de calcium cristallisé, qualité produit pur,
- de glycérine à 99 % de glycérol, qualité pharmaceutique,
- de formaldéhyde en solution à 40 % en volume, qualité pharmaceutique,
- d'eau distillée ou déminéralisée.

Préparer un litre de solution concentrée avec :

- $111 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$  de chlorure de calcium anhydre,
- $480 \text{ g} \pm 5 \text{ g}$  de glycérine,
- 12 à 13 g de la solution de formaldéhyde.

Il est recommandé de stocker la solution concentrée dans des flacons en matière plastique contenant  $125 \text{ ml} \pm 1 \text{ ml}$ , pour des raisons de commodité d'emploi et de meilleure conservation de cette solution.

#### 5.1.3.2 Solution lavante

La solution lavante est préparée, en prenant  $125 \text{ ml} \pm 1 \text{ ml}$  de la solution concentrée et en diluant à  $5 \text{ l} \pm 0,005 \text{ l}$  avec de l'eau distillée.

Pour la préparation de la solution lavante, à partir de la solution concentrée, on peut se contenter sur les chantiers d'eau déminéralisée au lieu d'eau distillée et même d'eau potable.

Remplacer la solution lavante au bout d'un mois, ou avant si un léger dépôt ou des troubles apparaissent.

En outre, rincer et nettoyer à l'eau distillée la bonbonne de 5 l à chaque remplissage.

Le mélange est vigoureusement agité avant utilisation.

Dans le cas où la solution concentrée est stockée dans un flacon de 125 ml, rincer plusieurs fois le flacon et verser les eaux de rinçage dans le flacon de 5 l avant de diluer le contenu de ce dernier à 5 l.

## 6 Préparation de l'échantillon pour essai

L'échantillon pour laboratoire doit être préparé suivant les prescriptions de la norme P 18-553. Sa masse doit être telle que la fraction passant au tamis de 5 mm pèse 500 à 700 g.

Si l'échantillon pour laboratoire n'est pas humide, l'humidifier afin d'éviter les pertes de fines et la ségrégation.

Sur celui-ci, procéder à la préparation d'un échantillon pour la détermination de la teneur en eau  $w$  et de deux échantillons pour essai.

L'essai s'effectue sur le sable à sa teneur en eau naturelle, la masse sèche de l'échantillon pour essai doit être de  $120 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$ .

### 6.1 Détermination de la teneur en eau du tamisat

À partir du premier échantillon, déterminer la teneur en eau  $w$  exprimée en pourcentage sur deux prises de 100 à 200 g par une méthode rapide telle que : séchage au gaz, rayonnement infrarouge,...

### 6.2 Préparation des échantillons pour essai

La masse de l'échantillon pour essai, exprimée en grammes, est alors égale à :  $120 * (1 + (w/100))$ .

Dans tous les cas préparer deux échantillons par essai.

## 7 Exécution de l'essai

### 7.1 Mise en place de la première prise d'essai

La solution lavante ayant été siphonnée dans l'éprouvette cylindrique, jusqu'au trait repère inférieur, la prise d'essai humide, correspondant à une masse sèche de  $120 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$  de matériau, est versée soigneusement à l'aide de l'entonnoir dans l'éprouvette posée verticalement.

Frapper fortement à plusieurs reprises la base de l'éprouvette sur la paume de la main pour déloger les bulles d'air et favoriser le mouillage de l'échantillon.

Laisser reposer dix minutes.

### 7.2 Agitation de l'éprouvette

À la fin de cette période de dix minutes, boucher l'éprouvette à l'aide du bouchon de caoutchouc, puis fixer l'éprouvette sur la machine d'agitation.

Faire subir à l'éprouvette 90 cycles  $\pm 1$  cycle en  $30 \text{ s} \pm 1 \text{ s}$ .

Remettre l'éprouvette en position verticale sur la table d'essais.

### 7.3 Lavage

En descendant le tube laveur dans l'éprouvette rincé les parois de l'éprouvette avec la solution lavante, puis enfoncer le tube jusqu'au fond de l'éprouvette.

Faire remonter les éléments argileux, tout en maintenant l'éprouvette en position verticale en procédant de la manière suivante : l'éprouvette étant soumise à un lent mouvement de rotation, remonter lentement et régulièrement le tube laveur. Lorsque le niveau du liquide atteint le trait repère supérieur, relever le tube laveur, de façon à ce que le niveau du liquide se maintienne à hauteur du trait repère. Arrêter l'écoulement dès la sortie du tube laveur.

#### 7.4 Mesures

Laisser reposer pendant  $20 \text{ min} \pm 10 \text{ s}$ .

Au bout de ces 20 min, mesurer à l'aide du réglét la hauteur  $h_1$  du niveau supérieur du floculat par rapport au fond de l'éprouvette.

Mesurer également la hauteur  $h_2$  du niveau supérieur de la partie sédimentée par rapport au fond de l'éprouvette.

Descendre doucement le piston taré dans l'éprouvette, jusqu'à ce qu'il repose sur le sédiment. Pendant cette opération, le manchon coulissant prend appui sur l'éprouvette.

Lorsque l'embase du piston repose sur le sédiment, bloquer le manchon coulissant sur la tige du piston. Introduire le réglét dans l'encoche du manchon, faire venir buter le zéro contre la face inférieure de la tête du piston (figure 2).

Lire la hauteur du sédiment  $h_2$  au niveau de la face supérieure du manchon.

Arrondir les hauteurs  $h_1$ ,  $h_2$  et  $h_2$  au millimètre le plus voisin.

#### 7.5 Deuxième prise d'essai

Recommencer les mêmes opérations.

#### 8 Expression des résultats

L'équivalent de sable est donné par la formule :  $E_s = (100 \cdot h_2 / h_1)$

L'équivalent de sable visuel est, dans les mêmes conditions, donné par la formule :

$$E_{sv} = (100 \cdot h_2' / h_1)$$

Ces résultats sont donnés avec une décimale.

La détermination portant sur deux échantillons, la propreté du sable est la moyenne des deux valeurs obtenues.

La valeur de la moyenne est arrondie à l'entier le plus voisin.

P 18-598

— 8 —

Dimensions en millimètres

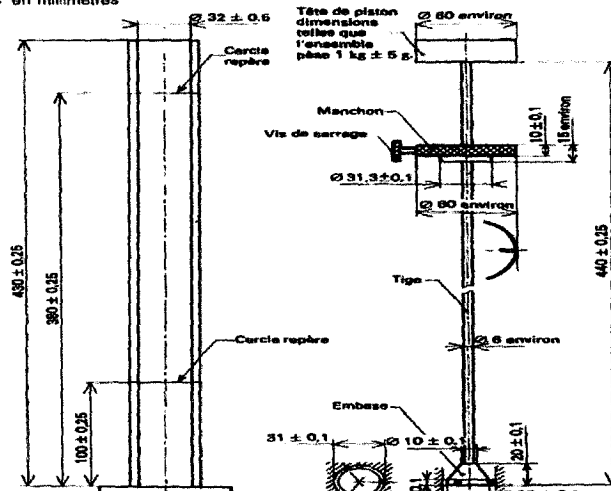


Figure 1: éprouvette d'équivalent de sable

Figure 2: piston d'essai

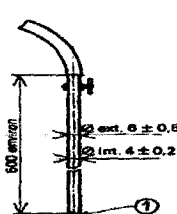


Figure 3: tube laveur

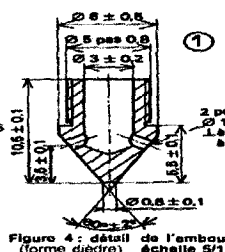


Figure 4: détail de l'embout (forme dièdre) échelle 5/1

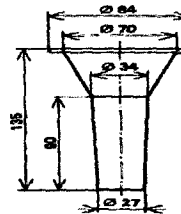


Figure 5: entonnoir

## ANNEXE .IV.5 : Essai pour déterminer les caractéristiques mécanique-LOS ANGELOS.

NORME FRANÇAISE ENREGISTRÉE	Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats	NF EN 1097-2 Octobre 1998 Indice de classement : P 18-650-2
<p><b>1 Domaine d'application</b> La présente norme européenne prescrit les méthodes pour la détermination de la résistance à la fragmentation d'un granulat grossier. Deux méthodes sont définies :</p> <p>a) l'essai Los Angeles (méthode de référence) ; b) l'essai de fragmentation par impact (autre méthode).</p> <p>NOTE : L'essai de fragmentation dynamique peut être utilisé à la place de l'essai Los Angeles, mais il convient qu'une corrélation avec l'essai Los Angeles soit d'abord effectuée afin d'éviter les contre essais et d'assurer une reconnaissance mutuelle des résultats. En cas de litige, il est recommandé d'utiliser l'essai Los Angeles (méthode de référence).</p> <p>La présente norme européenne s'applique aux granulats d'origine naturelle ou artificielle utilisés dans le BTP.</p> <p><b>5 Détermination de la résistance à la fragmentation par la méthode d'essai Los Angeles</b></p> <p><b>5.1 Principe</b> Faire rouler dans un tambour rotatif un échantillon de granulat mélangé à des boulets d'acier. À la fin, on évalue la quantité de matériau retenu sur le tamis de 1,6 mm.</p> <p><b>5.2 Préparation de l'échantillon à essayer</b> La masse de l'échantillon envoyé au laboratoire doit être égale à 15 kg au minimum de la classe granulaire 10mm à 14 mm. L'essai doit être effectué sur un granulat passant au tamis de 14 mm et retenu sur celui de 10 mm. En plus la courbe granulométrique de l'échantillon doit répondre à l'une des exigences suivantes :</p> <p>a) 60 % à 70 % de passant sur un tamis de 12,5 mm ; ou b) 30 % à 40 % de passant sur un tamis de 11,2 mm.</p> <p>NOTE : Les exigences granulaires supplémentaires permettent d'obtenir la prise d'essai à partir de granularités autres que le 10-14 (voir annexe A). Tamiser l'échantillon pour laboratoire sur les tamis de 10 mm, 11,2 mm (ou 12,5 mm) et 14 mm pour obtenir des classes granulaires séparées 10 mm à 11,2 mm (ou 12,5 mm) et 11,2 mm (ou 12,5 mm) à 14 mm. Laver chaque fraction séparément, conformément à l'article 6 de l'EN 933-1:1997, et sécher les dans l'étuve à (110 ± 5) °C jusqu'à masse constante. Laisser refroidir à température ambiante. Mélanger les deux fractions pour obtenir un échantillon pour laboratoire modifié 10 mm à 14 mm conforme aux proportions données ci-dessus. Réduire cet échantillon pour laboratoire modifié provenant du mélange en prise d'essai conformément au prEN 932-2. La masse de l'échantillon pour essai doit être égale à (5 000 ± 5) g.</p> <p><b>5.3 Mode opératoire</b> Vérifier que le tambour soit propre avant d'y mettre l'échantillon. Placer avec précaution les boulets dans la machine, puis y introduire la prise d'essai. Remettre le couvercle et faire faire 500 tours à la machine, à une vitesse constante de 31 tr/min à 33 tr/min. Verser le granulat sur un plateau placé sous l'appareil en veillant à éviter toute perte de matériau. Vider le tambour et le nettoyer soigneusement en éliminant toutes les fines, surtout autour de la plaque saillante. Enlever soigneusement les boulets du plateau en veillant à ne perdre aucune particule du granulat. Analyser le matériau recueilli sur le plateau conformément à l'EN 933-1:1997, par lavage et tamisage au tamis à 1,6 mm. Sécher le refus à 1,6 mm à une température de (110 ± 5) °C, jusqu'à obtention d'une masse constante.</p> <p><b>5.4 Calcul et expression des résultats</b> Calculer le coefficient Los Angeles LA à partir de l'équation suivante : où : <math>LA = (5\ 000 - m)/50</math> m est la masse du refus à 1,6 mm, en grammes. Enregistrer le résultat arrondi à l'unité la plus proche. NOTE : Des éléments sur la fidélité du Los Angeles sont donnés en annexe D.</p> <p><b>5.5 Rapport d'essai</b> Le rapport doit déclarer que l'essai Los Angeles a été effectué en conformité à la présente norme. Il doit inclure les informations suivantes :</p> <p>a) le nom et l'origine de l'échantillon ; b) la classe granulaire de l'échantillon soumis à l'essai ;</p>		

## ANNEXE .IV.6 : Résultat d'analyse granulométrique GNT.

granulométrie	
Tamis (mm)	Tamisé (%)
31.5	-
20	95
10	66
5	50
2	33
1	25
0.4	15
0.2	14
0.1	10
0.08	8

**Classe granulaire Grave concassée GC 0/20**

Tableau : résultats d'analyse granulométrique classe 0/20 GNT de la carrière d'El Milia DTP .Jijel- janvier

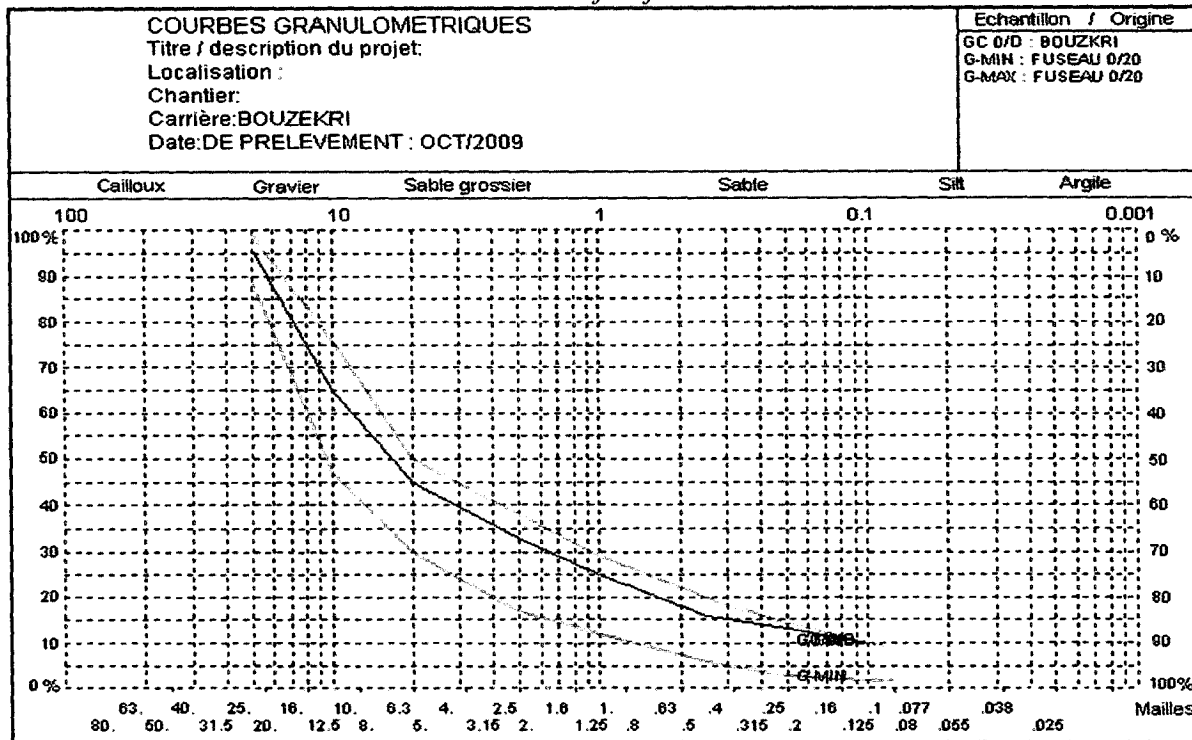
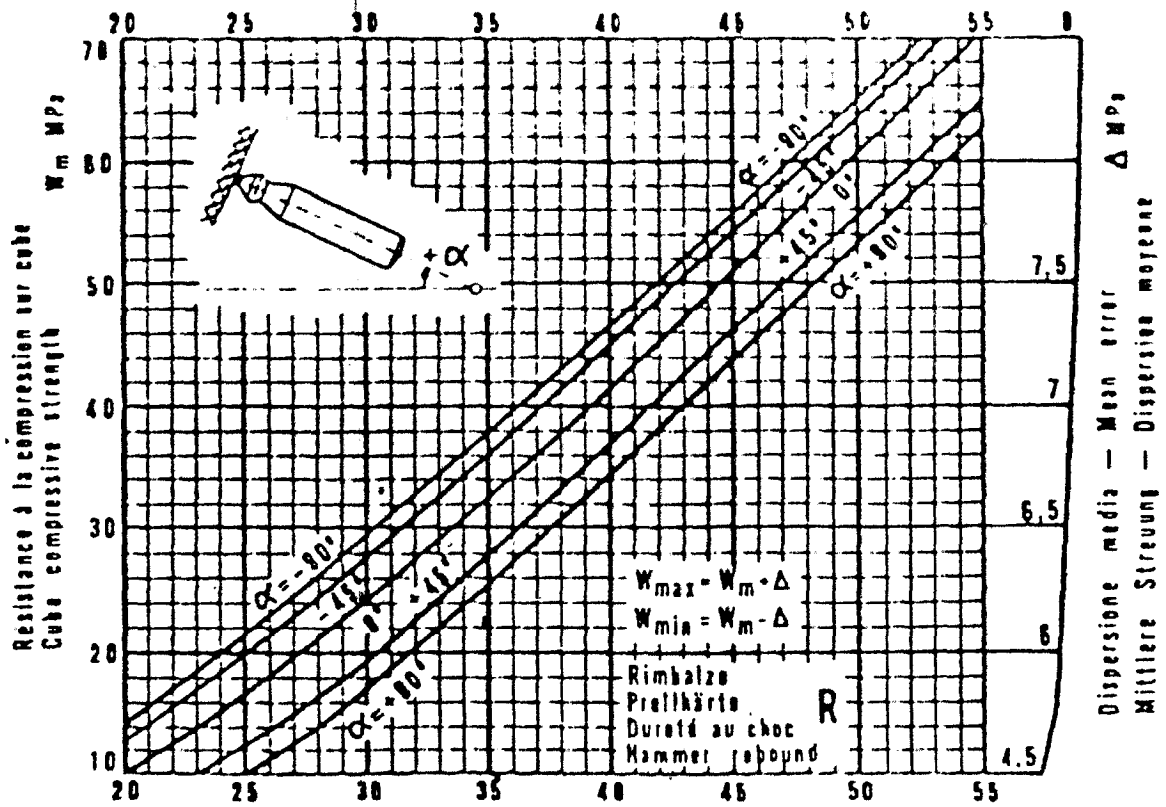


Figure: Courbe granulométrique du grave concassée de la carrière d'El Milia DTP .Jijel- janvier 2010

ANNEXE .IV.7 : Tableau récapitulatif des résultats de mesure équivalent de sable (GNT) carrière BOUREKRI. R-DTP .Jijel- janvier 2010.

HAUTEUR TOTALE H 1	HAUTEUR DE SABLE VISIBLE H 2	HAUTEUR DE SABLE H 2	H 2 x 100 ES----- H 1	MOYENNE
16.50	8.8	8.1	49.09	48%
17.20	8.6	8.0	47.51	
17.15	8.7	7.95	46.86	

ANNEXE .IV.8 : Abaque pour la détermination de la durté superficielle, essai scléromètre



## Références Bibliographiques

### Les Thèses

- Abdoulaye, DIA (1982) :** Contribution a l'étude des caractéristiques pétrographiques, pétrochimiques et géotechniques des granulats basaltiques : De la presqu'île du Cap-Vert et de plateau de Thiès. (Carrière de Diack - SENEGAL). Thèse doctorat .université de Dakar
- Andrieux, J. & Djellit, H. (1989):** Structure de la Petite Kabylie occidentale (Algérie) flyschs ultra et flyschs externes. C. R. Acad. SCI. Paris, t. 309, Se, P1191-1196.
- BENALI, Hanafi :** Les minéralisations associée aux roches magmatiques tertiaires du nord de l'Algérie (typologie, pétrologie, cadre géodynamique, et implications métallogéniques). Thèse de Doctorat d'Etat
- Bouillin, J.P. ; Durand Delga, M.; Gélard, J.P. ; Leikine, M.; Raoult, J.F.; Raymond, D. ; Téfiiani, M. & Vila, J.M. (1970):** Définition d'un flysch massylien et d'un flysch maurétanien au sein de flyschs allochtones de l'Algérie.R.Acad. Sci.Paris (D). T270, série D. P 2249-2252.
- Bouillin, J.P. & Raoult, J.F. (1971):** Présence sur le socle Kabyle du constantinois d'un olistostromes lié au charriage des flyschs; le Numidien peut être un néo-autochtone? Comie Rendu : Somm. Soc. Géol. France, 7 .117P.
- Bouillin, J.P. (1977):** Géologie Alpine de la Petite Kabylie dans les régions de Collo et d'El-Milia (Algérie), thèse Doct. Uni. P. & M. Curie, 511P.
- Bouillin, J.P. (1979):** La transversale de Collo et d'El-Milia (Petite Kabylie): une région-clef pour l'interprétation de la tectonique Alpine de la chaîne littorale d'Algérie. Thèse. Paris. Mém. Soc. Géol. France. Nouv. Série. L VII, n°135,84P.
- Djellit ; h. (1987) :** évolution tectono-métamorphique du socle kabyle et polarité de mise en place de nappes des flysch en petite kabyle(Algérie).thèse doctorat .université de paris ; France.
- Durand Delga, M. (1955):** étude géologique de l'ouest de la chaîne numidique, thèse doctorat sciences, public; serv. Curie géol.-Algérie.
- Durand Delga, M. (1969) :** mise en point sur la structure du nord est du béribérie, bul serv. Carte géol.-Algérie ; 39 pp.89-131.
- J.M.Villa (1980) :** La chaîne Alpine d'Algérie orientale et des confins algéro – tunisiens. Thèse de Doct. D'état, Univ. Pierre et Marie Curie (Paris VI), 3 Vol. p 665. Paris.
- Ouabadi, A. (1994) :** Ouabadi, A. 1994. Pétrologie, géochimie, et origine des granitoïdes peralumineux à cordiérite (cap Bougaron, Béni Toufout, et Filfila) Algérie Nord-orientale. Thèse Doct. Univ Rennes I, France.
- Raoult, J.F. (1969 c):** Relation entre la dorsale Kabyle et les flyschs sur la transversale de Dj. Rhédir, phase tangentielle Eocène, paléogéographie (Nord Constantinois, Algérie). Bull. Soc. Géol. France (7), XI, Paris. P523-543.
- Raoult, J.F. (1972) :** précisions sur le flysch massylien : séries stratigraphiques, variations de faciès, nature du matériel remanié (Nord du Constantinois).Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nor Alger.
- Raoult, J.F. (1974):** Géologie du centre de la chaîne Numidique (Nord du Constantinois, Algérie). Mem. Soc. Géol. France, 53, 121, 163P.

**Remoum, K. (2002) :** *Essai de caractérisation géologique et géotechnique des carrières de granulats de Sidi Marouf, Chekfa et EL Milia wilaya de Jijel. Thèse magistère, centre universitaire Echeikh Lairbi Tebassi, Tébessa.*

**-RONAN, HÉBERT (1998):** *GUDE DE PÉTROLOGIE DESCRIPTIVE ; utilisation du microscope optique polarisant et application aux roches magmatiques page 82/157 ; Édition Nathan.9, rue Méchain-75014 Paris, France.*

**-Tebib, H. (2002) :** *l'influence des facteurs géologiques sur les propriétés physiques et mécaniques des roches intactes carbonatées de la région de Tébessa et leurs dérivées granulats ; Thèse magistère. Centre Universitaire Echeikh Lairbi Tebassi, Tébessa*

#### **Les mémoires et Les rapports**

**- CHEVASSU, G. (1969) :** *Influence des caractéristiques pétrographiques de quelques roches sur leur résistance à l'attrition ; article*

**-HIRECHE SAAD ; BOULEBTINA FOUAD :** *Caractéristiques géométriques et mécaniques des granulats de la carrière de Sidi Marouf (wilaya de Jijel)- Projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme -d'ingénieur d'état en Géologie-Option : Géologie de l'Ingénieur-. Promotion : 2006.*

**-Steve, Lesquereux(2006) :** *2300 La Chaux-de-Fonds, Réactions alcali-granulats dans le béton, Rapport technique / domaine du bâtiment et du génie-civil*

**-Kurt, Hermann(2000) :** *Bulletin du ciment 68, Réactions alcali-granulats (1ère partie), Mai 2000,*

**-AGENCE NATIONALE DES BARRAGES ET TRANSFERTS(ANBT) -** *Projet du barrage de Boussiaba et de transfert des eaux vers le barrage de Béni Haroun- EDF- Direction Production Ingénierie-Centre D'Ingénierie – Hydraulique- Aout 2005-'Avant projet détaillé- SECTION 5.1- synthèse géologique et géotechnique du site du barrage. Rapport 2003.*

*-direction de mines et de l'industrie de la wilaya de Jijel (DMI 2012) rapport2012.*

*-direction de travaux publique de la wilaya de Jijel (DTP 2010).*

*-Document préparé par F.Michel (géologue) CTMNC*

*- J. Deferne et N. Engel, 9 juin 2010 : Le monde fascinant des roches*

#### **Les normes**

**-NF P 18-561.Granulats.** *Mesure du coefficient d'aplatissement. Septembre 1990.*

**-NF P 18-553 Granulats** *Préparation d'un échantillon pour essai ; Septembre 1990*

**-NF P 18-560-Granulats-***Analyse granulométrique par tamisage-Septembre 1990*

**-NF P 18-554- Granulats -***mesure de masses volumiques décembre 1990.*

**-NF P 18-572.Granulats-***Essai usure Micro-Deval décembre 1990.*

**-NF P 18-598..Granulats :** *équivalent de sable Octobre 1991.*

**-NF EN 1097-2***Indice de classement P 18-650-2-essai Los Anglos -Octobre 1998*

#### **Site Internet**

*<http://www.googleearth.fr> ; date des images satellite : 13juil 2009.*

*<http://www.google.fr> ; clé : encarte El Milia 2009/*

*<http://www.google.fr>;clé: lafrage\_granulats fr/*

*<http://www.google.fr>;clé:cfv.bc/fr/carrière/process/*

*<http://www.google.fr> ; clé : LCPC.fr/*



## Références bibliographiques

*<http://www.google.fr> ; clé : *hpBoudjebbour\_ Jijel\_ RÉPARTITION DES PROJETS D'INVESTISSEMENT DECLARES PAR SECTEUR D'ACTIVITE REGROUPE-2002-2008/page5*.*

*[http://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9action\\_alcali-granulat](http://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9action_alcali-granulat) Article de Wikipédia, l'encyclopédie libre.*

*<http://www.google.fr> , clé . Centre de Géologie TERRAE GENESIS , CATALOGUE des LAMES MINCES de Pétrologie pour les établissements d'enseignement du Secondaire.*

