

Ministère de l'enseignement supérieur et de la Recherche scientifique



UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUEES

DEPARTEMENT GENIE CIVIL ET HYDRAULIQUE



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de  
MASTER

Filière : Génie civil

Spécialité : Etude Et Control Bâtiments Et Route

Thème

Présenté par :

**Caractirisation de granulat (gravier et sable) dans la  
région de Ouargla**

❖ BABOU ABDELKADER

❖ CHERFAOUI HAMZA

Devant le jury composé de :

MEKHARMECH Abdessalam

MCA (UKM Ouargla)

Président

MAOCHE Henia

MCB (UKM Ouargla)

Examinatrice

DJOUHRI Mohamed

MCB (UKM Ouargla)

Encadreur

Année Universitaire : 2022/2023

## **Remerciements**

*À la fin de ce travail, je voudrais remercier Allah tout d'abord, car il est le conciliateur pour ce qui est bon et juste, des expressions complètes de remerciements suivies avec un plein respect et appréciation au Dr. Mohamed DJOUHRI, qui a supervisé ce travail et avait une grande fiabilité pour son achèvement et sa perfection.*

*Nous remercions les membres de jury qui nous font l'honneur d'accepter d'examiner ce modeste travail Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à tout le personnel :*

***Laboratoire de travaux publics Sud LTPS (Ouargla) et  
l'Entreprise SATRECH BENBRAHIM.***

*Enfin, merci à tous les enseignants du département génie civil et hydraulique université d'Ouargla.*

## الملخص:

هذه الدراسة عبارة مساهمة في مسح ومقارنة بين مقالع الرمل والحصى في منطقة ورقلة قصد حل مشكلة نقصها نتيجة للطلب الكبير والمتزايد على مواد البناء. فمقالع منطقة ورقلة تواجه تحديات فيما يتعلق بتوفر الموارد وإدارتها المستدامة. الهدف من هذه الدراسة هو توصيف المواد المستخرجة من النواحي الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية وتعزيز ممارسات إدارة وتسيير مستدامة من خلال دراسة حالة تسيير واستغلال مقلع بن براهيم. ستساهم هاته النتائج والدراسة المقارنة بين مقالع الرمل والحصى في المنطقة في حسن اختيار المواد الأولية المحلية وتحسين استخدامها والمساهمة من جهة اخرى في التقليل من الأثر البيئي وضمان استدامة مشاريع البناء في منطقة ورقلة.

**الكلمات المفتاحية:** المقالع، الحصى، الرمل، الخصائص الفيزيائية، الخصائص الميكانيكية، الخصائص الكيميائية.

## Résumé

Cette étude constitue une contribution à l'étude et à la comparaison des carrières de sable et de gravier dans la région de Ouargla, dans le but de résoudre le problème de leur pénurie due à une demande croissante de matériaux de construction. Les carrières de la région de Ouargla font face à des défis en termes de disponibilité et de gestion durable des ressources. L'objectif de cette étude est de caractériser physiquement, mécaniquement et chimiquement les matériaux extraits, et de promouvoir des pratiques de gestion et d'exploitation durables à travers l'étude de cas de la carrière de Ben Brahim. Les résultats et la comparaison entre les carrières de sable et de gravier dans la région contribueront à améliorer le choix des matières premières locales et à optimiser leur utilisation, tout en réduisant l'impact environnemental et en garantissant la durabilité des projets de construction dans la région de Ouargla.

**Mots clés :** carrières, gravier, sable, caractéristiques physiques, caractéristiques mécaniques, caractéristiques chimiques.

## Abstract

This study represents a contribution to surveying and comparing sand and gravel quarries in the Ouargla region, aiming to address the problem of their scarcity due to the high and increasing demand for construction materials. The quarries in the Ouargla region face challenges in terms of resource availability and sustainable management. The objective of this study is to characterize the extracted materials physically, mechanically, and chemically, and to promote sustainable management and operation practices through a case study of the Ben Brahim quarry. The results and comparison between sand and gravel quarries in the region will contribute to better selection of local raw materials, improving their utilization, and reducing environmental impact, thus ensuring the sustainability of construction projects in the Ouargla region.

**Keywords:** quarries, gravel, sand, physical characteristics, mechanical characteristics, chemical characteristics.

## Table des Matières

	<b>Pages</b>
Résumé	I
Table des Matières	II
Liste des Figures	V
Liste des Photos	VI
Liste des Tableaux	VII
Liste des Abréviations	VIII
Introduction générale	1
<b>Chapitre I : Généralité sur Les Carrières De Granulats</b>	
I.1. Introduction	2
I.2. Les carrières de granulats	2
I.2.1. Définition	2
I.2.2. Historique des carrières	2
I.3. Les différents types des Carrières	3
I.3.1. Carrières de granulats alluvionnaires	3
I.3.2. Carrières de granulats de roche dure	3
I.3.3. Carrières de granulats de roches volcaniques	3
I.4. Les méthodes d'exploitation des carrières	4
I.4.1. -L'exploitation en carrière à ciel ouvert	4
I.4.2. -L'exploitation souterraine	4
I.4.3. L'abattage par sautage	4
I.4.4. L'abattage à la machine	4
I.5. Généralités sur les granulats	5
I.5.1. Viabilité routière	6
I.6. Les Granulats	7
I.6.1. Définition des Granulats	7
I.6.2. Les sables	7
I.7. Les matériaux granulaires	7
I.7.1. Les granulats (Agrégats)	8
I.8. Type des granulats	8
I.8.1. Granulats légers	8
I.8.2. Granulats courants	9
I.8.3. Granulats lourds	9
I.8.4. Les granulats naturels	9
I.9. Les granulats de roches meubles (alluvionnaires)	9
I.9.1. Les Granulats de Carrières (concassés)	10
I.9.2. Les granulats artificiels	10
I.9.3. Sous-produits industriels, concassés ou non	10
I.9.4. Granulats à hautes caractéristiques	10
I.9.5. Les granulats recyclés	10
I.9.6. Les granulats concassés	11
I.9.7. Les granulats roulés	11
I.10. Les Carrières de la région d'Ouargla	11
I.10.1. Situation Géographique	11
I.10.2. Les carrières de la région de Ouargla	12
I.11. Conclusion	14
<b>Chapitre II : Caractérisations des matériaux</b>	
II.1 Introduction	15
II.2 Les essais d'identifications des matériaux	15

II.3 La masse volumique apparente (NF 18-554)	15
II.3.1 Définition	15
II.3.2. Matériel nécessaire	15
II.3.3 Résultant	16
II.4 Masse volumique absolue (NF P 18-301)	18
II.4.1 Définition	18
II.4.2 Matériel nécessaire	18
II.5 Analyse granulométrique (NF P 18 560 SEPT 1990)	20
II.5.1 Principe	20
II.5.2 Matérielles utilisées	21
II.5.3 Préparation de l'échantillon	21
II.5.4 Le Calcul	21
II.5.5 Tracé de la courbe granulométrique	21
II.6 Module de finesse (EN 13139)	25
II.7 Coefficient d'aplatissement des granulats (NF P 18 561 sep 1990)	26
II.7.1 Définition	26
II.7.2 Principe d'essai	26
II.7.3 Matériel utilise	27
II.7.4 Le calcul	27
II.8 Essai d'équivalent de sable (EN 933-8)	28
II.8.1 Définition et But de l'essai	28
II.8.2 Principe	28
II.8.3 Matériel utilisé	29
II.8.4 Préparation de l'échantillon	29
II.8.5 Le Calcul de « ES »	30
II.8.6 Interprétation des résultats et qualité de sable	30
II.9 Essai de la propreté superficielle des graviers (NF P 18-591)	31
II.9.1 Définition	31
II.9.2 Principe	31
II.9.3 Matériel utilisé	31
II.9.4 Le calcul	32
II.10 Essai d'absorption d'eau d'un gravillon (NF P 18-591)	33
II.10.1. But d'essai	33
II.10.2. Principe de l'essai	33
II.10.3. Matériel utilisé	33
II.10.4. Le calcule	34
II.11 Essai de Los Angeles (NF P 18-573)	35
II.11.1. But d'essai	35
II.11.2. Principe d'essai	35
II.11.3. Matériel utilisé	35
II.11.4. Calcule du « LA »	36
II.11.5. Interprétation des résultats	36
II.12 Essai micro-deval (NF p 18-572)	37
II.12.1. But d'essai	37
II.12.2. Principe d'essai	37
II.12.3. Matériel utilisé	37
II.12.4. Mode operatories	38
II.12.5. Calcul du MDE	39
II.13 ANALYSE CHIMIQUE	40
II.13 Conclusion	41
<b>Chapitre III : La gestion des carrières La Société SATRECH Ouargla exemple</b>	
III.1. Introduction	42

III.2. La société (SARL SATRECH Ouargla)	42
Statue juridique et le domaine de la société SARL SATRECH Ouargla	42
III.2.1. Permis d'exploitation d'une carrière	42
III.2.2. Traitement des granulats	42
III.2.3. Le concassage et broyage	43
III.2.4. - Le criblage	43
III.2.5. - Le lavage	43
III.2.6. La gestion du stockage et de la livraison	43
III.3. Présentation de la station de concassage	44
III.3.1 Investissements de la société SATRECH ben Brahim Hassi Massoud	44
III.3.2 Etat des équipements et capacités	44
III.4. Moyens de réalisation de travaux miniers	44
III.5. Les processus de traitement	45
III.6. - Qualité du produit	48
III.7. Les problèmes dans cette carrière	49
III.8. Contrôle de qualité des produits	49
III.9. Sécurité de travail	49
III.9.1 Analyse des conditions de travail	50
III.9.2 Lutte contre la poussière	50
III.9.3. Protection contre le bruit	50
III.9.4. Sécurité dans le transport et le chargement	50
III.10 Les métiers de l'industrie du granulat	50
III.11. Conclusion	51
Références	53

## Liste de figures

		<b>Pages</b>
Figure (I.1)	Situation Géographique de la région d'étude	12
Figure (II.1)	La masse volumique apparente des carrières de gravier (Ouargla)	17
Figure (II.2)	La masse volumique apparente des carrières de gravier (Ouargla)	17
Figure (II.3)	la masse volumique apparente des carrières de sables (Ouargla)	18
Figure (II.4)	La masse volumique absolue	19
Figure (II.5)	La volumique absolue	19
Figure (II.6)	La masse volumique absolue des carrières de sable (Ouargla)	20
Figure (II.7)	La courbe granulométrique de gravier type 3/8 de trios carrière	22
Figure (II.8)	La courbe granulométrique de gravier type 8/15 de trios carrière.	22
Figure (II.9)	La courbe granulométrique de gravier type 15/25 de trios carrière	23
Figure (II.10)	La courbe granulométrique de gravier de trois type carrière BB	23
Figure (II.11)	La courbe granulométrique de gravier de trois type carrière HANKA	24
Figure (II.12)	La courbe granulométrique de gravier de trois type carrière SNTP	24
Figure (II.13)	La courbe granulométrique de sable étude	25
Figure (II.14)	Dimensions d'un granulat	26
Figure (II.15)	Coefficient d'aplatissement	28
Figure (II.16)	Essai d'équivalent de sable.	29
Figure (II.17)	La mesure h1 et h2.	30
Figure (II.18)	Equivalent de sable des carrières de SABLE (Ouargla)	31
Figure (II.19)	La propreté superficielle des graviers	32
Figure (II.20)	La propreté superficielle des graviers	33
Figure (II.21)	ES d'absorption d'eau d'un gravillon	34
Figure (II.22)	Les résultats de l'essai Los Angeles pour les carrières de gravier	37
Figure (II.23)	MDE resulta	39
Figure (III.1)	Organigramme d'entreprise	45
Figure (III.2)	Schéma technologie du traitement	48

## Liste des Photos

		<b>Pages</b>
Photo (I.1)	Carrières de granulats alluvionnaires	3
Photo (I.2)	Carrières de granulats de roche dure	3
Photo (I.3)	Carrières de granulats de roches volcaniques	4
Photo (I.4)	Exemple des types de Granulats	5
Photo (I.5)	Barrage et conduit d'assainissement	6
Photo (I.6)	La piste d'e l'aéroport (aérodrome) et l'Autoroute	6
Photo (I.7)	Un chemin de fer	7
Photo (I.8)	Alluvions de gravier sur la rivière	<u>10</u>
Photo (I.9)	Granulats concassés	<u>11</u>
Photo (I.10)	Granulats roulés	<u>11</u>
Photo(II.1)	Mesure de La masse volumique	19
Photo(II.2)	Opération de tamisage	30
Photo(II.3)	Lavage de gravier	35
Photo(II.4)	Séchage de l'échantillon à l'aide d'un chiffon.	36
Photo(II.5)	Machine los angles et boulets	37
Photo(II.6)	Essai de Micro-Deval	40
Photo(III.1)	Opération de ramassage et transport	46
Photo(III.2)	Concasseur à mâchoire	<u>46</u>
Photo(III.3)	Bande transporteuse	<u>47</u>
Photo(III.4)	Criblage secondaire	<u>47</u>

## Liste des tableaux

		<b>Pages</b>
Tableau (I.1)	Exploitation calcaire pour Granulats (Hassi EL Hdjar)	12
Tableau (I.2)	Exploitation calcaire pour Granulats (Ouargla)	12
Tableau (I.3)	Exploitation Sable (Hassi Ben Abdellah et Ain Beida)	13
Tableau (I.4)	Exploitation calcaire pour Granulats (HAOUD EL HAMRA)	13
Tableau(II.1)	La masse volumique apparente des carrières de gravier (Ouargla)	<u>16</u>
Tableau(II.2)	La masse volumique apparente des carrières de sable (Ouargla)	<u>17</u>
Tableau(II.3)	Masse volumique absolue des graviers de déferlantes carrières de gravier	<u>19</u>
Tableau(II.4)	Masse volumique absolue de sable	20
Tableau(II.5)	Module de finesse des sables utilisant	26
Tableau(II.6)	Correspondance entre classe granulaire et écartement	27
Tableau(II.7)	Coefficient d'aplatissement de différents graviers	28
Tableau(II.8)	Interprétation des résultats d'équivalents de sable	30
Tableau(II.9)	Les résultats d'équivalent de sable	31
Tableau(II.10)	La propreté superficielle des graviers	<u>32</u>
Tableau(II.11)	D'absorption d'eau d'un gravillon.	<u>34</u>
Tableau(II.12)	Nombre des boulets pour essai Los Angeles	<u>36</u>
Tableau(II.13)	Les résultats de l'essai Los Angeles	36
Tableau(II.14)	Nombre des billes pour essai Micro-Deval	38
Tableau(II.15)	type des graviers selon le coefficient MD	39
Tableau(II.16)	Résultat MDE	39
Tableau(II.17)	Les analyses chimiques pour toutes les carrières de graviers utilisant	<u>40</u>
Tableau(II.18)	Les analyses chimiques pour toutes les carrières de sables utilisant	40
Tableau (III.1)	La Société SARL SATRECH Ouargla	42
Tableau (III.2)	Liste de Matériels	<u>45</u>
Tableau (III.3)	les problèmes existants dans les carrières et leurs solutions	<u>49</u>

## Liste d'Abréviations

<b>d</b>	Dimension Inférieure Du Granulat
<b>D</b>	Dimension Supérieure Du Granulat
<b><math>\rho_d</math></b>	La Masse Volumique Apparente Sèche
<b>Ms</b>	La Masse De Granulats Secs
<b>Vs</b>	Volume Des Solides
<b>Vv</b>	Volume Des Vides
$\gamma$	La Masse Volumique Apparente
<b><math>\rho_d</math></b>	Masse Volumique Absolue
<b>M</b>	La Masse De L'échantillon, Exprimée En Kg.
<b>Mi</b>	Le Module De Finesse
<b>Mgi</b>	Masse De Là Classe Granulaire
<b>Mei</b>	Masse Passant A Travers Le Tamis A Fentes D'écartement Correspondant.
<b>A</b>	Coefficient D'Aplatissement
<b>Esp</b>	Equivalent De Sable
<b>ms</b>	La Masse De Ce Refus A 0,08 Mm
<b>m<sub>h2</sub></b>	Masse Du Deuxième Echantillon.
<b>P %</b>	Propreté Superficielle
<b>Ab</b>	L'absorption D'eau
<b>LA</b>	Le Coefficient Los Angeles
<b>MDE</b>	Le Coefficient Micro Deval
<b>SO<sub>3</sub></b>	Trioxycide De Soufre
<b>CaSO<sub>4</sub></b>	Sulfate De Calcium
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	Carbonate De Calcium
<b>NaCl</b>	Chlorure De Sodium
<b>cl-</b>	Chlorure

## Introduction général

L'industrie de la construction a connu une croissance rapide et soutenue, grâce au développement urbain et aux progrès technologiques à travers le monde. Cependant, cette expansion a entraîné une demande croissante de matériaux de construction essentiels, tels que le sable et le gravier, nécessaires à la réalisation de divers projets d'infrastructure, cette demande croissante a entraîné une diminution et pénurie de ces matériaux.

La région de Ouargla, située dans le sud de l'Algérie, est confrontée à ces défis. Les carrières de la région, notamment la carrière de gravier BEN BRAHIM HANKA, SNTTP, ainsi que les carrières de sable de construction de BENBRAHIM et Zad Al Wahat, font face à des problèmes de disponibilité des matériaux et de gestion durable des ressources.

Cette étude se concentre sur une analyse approfondie des sources de matériaux, en se focalisant spécifiquement sur les carrières de sable et de gravier de la région d'Ouargla. L'objectif principal est de caractériser physiquement, mécaniquement et chimiquement les matériaux extraits de ces carrières, et de comparer les résultats. Parallèlement, l'étude examine le fonctionnement et l'exploitation des carrières de manière générale, en prenant la carrière de Ben Brahim comme exemple, afin de proposer des pratiques de gestion durable pour l'industrie des matériaux de construction.

Cette recherche revêt une importance capitale à l'échelle locale. La gestion responsable des matériaux de construction est essentielle pour préserver les ressources naturelles, réduire l'impact environnemental et garantir la durabilité des projets de construction. Les résultats de cette étude pourraient contribuer à l'élaboration de politiques et de directives visant à optimiser l'utilisation des matériaux disponibles, promouvoir des pratiques de gestion durable et atténuer les effets néfastes de la pénurie de sable et de gravier.

La mémoire est structurée en trois chapitres pour fournir une analyse approfondie et cohérente.

Le premier chapitre examine la littérature existante sur les matériaux de construction et les défis liés à l'approvisionnement en sable et en gravier, les méthodes d'extraction, les impacts environnementaux et les réglementations en vigueur.

Le deuxième chapitre se concentre sur la caractérisation des matériaux de construction, notamment le sable et le gravier, provenant des différentes carrières de la région d'Ouargla. Il étudie les caractéristiques physiques, mécaniques et chimiques de ces matériaux à l'aide de techniques d'analyse appropriées, et effectue une comparaison pour mettre en évidence les différences entre les sources étudiées.

Le troisième chapitre examine la gestion et l'exploitation d'une carrière de manière générale on a choisi carrière ben Brahim comme exemple.

Et enfin une conclusion général conclu les résultats tenonnant dans ce travail.

**Chapitre I : Généralité  
sur les carriers de  
granulats**

## **I.1. Introduction**

Les granulats sont les composants le plus important du béton et mortier, il représente environ 60 à 70 % du mélange, Grâce à cela dans cette recherche bibliographique on a fait un aperçu sur les différents types de granulats (sable et gravier) et leurs nature et type des roches mer, ensuite les modes d'extraction et exploitation des différents carrières dans le domaine de construction enfin un paléage globale sur les carrières existants dans la région de Ouargla.

## **I.2. Les carrières de granulats**

### **I.2.1. Définition**

Une carrière est le lieu d'où sont extraits des matériaux de construction tels que la pierre (la carrière est dans ce cas parfois appelée perrière), le sable ou différents minéraux non métalliques ou carbonifères. Le mode d'exploitation distingue les carrières à ciel ouvert, les carrières souterraines et les carrières sous-marines. Elles exploitent des roches meubles (éboulis, alluvionnaires) ou massives (roches consolidées sédimentaire (calcaires et grès), éruptive ou métamorphique (ardoises, granites, porphyres, gneiss, amphibolites, quartzites, schistes, basaltes, etc.) [1]

### **I.2.2. Historique des carrières**

Les carrières de granulats ont été exploitées depuis l'Antiquité pour la construction de routes et de bâtiments. Les premières carrières étaient des mines à ciel ouvert où les blocs de pierre étaient extraits à la main. Au fil du temps, les techniques d'extraction et de traitement des granulats se sont améliorées, passant de méthodes manuelles à des techniques mécanisées et automatisées.

Au 19ème siècle, la demande de granulats a augmenté avec l'expansion de l'industrie de la construction et l'essor de l'urbanisation. Les carrières de granulats ont alors commencé à se développer à grande échelle et ont commencé à utiliser des équipements plus modernes tels que les explosifs, les excavatrices, les camions et les concasseurs pour extraire et traiter les granulats.

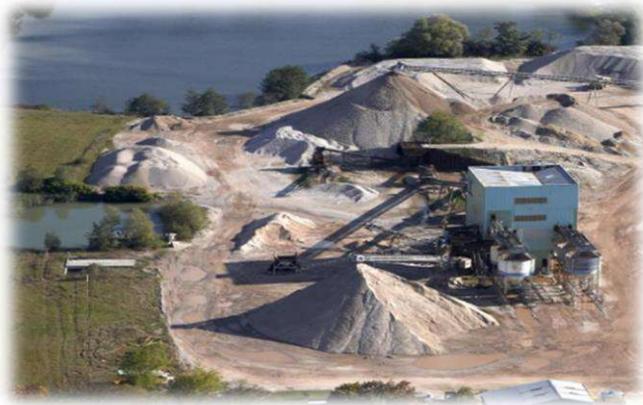
De nos jours, l'industrie des granulats est une industrie mondiale, qui fournit des matériaux pour la construction de routes, de bâtiments, de ponts, de barrages et d'autres infrastructures dans le monde entier. Les carrières de granulats modernes utilisent des techniques avancées pour extraire et traiter les granulats de manière plus efficace et respectueuse de l'environnement, tout en répondant aux normes de qualité et de sécurité les plus élevées.

### I.3. Les différents types des Carrières

Il existe plusieurs types de carrières de granulats en fonction de la nature des matériaux extraits et de leur usage tels que :

#### I.3.1. Carrières de granulats alluvionnaires

Elles sont situées le long des cours d'eau et consistent-en des dépôts de sable et de gravier qui ont été transportés par l'eau (Photo I.1). Ces granulats sont souvent utilisés pour la construction de routes et de bâtiments [2].



**Photo (I.1) :** Carrières de granulats alluvionnaires [[www.smil-france.com](http://www.smil-france.com)].

#### I.3.2. Carrières de granulats de roche dure

Ces carrières extraient des roches dures telles que le granit, le basalte, le calcaire ou le gneiss (Photo I.2). Ces granulats sont utilisés pour la construction de routes, de bâtiments, de ponts et de barrages.

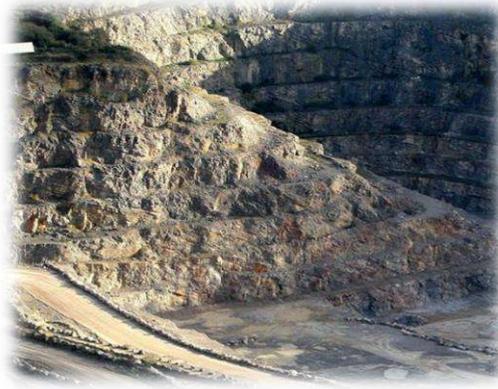


**Photo (I.2) :** Carrières de granulats de roche dure [[www.smil-france.com](http://www.smil-france.com)]

#### I.3.3. Carrières de granulats de roches volcaniques

Ces carrières extraient des roches volcaniques telles que la pouzzolane ou la lave (photoI.3). Ces granulats sont souvent utilisés dans la construction de béton, car ils confèrent

une plus grande résistance et une meilleure adhérence



**Photo (I.3) :** Carrières de granulats de roches volcaniques [4]

Il existe d'autres types de carrières de granulats en fonction des matériaux extraits et de leur usage, mais ceux-ci sont parmi les plus courants.

## **I.4. Les méthodes d'exploitation des carrières**

### **I.4.1. -L'exploitation en carrière à ciel ouvert**

Cette méthode est utilisée lorsque le matériau est situé près de la surface ou lorsque l'exploitation souterraine n'est pas rentable. Dans ce cas, la roche est extraite en creusant une fosse à ciel ouvert et en enlevant les couches de matériau une par une. Cette méthode est souvent utilisée pour extraire des minéraux tels que le charbon, le fer et le cuivre.

### **I.4.2. -L'exploitation souterraine**

Cette méthode est utilisée lorsque le matériau se trouve à une profondeur considérable. Les mineurs creusent des tunnels pour accéder aux veines de minerai et extraire le matériau. Cette méthode est souvent utilisée pour extraire des métaux précieux tels que l'or, l'argent et le platine.

### **I.4.3. L'abattage par sautage**

Cette méthode consiste à utiliser des explosifs pour briser la roche en petits morceaux qui peuvent être facilement extraits. Cette méthode est souvent utilisée dans les carrières à ciel ouvert pour extraire des pierres de taille ou des agrégats.

### **I.4.4. L'abattage à la machine :**

Cette méthode consiste à utiliser des machines lourdes pour extraire le matériau de la carrière. Les pelles mécaniques, les chargeurs et les camions-bennes sont souvent utilisés pour extraire le matériau de la carrière.

Ces méthodes ne sont que quelques exemples parmi d'autres qui sont utilisées pour extraire les matériaux des carrières. Chaque méthode a ses avantages et ses inconvénients, et le

choix de la méthode dépend des conditions géologiques et économiques spécifiques de chaque carrière.

## I.5. Généralités sur les granulats

Qu'est-ce qu'un granulat ?



**Photo (I.4) :** Exemple des types de Granulats [5]

Dans leur définition économique et technologique, les granulats sont des petits morceaux de roches destinés à réaliser des ouvrages de génie civil et de bâtiments. On peut les obtenir :

\* soit en exploitant les alluvions détritiques non consolidés de type sable et graviers des rivières.

\* soit par concassage des roches massives correspondant à une multitude de situations géologiques (couches plus ou moins épaisses, filons épanchements volcaniques, massifs de granite ....) et à des localisations géographiques très différentes.

La carrière peut être implantée en plaine, sur un plateau, en montagne, au bord d'une falaise l'exploitation s'effectue en pente ou en puits, selon la localisation du niveau géologique utilisable. Grâce à cela, il est possible d'extraire et de produire des agrégats avec des roches sédimentaires éruptives, métamorphiques et consolidées (calcaires). Dans le domaine de la construction tout a changé avec l'apparition du ciment et l'utilisation du béton. Le ciment provient de la cuisson d'un mélange de calcaire 80% et d'argile 20%. Le béton est le produit industriel le plus utilisé dans le monde à l'heure actuelle de plus, il présente des caractéristiques de résistance importantes.

En associant le béton avec une structure métallique, sous forme d'armature intégrée, la résistance du matériau augmente considérablement, permettant la construction d'ouvrages

autoportés ou suspendus de grande envergure. Le béton est un matériau utilisé aussi bien dans la construction que dans les travaux de génie civil, permettant la construction de bâtiments, d'usines, de réseaux de drainage, de stations d'épuration, de châteaux d'eau, de barrages photo(I.5), de ponts, de centrales électriques, de digues portuaires, et bien plus encore. Le béton est également utilisé dans la production de produits préfabriqués tels que des tuyaux, des poutres, des planches, des cloisons, des escaliers, etc.

Bien qu'il existe d'autres matériaux de construction tels que le bois, le verre, la brique, le métal ou le plastique, ceux-ci ne peuvent pas répondre à tous les besoins et contraintes technologiques. Ils sont souvent utilisés en complément des structures en béton qui, grâce à leurs caractéristiques et leur coût économique, assurent l'ossature et la solidité des édifices.



**Photo (I.5) :** Barrage et conduit d'assainissement [6]

Les technologies de constructions nécessitent de très grandes quantités de granulats : ballast des chemins de fer photo (I.7), fondations, différentes couches qui structurent une chaussée de route.



**Photo (I.6) :** La piste d'e l'aéroport (aérodrome) et l'Autoroute [7]

### **I.5.1. Viabilité routière**

La réalisation des voies de chemin de fer nécessite une grande quantité de matériaux car les contraintes dues au passage des trains sont différentes de celles des véhicules sur pneus. Des rails sont posés sur des traverses qui les maintiennent au bon écartement ces traverses reposent sur un ballast constitué de granulats concassés très durs, de 20 à 55mm le ballast recouvre plusieurs couches de granulats. Cet ensemble constitue une assise de cailloux de grande

épaisseur et de haute résistance, cependant relativement souple pour absorber les vibrations répétées et les chocs dus aux passages des trains.



**Photo (I.7) :** Un chemin de fer [8]

## **I.6. Les Granulats**

### **I.6.1. Définition des Granulats**

Les granulats sont des matériaux utilisés dans la construction, provenant soit de carrières où les roches massives sont concassées, soit d'origine alluvionnaire. Les granulats sont classés en différentes catégories granulaires normalisées, qui sont définies par le diamètre minimal et le diamètre maximal du granulats. Pour intégrer les granulats dans le mélange de béton, il est nécessaire de connaître différentes caractéristiques, telles que la nature de la roche d'origine (dureté, résistance au polissage, résistance aux chocs) et les caractéristiques liées à la fabrication des granulats (propreté, forme, granularité, angularité, homogénéité). Des essais mécaniques peuvent également être réalisés pour établir un classement selon la résistance à la fragmentation (essais Los Angeles) et la résistance à l'usure et à l'attrition (essai Micro-Dévale humide)

### **I.6.2. Les sables**

Les sables sont des matériaux naturels composés de grains minéraux qui peuvent être facilement séparés par simple trituration ou sous l'effet d'un courant d'eau. Ils résultent d'une altération naturelle, soit physique soit chimique, des roches. Les grains peuvent varier considérablement en taille, allant de l'argile aux blocs, et sont d'origines géologiques diverses, y compris les alluvions, les colluvions, les matériaux meubles sédimentaires, les dépôts glaciaires et les sols résiduels. Les sols contiennent moins de 3% de matières organiques [9].

## **I.7. Les matériaux granulaires**

Un matériau granulaire est un matériau composé de grains solides qui interagissent entre eux aux points de contact. On peut distinguer plusieurs types de matériaux granulaires qui se regroupent en deux grandes familles :

- Les matériaux synthétiques, fabriqués artificiellement par l'homme.
- Les géo matériaux, constitués d'éléments de sols ou de roches. Parmi ces matériaux, on peut identifier deux sous-catégories : les matériaux géo composites et les matériaux naturels [9].

### **I.7.1. Les granulats (Agrégats)**

Ensemble de grains minéraux de dimensions comprises entre 0 mm et 125 mm (NF P18-540, 1997), tout matériau granulaire utilisé dans la construction (NF P18-545, 2008).

Le granulat est un élément minéral utilisé dans la construction d'ouvrages de travaux publics, de génie civil, de mortiers, de bétons, de couches de fondation et de base, de liaisons et de roulements pour les chaussées, les assises et les ballasts pour les voies ferrées et les remblais. Il est capable de résister à des forces externes mécaniques et/ou climatiques considérables. Sa classification en l'une des sept familles granulaires standardisées est déterminée par sa dimension [10] :

Les granulats sont classés en fonction de leur granularité déterminée par analyse granulométrique à l'aide des tamis.

d: dimension inférieure du granulat

D: dimension supérieure du granulat

- Fillers (fines) ; 0/D avec  $D < 2$  mm, avec au moins 70 % de passant à 0,063 mm.
- Sablons ; 0/D avec  $D < 1$  mm avec moins de 70 % de passant à 0,063 mm.
- sables ; 0/D avec  $1 < D \leq 6,3$  mm.
- graves ; 0/D avec  $D > 6,3$  mm.
- gravillons ; d/D avec d a 1 mm et  $D \leq 125$  mm.
- ballast ; d/D avec  $d \geq 25$  mm et  $D \leq 50$  mm.
- enrochements ; d/D avec  $D \geq 125$  mm.

## **I.8. Type des granulats**

On peut citer plusieurs types en fonction de plusieurs critères concernant le granulat lui-même. En fonction de leurs masses volumiques réelles :

### **I.8.1. Granulats légers**

Ce sont les granulats dont la masse volumique réelle est inférieure à  $2 \text{ t/m}^3$ , comme les argiles, les schistes, les laitiers expansés ou encore les pouzzolanes. Ils sont destinés à la préparation des bétons légers [11].

**I.8.2. Granulats courants**

Ce sont les granulats dont la masse volumique réelle est entre 2000 et 3000 kg/m<sup>3</sup>[11].

**I.8.3. Granulats lourds**

Comme les matériaux naturels, alluvionnaires (silex, calcaire dur silico-calcaire) de densité entre 2.5 et 2.7, éruptifs ou sédimentaires (grès, porphyres, diorite, basaltes, ...etc.) de densité entre 2.6 et 3 [12].

Ce sont les granulats dont la masse volumique réelle est supérieure à 3 t/m<sup>3</sup>. Ils sont essentiellement employés pour la confection des bétons lourds utilisés pour construire des ouvrages nécessitant une protection biologique contre le rayonnement. On utilise en particulier les barytines, les magnétites qui ont une densité entre 3.4 et 5.1, aussi les riblons et les grenailles de fonte qui ont une densité entre 7.6 et 7.8 [12].

**En fonction de leurs origines****I.8.4. Les granulats naturels**

Lorsqu'ils sont issus de roches meubles ou massives et qu'ils ne subissent aucun traitement autre que mécanique (réduction de dimensions).

**I.9. Les granulats de roches meubles (alluvionnaires)**

Ils correspondent à des matériaux détritiques non consolidés généralement déposés pendant l'ère quaternaire par les glaciers, les cours d'eau ou les fonds marins peu profonds. Les matériaux les plus convoités et les plus exploités sont les granulats alluvionnaires et les sables de dunes, dits roulés, dont la forme a été acquise par l'érosion. Ces matériaux qui renferment des sables et graviers siliceux et silico-calcaires, se situent dans les lits (ou anciens lits) des rivières photo(I.8), dans leurs basses vallées ou dans les terrasses. Les matériaux alluvionnaires sont meubles et leur extraction peut être réalisée à un prix modéré. Outre les qualités mécaniques des éléments qu'ils renferment, ces dépôts sont souvent l'avantage d'être propres (exemples de fines argileuses) [2].



**Photo (I.8) :** Alluvions de gravier sur la rivière [13]

### **I.9.1. Les Granulats de Carrières (concassés)**

Sont obtenus par concassage de roches massives exploitées en carrières, ce qui donne des formes angulaires. Différentes phases de concassage et criblage aboutissent à l'obtention de granulats propres et des classes granulaires souhaitées. Les gisements de roches massives correspondent à une multitude de situation géologiques (couches plus ou moins épaisses, filons, épanchements volcaniques, massifs de granite...). L'exploitation s'effectue à flanc de coteau (surélévation) ou en puits, en fonction de la position du niveau géologique utile. Les granulats concassés présentent des caractéristiques qui dépendent d'un grand nombre de paramètres : origine de la roche, régularité du banc, degré de concassage [14].

### **I.9.2. Les granulats artificiels**

Dans cette catégorie se rangent des granulats provenant de la transformation thermique de roches, de minerais et de sous-produits industriels transformés. Ces granulats artificiels peuvent être employés pour réaliser des bétons à usages spécifiques [15].

### **I.9.3. Sous-produits industriels, concassés ou non**

Les plus employés sont le laitier cristallisé concassé et le laitier granulé de haut fourneau obtenu par refroidissement lent à l'air libre, en fosse, il a l'aspect et les propriétés d'une roche magmatique. Il peut être plus ou moins poreux, plus le refroidissement est lent et en couches minces, plus le laitier est cristallisé et compact [15].

### **I.9.4. Granulats à hautes caractéristiques**

Il s'agit de granulats élaborés industriellement pour répondre à certains emplois, notamment granulats très durs pour renforcer la résistance à l'usure de dallages industriels (granulats ferreux) ou granulats réfractaires.

### **I.9.5. Les granulats recyclés**

Ils sont obtenus par traitement d'une matière inorganique utilisée précédemment dans la construction, tels que des bétons de démolition de bâtiments ou des structures de chaussées

**En fonction de la forme de leurs grains****I.9.6. Les granulats concassés**

Ce sont des granulats provenant du concassage des pierres et dont les grains ont une certaine angularité. Ils sont issus du concassage des roches de porphyres, grés, calcaires, quartzites, de galets concassés et de laitiers photo(I.9).



**Photo (I.9) :** Granulats concassés [16]

**I.9.7. Les granulats roulés**

Ils sont les résultats de la désagrégation des roches par l'eau ou le gel. Ainsi, ils se sont formés en dépôts sédimentaires de grains de grosseur allant du sable fin aux gros blocs, de natures minéralogiques différentes. Trois catégories de granulats roulés existent dans la nature :

- Les granulats de rivière (d'oued) photo (I.10).
- Les granulats de mer
- Les granulats de dunes.

Les granulats roulés se caractérisent par leur aspect de grains arrondis et polis [17].



**Photo (I.10) :** Granulats roulés [18]

**I.10. Les Carrières de la région d'Ouargla****I.10.1. Situation Géographique**

La ville de Ouargla est située dans une dépression appelée « cuvette de Ouargla » qui

couvre une superficie de 140 000 hectares dans le Sud-est de l'Algérie.

La ville est située à 580 km au Sud-Sud-est d'Alger et est bordée au Nord par la wilaya de Biskra, au Sud par la wilaya de Tamanrasset, au Nord-Ouest par la wilaya de Djelfa, à l'Ouest par la wilaya de Ghardaïa, à l'Est par la wilaya d'El Oued et au Sud-est par la wilaya d'Illizi. Les agglomérations de Ouargla, N'Goussa, Rouissat, Ain El Beida et Sidi Khoulied font partie de la ville (figure(I.1)). Elle s'étend entre les coordonnées géographiques suivantes :

$$X = 710'000; Y = 3'530'000 \text{ et } X = 730'000; Y = 3'600'000$$

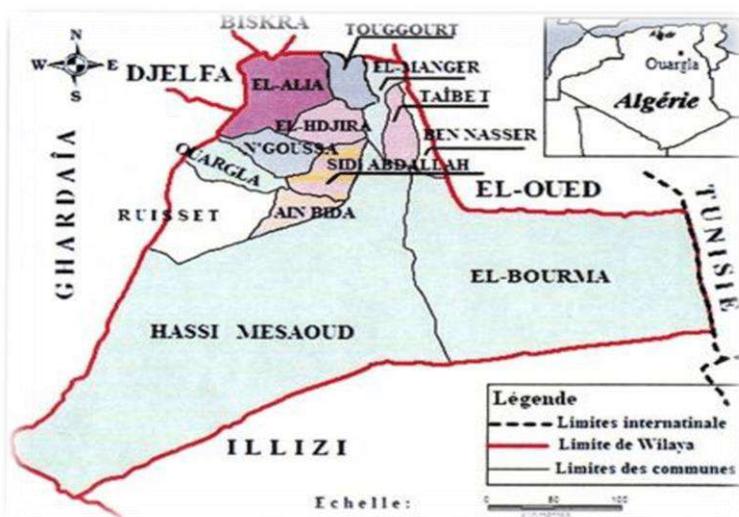


Figure (I.1) : Situation Géographique de la région d'étude [19]

### I.10.2. Les carrières de la région de Ouargla

Il existe plusieurs Carrières d'extraction de granulats dans la région de Ouargla : 15 site à Hassi Ben Abdellah, un site à Ain Beida et six sites à Rouissat..., deux sites d'extraction de sable de construction à Hassi Ben Abdellah et l'autre à Ain Beida.

Tableau (I.1) : Exploitation calcaire pour Granulats (Hassi EL Hdjar) [20]

	Statu	Substance	Lieu Dit	Utilisation	Commune
1	En vigueur	Calcaire	Hassi El Hadjar 2	Granulats	Rouissat
2	En vigueur	Calcaire	Hassi El Hadjar 1	Granulats	Rouissat
3	En vigueur	Calcaire	Hassi El Hadjar	Granulats	Rouissat

Tableau (I.2) : Exploitation calcaire pour Granulats (Ouargla) [20]

	Statu	Substance	Lieu Dit	Utilisation	Commune
1	Expire	Calcaire	Touareg	Granulats	Rouissat
2	En vigueur	Calcaire	Meneaa	Granulats	Rouissat

**Tableau (I.3) : Exploitation Sable (Hassi Ben Abdellah et Ain Beida) [20]**

	<b>Statu</b>	<b>Substance</b>	<b>Lieu-Dit</b>	<b>Utilisation</b>	<b>Commune</b>
<b>1</b>	En vigueur	Sable	Hassi Sayah	Construction	Hassi Ben Abdellah
<b>2</b>	En vigueur	Sable	Garet Chouf	Construction	Hassi Ben Abdellah
<b>3</b>	En vigueur	Sable et Tuf	RN 56	Travaux Publics	Ain Beida

**Tableau (I.4) : Exploitation calcaire pour Granulats (HAOUD EL HAMRA) [20]**

	<b>Statu</b>	<b>Substance</b>	<b>Lieu-Dit</b>	<b>Utilisation</b>	<b>Commune</b>
<b>1</b>	En vigueur	Calcaire	Hassi Sayah	Granulats	Hassi Ben Abdellah
<b>2</b>	En vigueur	Calcaire	Haoud El Hamra	Granulats	Hassi Ben Abdellah
<b>3</b>	En vigueur	Calcaire et Tuf	Haoud El Hamra	Granulats	Hassi Ben Abdellah
<b>4</b>	En vigueur	Calcaire	Haoud El Hamra	Granulats	Hassi Ben Abdellah
<b>5</b>	En vigueur	Calcaire	Haoud El Hamra	Granulats	Hassi Ben Abdellah
<b>6</b>	En vigueur	Calcaire	Haoud El Hamra PK667	Granulats	Hassi Ben Abdellah
<b>7</b>	En vigueur	Calcaire	Haoud El Hamra PK 222	Granulats	Ain Beida
<b>8</b>	En vigueur	Calcaire	Haoud El Hamra PK666	Granulats	Hassi Ben Abdellah
<b>9</b>	En vigueur	Calcaire	Haoud El Hamra PK668	Granulats	Hassi Ben Abdellah
<b>10</b>	En vigueur	Calcaire	Haoud El Hamra PK661 RN 3	Granulats	Hassi Ben Abdellah
<b>11</b>	En vigueur	Calcaire	Haoud El Hamra	Granulats	Hassi Ben Abdellah
<b>12</b>	En vigueur	Calcaire	Haoud El Hamra	Granulats	Hassi Ben Abdellah
<b>13</b>	En vigueur	Calcaire	KoumEl Adem	Granulats	Hassi Ben Abdellah
<b>14</b>	En vigueur	Calcaire	Haoud El Hamra	Granulats	Hassi Ben Abdellah
<b>15</b>	En vigueur	Calcaire	Khechem Rih	Granulats	Hassi Ben Abdellah
<b>16</b>	En vigueur	Calcaire	Haoud El Hamra	Granulats	Hassi Ben Abdellah
<b>17</b>	En vigueur	Calcaire	Haoud El Hamra	Granulats	Hassi Ben Abdellah

**I.11. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons présenté un aperçu sur les carrières de granulats, ainsi que des différents types d'extraction et d'exploitation dans le domaine de la construction. Ensuite, nous avons abordé des généralités sur les granulats, ainsi que des informations générales sur les carrières de la région d'Ouargla, telles que leur statut, leur utilisation et leur localisation. Cependant, il reste encore l'excursion les essais pour identifier les caractéristiques physiques, mécaniques et chimiques les plus importantes des différents types d'agrégats (sable et gravier), ce que nous aborderons dans le chapitre suivant.

**Chapitre II :**  
**Caractérisation des**  
**Matériaux**

## II.1 Introduction

Pendant cette partie, on a réalisé des essais sur les granulats, à savoir les sables et les graviers (3/8, 8/15, 15/25), conformément aux normes en vigueur. Nous avons mesuré la masse volumique apparente et la masse volumique absolue, effectué une analyse granulométrique ainsi que déterminé l'équivalent de sable. Nous avons également mesuré l'absorption d'eau, Coefficient d'aplatissement des granulats, la propreté superficielle des graviers, Los Angeles et de micro-déval. Enfin, nous avons réalisé des analyses chimiques des échantillons et procédé à une discussion et une interprétation des résultats obtenus.

**Les échantillons utilisés proviennent des régions suivantes**

- **BEN BRAHIM HMD (BB)**
- **HANKA HMD**
- **SNTP HMD**

## II.2 Les essais d'identifications des matériaux

Les propriétés principales des matériaux de construction peuvent être divisées en plusieurs groupes tels que :

- **Propriétés physiques** : la dimension, la densité, la masse volumique de différentes conditions, la porosité, l'humidité ... etc.
- **Propriétés mécaniques** : la résistance en compression, en traction, en torsion ... etc. ▪
- Propriétés chimiques : l'alcalinité, l'acidité ... etc.

## II.3 La masse volumique apparente (NF 18-554)

### II.3.1 Définition

La masse volumique apparente d'un matériau est la masse volumique d'un mètre cube du matériau pris en tas, comprenant à la fois des vides perméables et imperméables de la particule ainsi que les vides entre particules.

La masse volumique apparente d'un matériau pourra avoir une valeur différente suivant qu'elle sera déterminée à partir d'un matériau compacté ou non compacté

La masse volumique apparente sèche  $\rho_d$  est la masse de granulats secs ( $M_s$ ) occupant un volume apparent (volume des solides :  $V_s$ + volume des vides  $V_v$ )

### II.3.2 . Matériel nécessaire

- Un récipient cubique ou cylindrique de volume connu et dont la taille est adaptée aux granulats : [4].

D Granulats de dimension maximale  $D \sim 20$  mm : récipient de capacité 1 L

- D Granulats de dimension maximale  $D \sim 20$  mm : récipient de capacité 1 L
- Une règle à araser métallique.
  - Une main écope pour le remplissage
  - Une balance de portée  $\geq 5$  kg, précision 1 g
- Matériaux utilisés :
- Un échantillon de 15 kg de gravillons secs
  - Un échantillon de 6 kg de sable sec .

**Remarque :** Utiliser des granulats échantillonnés et séchés préalablement à l'étuve



**Photo(II.1) :** Mesure de La masse volumique

### II.3.3 Résultant

La masse volumique apparente est donnée par :

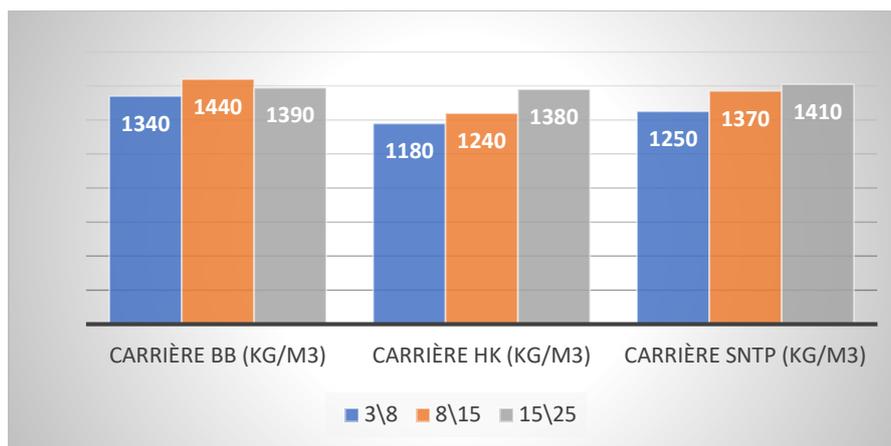
$$\gamma = \frac{M1-M2}{VT}$$

#### Remarque

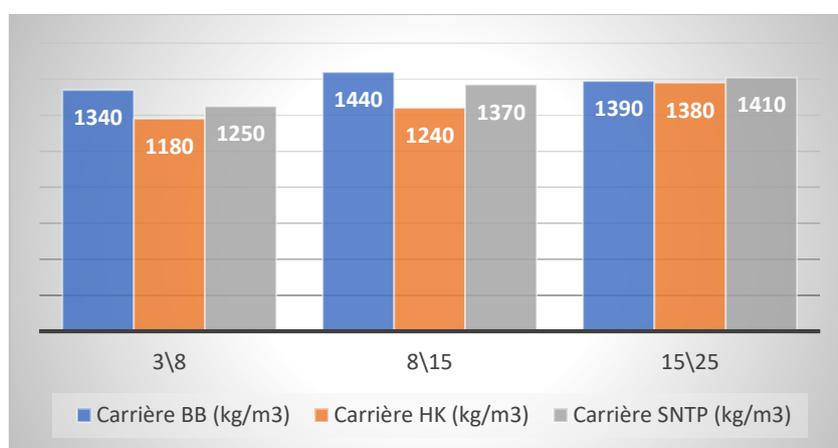
L'essai est exécuté 3 fois au minimum et la moyenne de ces essais présente dans le tableau (II.1)

**Tableau(II.1):** La masse volumique apparente des carrières de gravier (Ouargla)

Type	Carrière BB (kg/m <sup>3</sup> )	Carrière HK (kg/m <sup>3</sup> )	Carrière SNTP (kg/m <sup>3</sup> )
Gravier 3\8	1340	1180	1250
Gravier 8\15	1440	1240	1370
Gravier 15\25	1390	1380	1410



**Figure (II.1):** La masse volumique apparente des carrières de gravier (Ouargla)

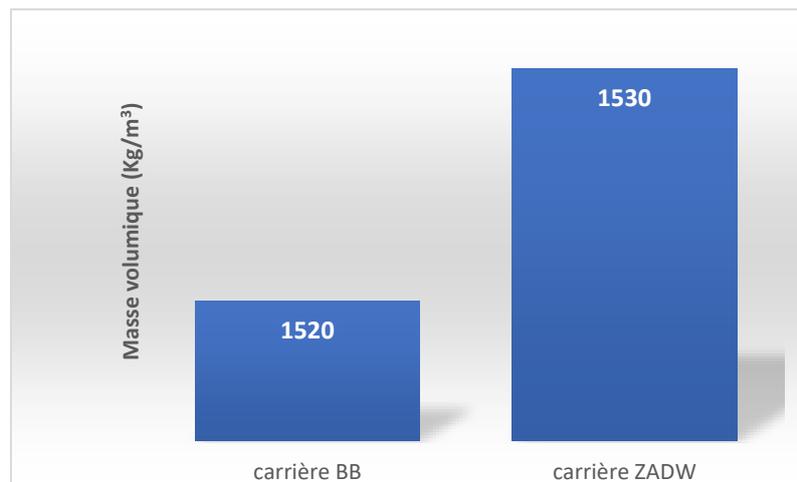


**Figure (II.2):** La masse volumique apparente des carrières de gravier (Ouargla)

D'après les figures (II.2 et II.3), on a observé que les graviers de type 3/8, 8/15 et 15/25 provenant des carrières de BB présentent les valeurs les plus élevées de masse volumique, avec 1340 pour le 3/8, 1440 pour le 8/15 et 1390 pour le 15/25. En revanche, les autres carrières (HK et SNTP) ont montré des valeurs inférieures. Par conséquent, les carrières de BB semblent être les meilleures selon les normes en raison de leur masse volumique élevée.

**Tableau(II.2):** La masse volumique apparente des carrières de sable (Ouargla)

	Carrière BB	Carrière ZADW
La masse volumique apparente (kg/m <sup>3</sup> )	1520	1530



**Figure (II.3):** la masse volumique apparente des carrières de sables (Ouargla)

D'après la figure (II.3), nous avons observé que les sables provenant des carrières de ZADW présentent les valeurs les plus élevées de masse volumique, avec 1530. En revanche, les carrières BB ont montré des valeurs inférieures. Il semble que les carrières de ZADW soient les meilleures selon les normes en raison de leur masse volumique élevée.

## II.4 Masse volumique absolue (NF P 18-301)

### II.4.1 Définition

La masse volumique absolue  $\rho_s$  est la masse par unité de volume de la matière qui constitue le granulat, sans tenir compte des vides pouvant exister dans ou entre des grains. La masse spécifique est la masse de granulats secs ( $M_s$ ) rapportée au volume absolu (uniquement volume de solides  $V_s$ ). La mesure du volume des solides ne tient pas compte des pores fermés contenus par les granulats.

### II.4.2 Matériel nécessaire

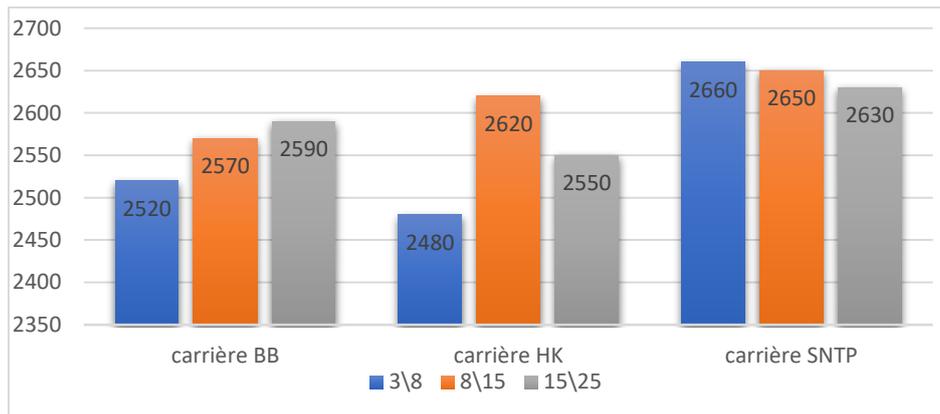
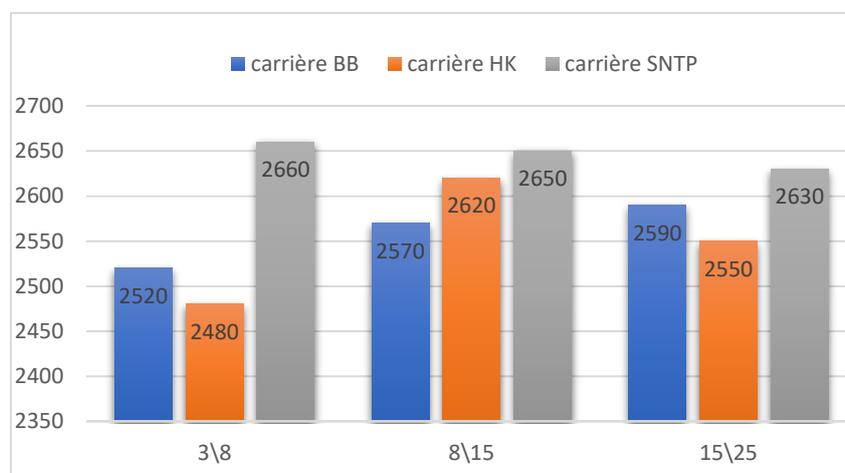
- Des éprouvettes graduées en plastique.
- Une tige agitatrice - Un entonnoir pour le remplissage
- Une balance de portée  $\geq 5$  kg, précision 1g
- Des bacs en plastique pour effectuer les essais.

Remarque : Utiliser des granulats échantillonnés et séchés préalablement à l'étuve.

$$\rho_d = \frac{M_s}{V_s} \quad \dots(1)$$

**Tableau(II.3):** Masse volumique absolue des graviers de déferlantes carrières de gravier

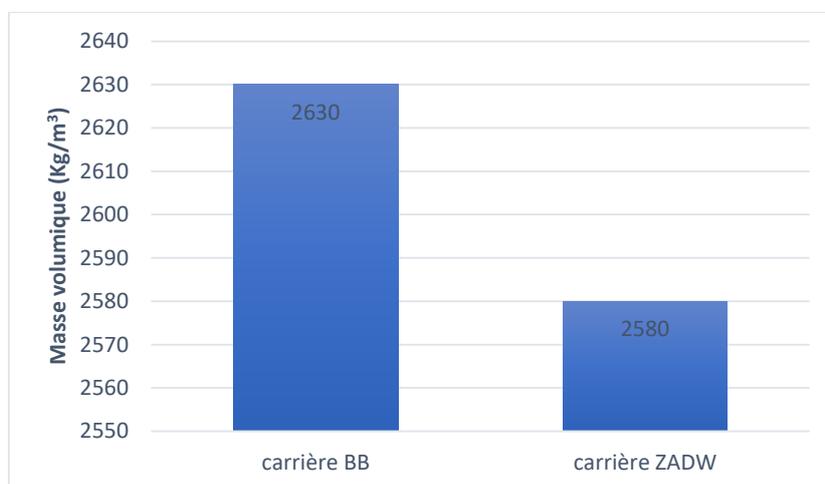
Type	Carrière BB	Carrière HK	Carrière SNTP
3\8	2520	2480	2660
8\15	2570	2620	2650
15\25	2590	2550	2600

**Figure (II.4):** La masse volumique absolue des graviers de déferlantes carrières de gravier**Figure (II.5):** La volumique absolue

D'après les figures (II.4) et (II.5), nous avons observé que les graviers de type 3/8, 8/15 et 15/25 provenant des carrières de SNTP présentent les valeurs les plus élevées de masse volumique, avec 2660 pour le 3/8, 2650 pour le 8/15 et 2630 pour le 15/25. En revanche, les autres carrières (HK et SNTP) ont montré des valeurs inférieures. Par conséquent, les carrières de BB semblent être les meilleures selon les normes en raison de leur masse volumique élevée.

**Tableau(II.4): Masse volumique absolue de sable**

Carrière BB (kg/m <sup>3</sup> )	Carrière ZADW (kg/m <sup>3</sup> )
2.63	2.58

**Figure (II.6):** La masse volumique absolue des carrières de sable (Ouargla)

D'après la figure (II.6), on a observé que les sables provenant des carrières de BB présentent les valeurs les plus élevées de masse volumique absolue, avec 2630 (kg/m<sup>3</sup>). En revanche, les carrières ZADW ont montré des valeurs inférieures. Il semble que les carrières de ZADW soient les meilleures selon les normes en raison de leur masse volumique élevée.

## II.5 Analyse granulométrique (NF P 18 560 SEPT 1990)

### II.5.1 Principe

L'analyse granulométrique a trois buts :

- Déterminer les dimensions des grains.
- Déterminer les proportions de grains de même dimension (% pondéral).
- Déduire le module de finesse (Mi)

Les granulats utilisés dans le domaine du bâtiment et du génie civil sont des matériaux roulés ou concassés d'origine naturelle ou artificielle. De dimensions comprises entre 0 et 80 mm. Ils ne sont généralement pas constitués par des éléments de tailles égales mais par un ensemble de grains dont les tailles variées se répartissent entre deux limites : la plus petite (d) et la plus grande (D) dimension en mm.

La granulométrie ou analyse granulométrique s'intéresse à la détermination de la dimension des grains et la granulométrie concerne la distribution dimensionnelle des grains d'un granulat. Elle consiste donc à fractionner des granulats au moyen d'une colonne des tamis

dont les dimensions des mailles sont normalisées et décroissantes du haut vers le bas entre 80 mm et 0.063 mm On appelle tamisât ou passant l'ensemble des grains qui passent à travers le tamis. Et refus l'ensemble des grains qui sont retenus sur le tamis.

### II.5.2 Matérielles utilisées

Les dimensions de mailles et le nombre de tamis sont choisis en fonction de la nature de l'échantillon et de la précision attendue. Dans ce stage on s'intéresse sur trois classes granulaires sont « 0/3 – 3/8 – 8/15 15/25 » Les tamis utilisés pour ces trois classes sont comme c'est de suite :

### II.5.3 Préparation de l'échantillon

La masse à utiliser sera telle que :  $0, 2D \leq M \leq 0,6D$

**Avec**

**D** : le diamètre du plus gros granulat exprimé en millimètres.

**M** : la masse de l'échantillon, exprimée en kg.

### II.5.4 Le Calcul

On note les masses des refus partiels ( $R_i$ ), on calcule les pourcentages des refus partiels donné par la relation suivante

$$(i) \% = R_i / M \times 100 \quad \mathbf{M} : \text{la masse totale de l'échantillon}$$

On trace la courbe granulométrique après le calcul du pourcentage des tamisât partiels par la formule suivante :

$$\mathbf{Tamias (i)\% = 100 - refus (i) \%}$$

### II.5.5 Tracé de la courbe granulométrique

Il suffit de porter les divers pourcentages des tamisât partiels sur une feuille semi-logarithmique :

En abscisse : les dimensions des mailles, échelle logarithmique

En ordonnée : les pourcentages sur une échelle arithmétique.

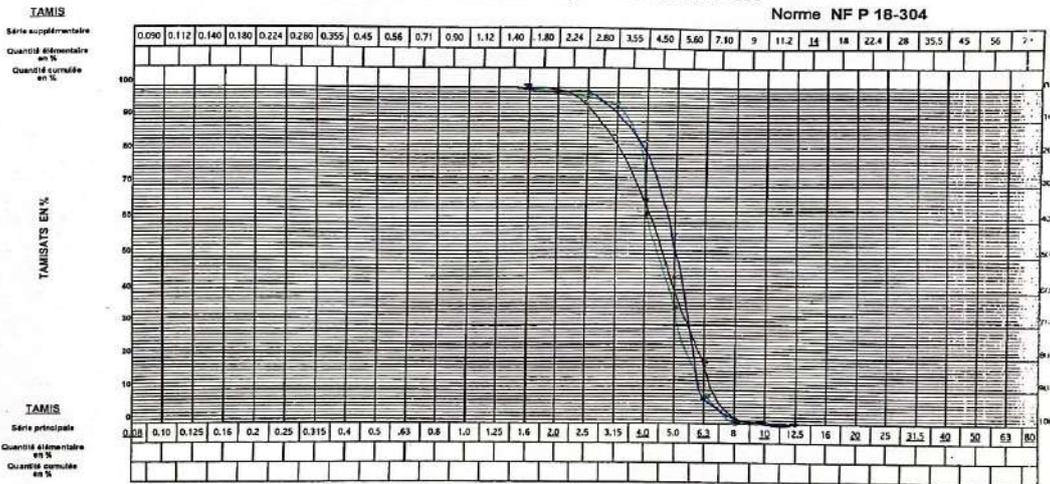
La courbe doit être tracée de manière continue.

L. T. P. SUD

3/8

ANALYSE GRANULOMETRIQUE DES GRANULATS

Norme NF P 18-304



- DIMENSIONS RECOMMANDEES :  
OBSERVATIONS :

SNT  
HANKA  
BB

DESIGNATION DU GRANULAT :  
LE :

F-5-9f.01

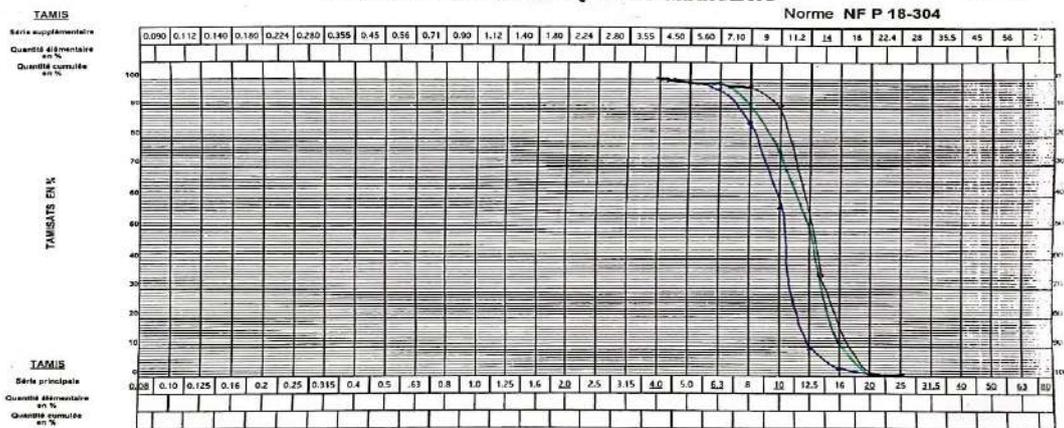
Figure (II.7): La courbe granulométrique de gravier (3/8)

L. T. P. SUD

8/15

ANALYSE GRANULOMETRIQUE DES GRANULATS

Norme NF P 18-304



- DIMENSIONS RECOMMANDEES :  
OBSERVATIONS :

BB  
HANKA  
SNT

DESIGNATION DU GRANULAT :  
LE :

F-5-9f.01

Figure (II.8): La courbe granulométrique de gravier (8/15)

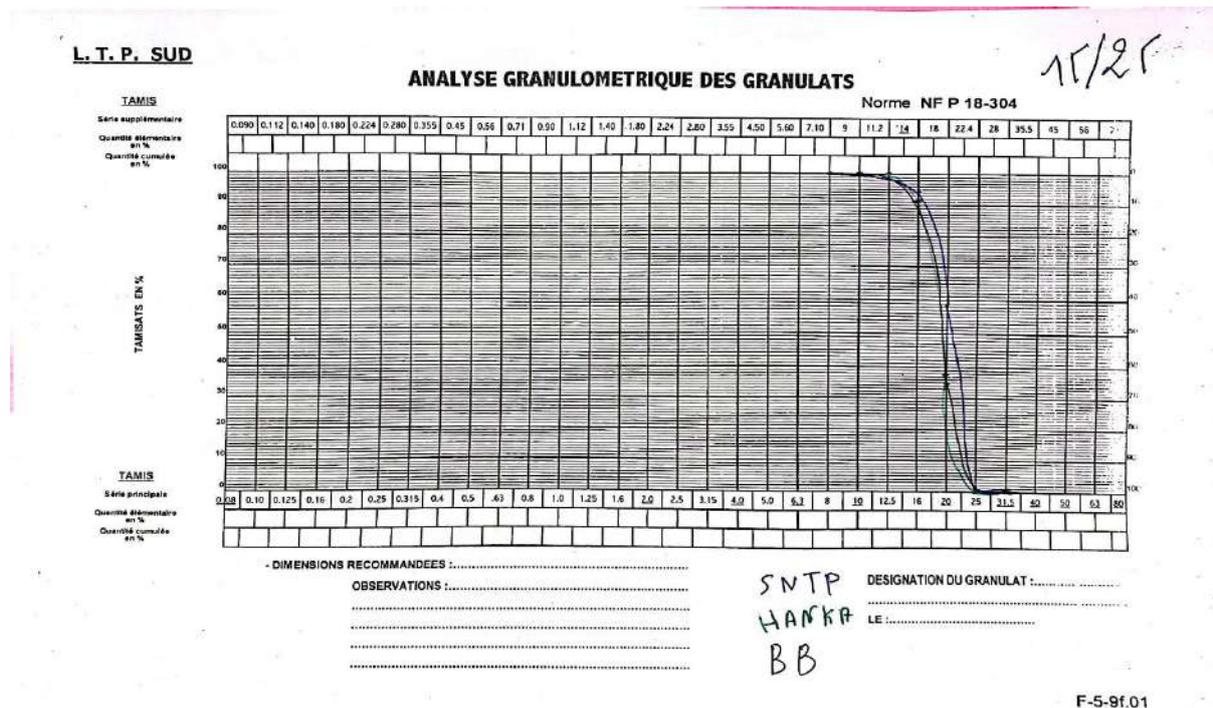


Figure (II.9): La courbe granulométrique de gravier (15/25)

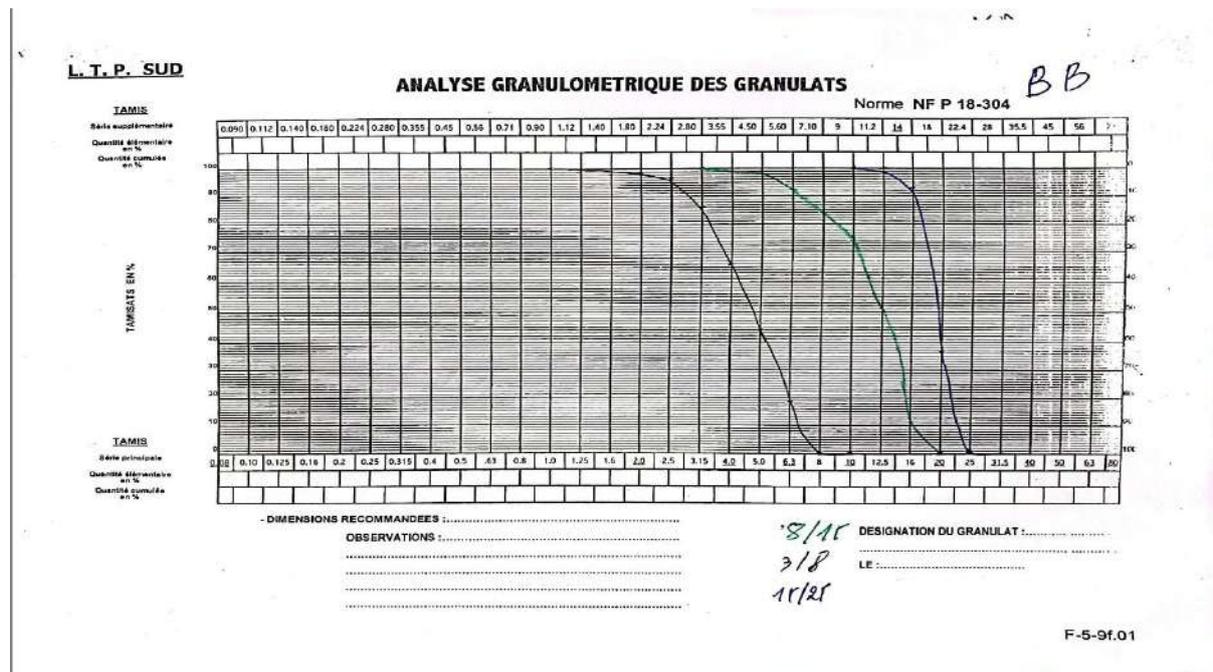


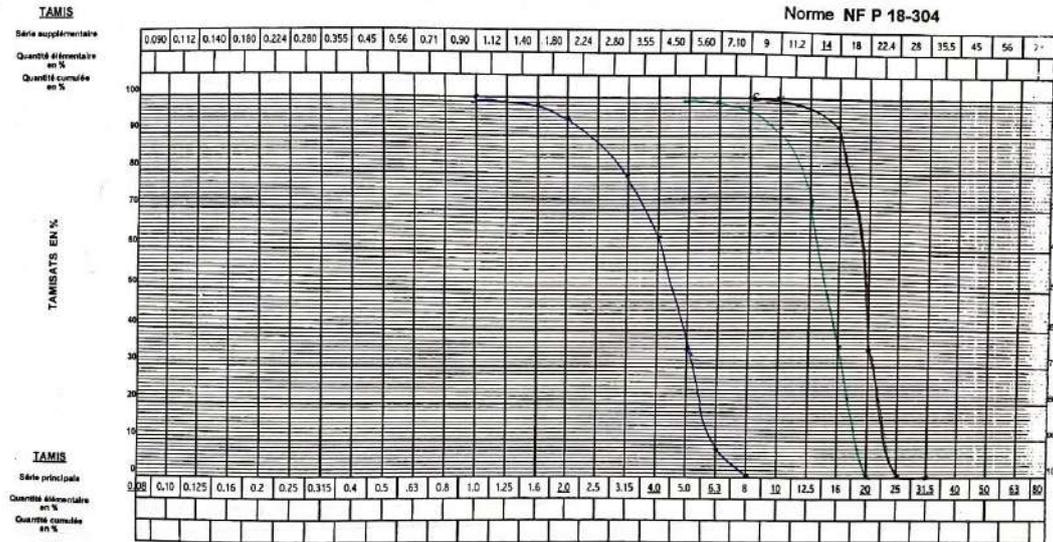
Figure (II.10): La courbe granulométrique de gravier de trois type carrière BB

L. T. P. SUD

HANKA

ANALYSE GRANULOMETRIQUE DES GRANULATS

Norme NF P 18-304



- DIMENSIONS RECOMMANDEES : .....

OBSERVATIONS : .....

DESIGNATION DU GRANULAT : .....

LE : .....

15/25  
8/15  
3/8

F-5-9f.01

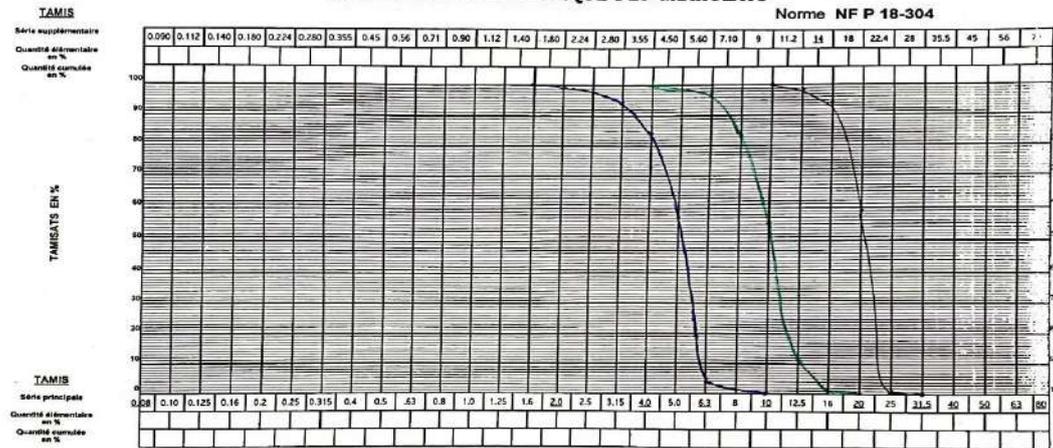
Figure (II.11): La courbe granulométrique de gravier de carrière HANKA

L. T. P. SUD

SNT P

ANALYSE GRANULOMETRIQUE DES GRANULATS

Norme NF P 18-304



- DIMENSIONS RECOMMANDEES : .....

OBSERVATIONS : .....

DESIGNATION DU GRANULAT : .....

LE : .....

8/15  
3/8  
15/25

F-5-9f.01

Figure (II.12): La courbe granulométrique de gravier carrière SNT P

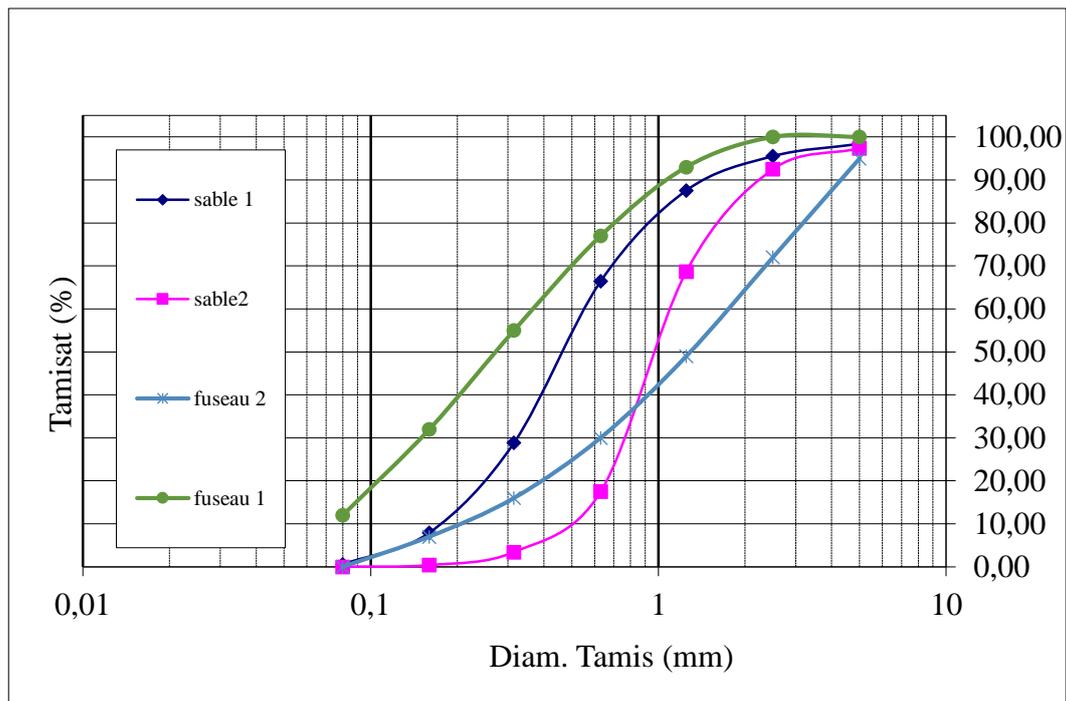


Figure (II.13): Les courbes d'analyse granulométrique des sables utilisant

## II.6 Module de finesse (EN 13139)

Le module de finesse d'un sable « $M_F$ »

$$MF = 1/100 \sum_N^{1} \text{Refus cumules en des tamis} (0.16 - 0.315 - 0.63 - 1.25 - 2.5 - 5)$$

Le module de finesse  $Mf$  est une caractéristique importante surtout en ce qui concerne les sables. Un bon sable à béton doit avoir un module de finesse  $Mf$  compris entre 2,2 et 2,8 :

▪ Au-dessous, le sable a une majorité d'éléments fins et très fins. Ce qui nécessite une augmentation du dosage en eau

Au-dessous, le sable a une majorité d'éléments fins et très fins. Ce qui nécessite une augmentation du dosage en eau.

Au-dessus, le sable manque de fins et le béton y perd en ouvrabilité.

- Pour  $1,8 < Mf < 2,2$  le sable est à utiliser si in recherche particulièrement la facilité demise en œuvre au détriment probable de la résistance.
- Pour  $2,2 < Mf < 2,8$  le sable est à utiliser si l'on recherche une ouvrabilité satisfaisante et une bonne résistance avec des risques de ségrégation limités.
- Pour  $2,8 < Mf < 3.2$  le sable est à utiliser si l'on recherche des résistances élevées au détriment de l'ouvrabilité et avec des risques de ségrégation.
- Pour  $Mf > 3,2$  le sable est à rejeter.

**Tableau(II.5):** Module de finesse des sables utilisant

Sable ZADW	Sable BB
2.15	3.20

## II.7 Coefficient d'aplatissement des granulats (NF P 18 561 sep 1990)

### II.7.1 Définition

La forme d'un granulat est définie par trois grandeurs géométriques :

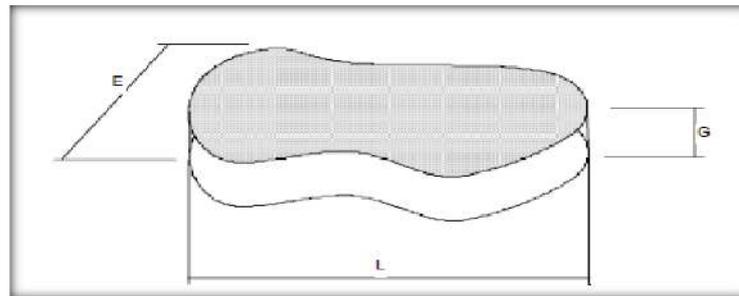
L : distance minimale du deux plans parallèles tangents aux extrémités du granulat.

E : distance minimale du deux plans parallèles tangents au granulat.

G : dimension de la maille carrée minimale du tamis qui laisse passer le granulat.

Le coefficient d'aplatissement A d'un ensemble de granulats est le pourcentage pondéral des éléments qui vérifient la relation suivante :

$$\frac{G}{E} > 1.58$$



**Figure (II.14):** Dimensions d'un granulat

### II.7.2 Principe d'essai

L'essai consiste en une double opération de tamisage :

Le tamisage classique sur une colonne de tamis normalisés à mailles carrées afin de séparer les granulats en une succession de classes granulaires  $d/D$  dont les dimensions sont telles que  $D = 1,25d$ .

De ce fait, les classes de grosseurs  $G$  ainsi définies sont telles qu'elles suivent la progression géométrique des ouvertures des tamis utilisés au cours de l'analyse granulométrique.

Les différentes classes granulaires  $d/D$  ainsi isolées sont tamisées une à une sur une grille à fentes parallèles d'écartement  $e=d/1,58$  (ce qui correspond aussi à :  $E=d/2$ ).

### II.7.3 Matériel utilisé

Le coefficient d'aplatissement s'obtient en faisant une double analyse granulométrique, en utilisant successivement, et pour le même échantillon de granulat.

Une série de tamis normalisés à mailles carrées. Une série de tamis à fentes de largeurs normalisées :



Photo(II.2) : Opération de tamisage

Tableau(II.6): Correspondance entre classe granulaire et écartement

Classe granulaires d/D (mm)	31.5/40	25/32.5	20/25	16/20	12.5/16	10/12	8/10	6.3/8	5/6.3	4/5
Ecartement Des grilles à fentes mm	20	16	12.5	10	8	6.3	5	4	3.15	2.5

### II.7.4 Le calcul

Pour une classe granulaire d/D donnée, on peut définir un coefficient d'aplatissement partiel

$$A = \frac{M_{EI}}{M_{GI}} \quad \dots(2)$$

$M_{gi}$  = masse de la classe granulaire d/D

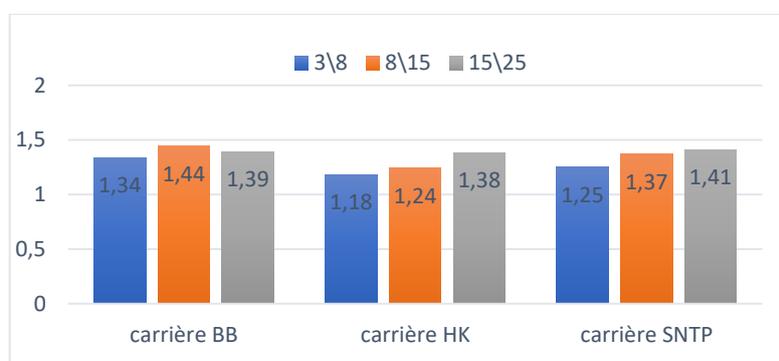
$M_{ei}$  = masse passant à travers le tamis à fentes d'écartement E correspondant.

Le coefficient d'aplatissement global A s'exprime en intégrant les valeurs partielles déterminées sur chaque classe granulaire : [ ].

$$A = \frac{\sum_1^1 M_{EI}}{\sum_1^1 M_{GI}} \times 100 \quad \dots(3)$$

**Tableau(II.7):** Coefficient d'aplatissement de différents graviers

Type	Carrière BB	Carrière HK	Carrière SNTP
3\8	23.35	30.99	20.87
8\15	5.7	13.59	7.02
15\25	1.52	3.85	5.16



**Figure (II.15):** Coefficient d'aplatissement

D'après les figures (II.9), on a observé que les graviers de type 3/8, 8/15 et 15/25 provenant des carrières de BB présentent les valeurs inférieures de coefficient d'aplatissement, avec 1.34 pour le 3/8, 1.18 pour le 8/15 et 1.25 pour le 15/25. En revanche, les autres carrières (HK et SNTP) ont montré des valeurs élevées. Par conséquent, les carrières de BB semblent être les meilleures selon les normes en raison de leur coefficient d'aplatissement inférieures

## II.8 Essai d'équivalent de sable (EN 933-8)

### II.8.1 Définition et But de l'essai

L'essai permet de mettre en évidence la proportion relative de poussière fine nuisible ou d'éléments argileux dans les sols ou agrégats fins. Pour un béton, ces fines risquent d'inhiber l'hydratation du liant et gênent l'adhérence avec les agrégats.

### II.8.2 Principe

Dans le cas des sables, le degré de propreté est fourni par un essai appelé "équivalent de sable piston (Esp) qui consiste à séparer le sable des particules très fines qui remontent par

floculation à la partie supérieure de l'éprouvette où l'on a effectué le lavage. L'essai est fait uniquement sur la fraction de sable 0/2 mm.

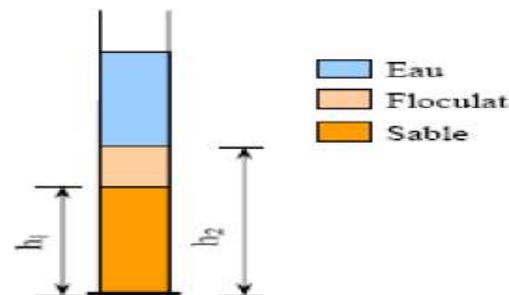


Figure (II.16): Essai l'équivalent de sable

### II.8.3 Matériel utilisé

- Eprouvettes, en matière plastique, avec 2 traits repères ( $\varnothing$  int = 32 mm; h=430mm).
- Entonnoir, tamis, spatule, balance, récipients.
- Machine agitatrice électrique ou manuelle. - Réglet de mesure et piston taré comporte 3 vis formant des butées (masse 1 kg)

### II.8.4 Préparation de l'échantillon

1. Si l'échantillon pour laboratoire n'est pas humide, il faut l'humidifier afin d'éviter les pertes de fines.
2. Tamiser le sable sur le tamis de 2 mm, et laver le refus en utilisant le moins d'eau possible.
3. Sécher le passant 0 / 2 mm obtenu sans atteindre l'état sec.
4. La masse de l'échantillon doit être de 1,500 kg environ.
5. Préparer quatre échantillons :
6. La premier pour déterminer rapidement la teneur en eau « w » de l'échantillon.
7. La deuxième pour la préparation du sable correcteur et la détermination de la teneur en fines.
8. Les deux restants pour la préparation des échantillons pour essai. Le pourcentage de filler « f » est déterminer sur le deuxième échantillon 0/2mm par tamisage sous l'eau sur un tamis de 0.08mm d'ouverture :

$$F=100-\frac{(ms\times 100+w)}{m_{h2}}$$

**ms** est la masse de ce refus à 0,08 mm

**m<sub>h2</sub>** masse du deuxième échantillon.

- Si  $f \leq 10\%$  on exécute directement le mode opératoire

- Si  $f > 10\%$  on procède une augmentation du pourcentage de la fraction sableuse 0.08/2mm, afin de ramener la teneur en filler du sable à 10%. Pour ce faire on introduit une masse sèche de sable correcteur prise dans la fraction sèche « 0.08/2 mm » du sable étudié.

La masse de sable correcteur sec nécessaire à cet ajustement est calculé, pour un échantillon de 120 g, par la relation suivante :

$$m_{sc} = \frac{F \times 120}{10} - 120$$

Ensuit on applique le mode opératoire suivant sur les deux échantillons restant « Sable 0/2 mm corrigé ».

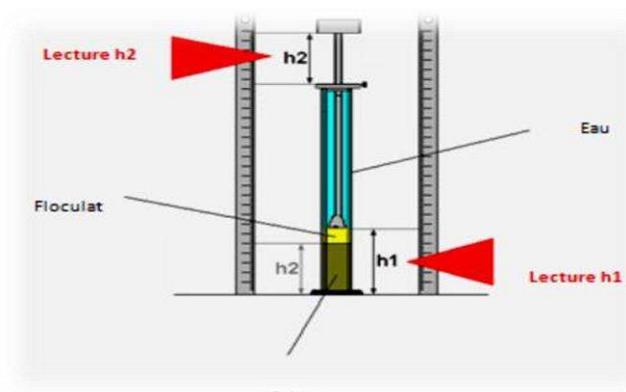


Figure (II.17): La mesure de h1 et h2

### II.8.5 Calcul de « ES »

On remplace h1 et h2 dans la formule suivante par leurs valeurs respectives

$$Es = 100 \times \frac{h2}{h1}$$

### II.8.6 Interprétation des résultats et qualité de sable

Les valeurs de l'équivalent de sable indiquent la nature du sable en fonction du moyen de mesure et permettent d'en apprécier la qualité pour composer un béton.

Tableau(II.8): Interprétation des résultats d'équivalents de sable

ES	Nature et qualité du sable
ES < 60	Sable argileux - Risque de retrait ou de gonflement, à rejeter pour des bétons de qualité
60 ≤ ES < 70	Sable légèrement argileux - de propreté admissible pour béton de qualité quand ou ne craint pas particulièrement de retrait
70 ≤ ES < 80	Sable propre - à faible pourcentage de fines argileuses Convenant Parfaitement pour les bétons de haute qualité.
ES > 80	Sable très propre - l'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau.

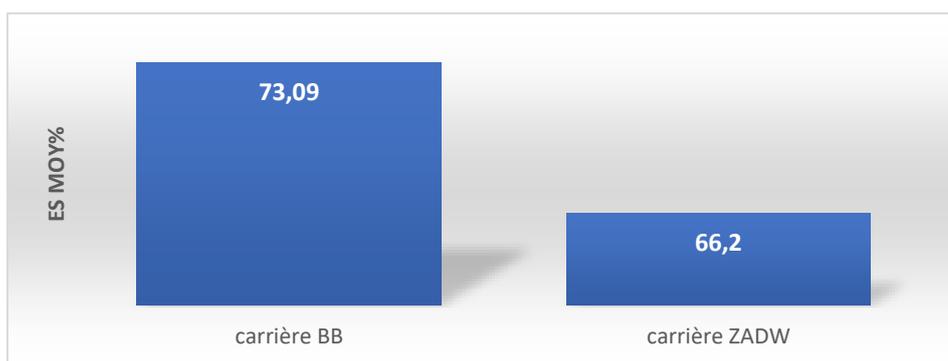
#### Limites

- $h2 = 0$ , argile pure donc ES = 0

- $h_2 = h_1$ , sable parfaitement propre donc  $ES = 100\%$
- Pour les bétons, l'ES est compris entre 70 et 90. ▪ Pour les bétons de ciment,  $ES > 80$  (70 avec du ciment portland).

**Tableau(II.9):** Les résultats d'équivalent de sable

Carrière BB (ES%)	Carrière ZADW (ES%)
73.09	66.2



**Figure (II.18):** Equivalent de sable de différentes carrières (Ouargla)

D'après la figure (II.18), on a observé que les sables provenant des carrières de BB présentent les valeurs les plus élevées de ES, avec 73.09%. En revanche, les carrières ZADW ont montré des valeurs inférieures. Il semble que les carrières de BB soient les meilleures selon les normes en raison de leur ES élevée.

## II.9 Essai de la propreté superficielle des graviers (NF P 18-591)

### II.9.1 Définition

Les graviers doivent être propres avant leur utilisation dans la fabrication des bétons, donc le but de cet essai est de déterminer la propreté superficielle des granulats supérieurs à 2 mm [ ].

### II.9.2 Principe

Contrairement aux sables, les graviers présentant des classes granulaires relativement grossières. Ainsi, le principe de séparation des agrégats des éléments fins ne se fera pas par sédimentation mais par lavage.

### II.9.3 Matériel utilisé

- Un tamis de maille 0.5 mm.

- Balance.

### II.9.4 Le calcul

On remplace M0 et M1 dans la formule suivante par leurs valeurs respectives.

$$P (\%) = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \times 100 \quad \dots(4)$$

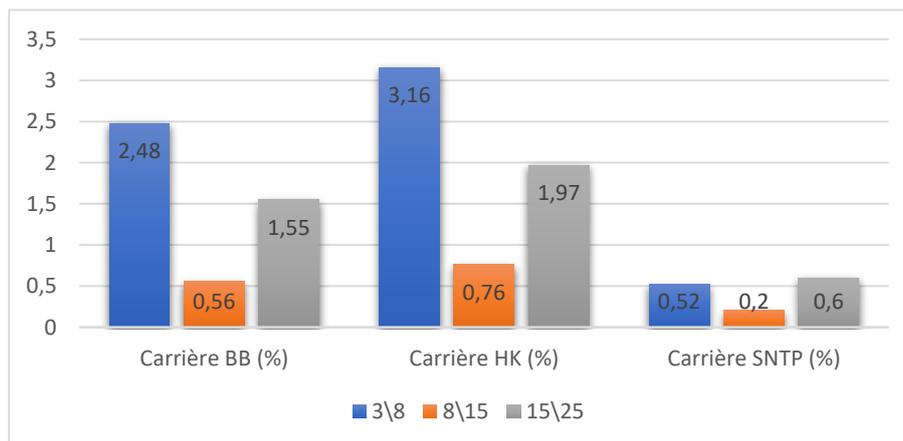


**Photo(II.3) :** Lavage de gravier

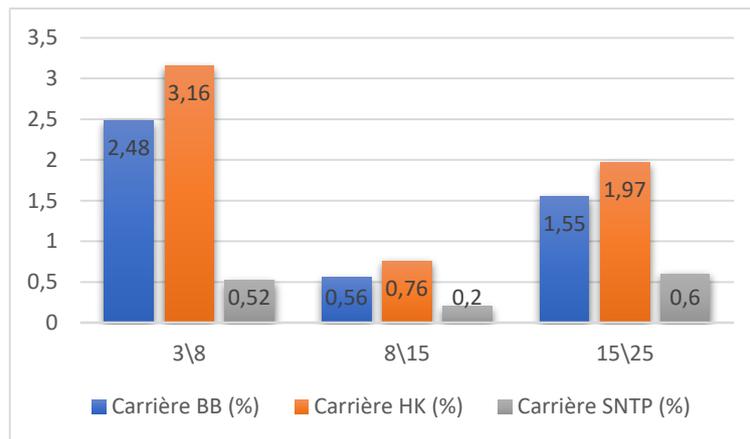
Le gravier est propre si P (quantité d'éléments fins) ≤ 5%

**Tableau(II.10):** La propreté superficielle des graviers

Type	Carrière BB (%)	Carrière HK (%)	Carrière SNTP (%)
3\8	2.48	3.16	0.52
8\15	0.56	0.76	0.2
15\25	1.55	1.97	0.6



**Figure (II.19):** La propreté superficielle des graviers



**Figure (II.20):** La propreté superficielle des graviers

D'après les figures (II.20), on a observé que les graviers de type 3/8, 8/15 et 15/25 provenant des carrières de SNTP présentent les valeurs inférieures de la propreté superficielle, avec 0.52 pour le 3/8, 0.2 pour le 8/15 et 0.6 pour le 15/25. En revanche, les autres carrières (HK et BB) ont montré des valeurs élevées. Par conséquent, les carrières de SNTP semblent être les meilleures selon les normes en raison de leur propreté superficielle inférieures

## II.10 Essai d'absorption d'eau d'un gravillon (NF P 18-591)

### II.10.1. But d'essai

Certains matériaux granulaires peuvent présenter une porosité interne qui est préjudiciable, en particulier, à la résistance au gel des bétons

En effet, l'eau incluse dans le granulat provoque l'éclatement du béton lorsque celui-ci est soumis de manière prolongée à des basses températures.

### II.10.2. Principe de l'essai

On détermine un coefficient d'absorption, qui est défini comme le rapport de l'augmentation de la masse de l'échantillon après imbibition par l'eau, à la masse sèche de l'échantillon. Cette imbibition est obtenue par immersion de l'échantillon dans l'eau pendant 24 heures à 20 °C .

### II.10.3. Matériel utilisé

- Une balance portée 5 kg, précision 1 g.
- Un torchon.
- Une étuve.



**Photo(II.4) :** Séchage de l'échantillon à l'aide d'un chiffon.

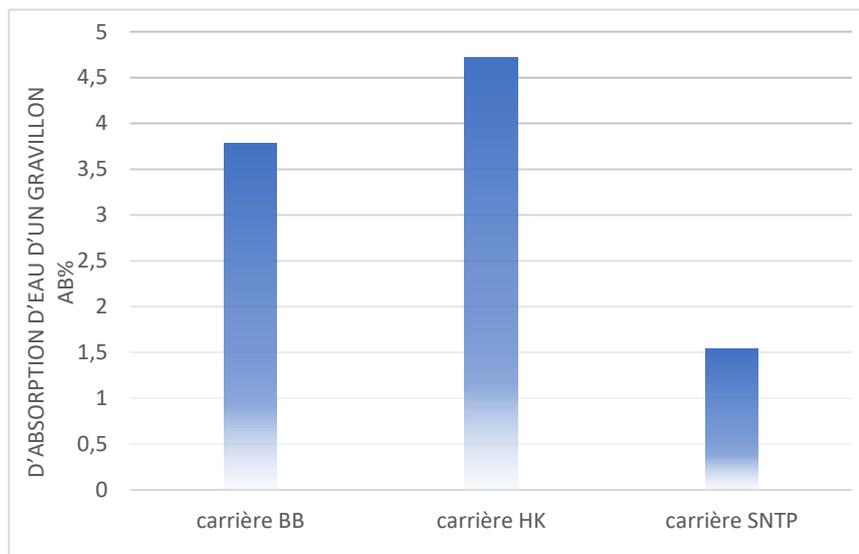
#### II.10.4. Le calcul

Le coefficient d'absorption du gravillon noté  $Ab$  a pour expression :

$$Ab = \frac{Ma - Ms}{Ms} \times 100$$

**Tableau(II.11):** L'absorption d'eau d'un gravillon

Carrière BB Ab%	Carrière HK Ab%	Carrière SNTP Ab%
3.78	4.72	1.54



**Figure (II.21):** L'absorption d'eau d'un gravillon

D'après la figure (II.21), nous avons observé que les graviers provenant des carrières de SNTP présentent les valeurs inférieures d'absorption, avec 1.54%. En revanche, les carrières HK et BB ont montré des valeurs élevées. Il semble que les carrières de SNTP soient les meilleures selon les normes en raison de leur absorption inférieures.

## II.11 Essai de Los Angeles (NF P 18-573)

### II.11.1. But d'essai

Cet essai permet de mesurer les résistances combinées à la fragmentation par chocs et à l'usure par frottements réciproques des éléments d'un granulat.

Il s'applique aux granulats utilisés pour la constitution des assises de chaussée, y compris les couches de roulement.

Le matériau évolue pendant l'essai, d'une part par suite du choc des boulets sur le granulat (rupture fragile des éléments), d'autre part par frottement des éléments les uns sur les autres, sur le cylindre de la machine et sur les boulets.



**Photo(II.5) :** Appareil de l'essai Los Angeles

### II.11.2. Principe d'essai

L'essai consiste à introduire des gravillons dans le cylindre de ans une machine cylindrique de Los Angeles en 500 rotations. Lors de sa rotation, les granulats sont heurtés par des boulets plus lourds que les gravillons.

Ce qui permet de mesurer la masse  $m$  d'éléments inférieurs à 1.6mm, produits par la fragmentation du matériau testé et que l'on soumet aux chocs provoqués par la chute de boulets normalisés.

### II.11.3. Matériel utilisé

L'appareil Los Angeles.

Un bac, balance, tamis.

Des boulets sphériques de  $47 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  de diamètre et pesant 420 à 445 g.

**Tableau(II.12):** Nombre des boulets pour essai Los Angeles

Classe granulaire (mm)	Nombre de boulets	Masse de la charge de boulets (g)
4 - 8	8	3450 à 3540
6,3 - 10	9	3840 à 3980
8- 12.5	10	4260 à 4420
10-14	11	4700 à 4860
12.5-16	12	5120 à 5300

**II.11.4. Calcule du « LA »**

Le coefficient Los Angeles « LA » est déterminé par la formule suivante :

$$LA = (5000 - M)/5000 \times 100 \quad \dots(5)$$

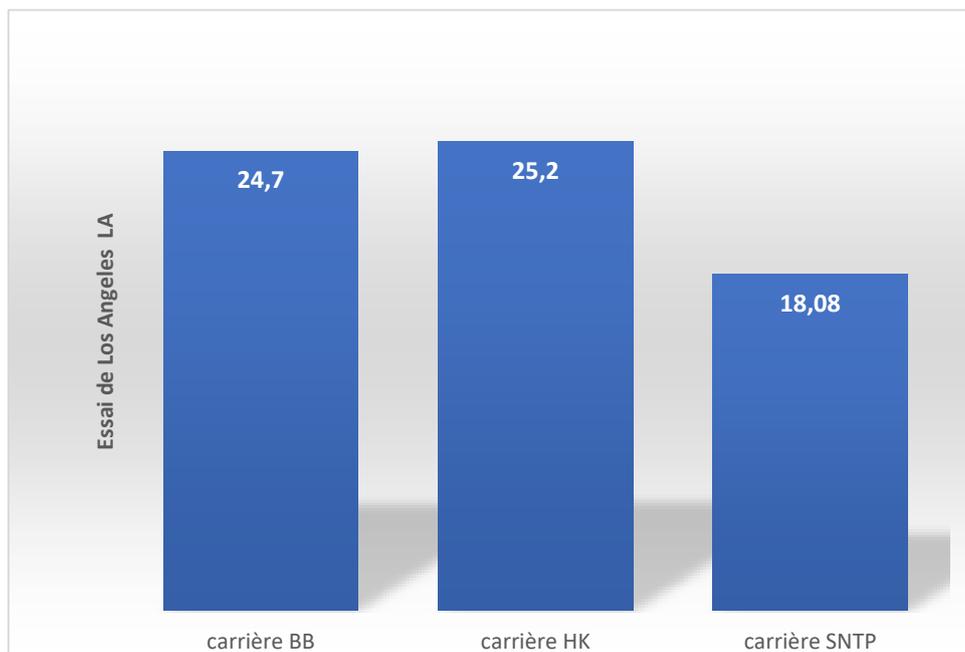
Avec m masses du refus à 1.6 mm

**II.11.5. Interprétation des résultats**

LA est l'un des indicateurs permettant de juger la résistance au trafic de chantier des matériaux granulaires non traités utilisés en couche de forme. La limite supérieure préconisée pour cet usage est LA=45.

**Tableau(II.13):** Les résultats de l'essai Los Angeles

Carrière BB	Carrière HK	Carrière SNTP
24.7	25.2	18.08



**Figure (II.22): Les résultats de l'essai Los Angeles pour les carrières de gravier**

D'après les figures (II.22), nous avons observé que les graviers 8/15 où provenant de carrières SNTP présentent les valeurs inférieures de LA%, avec 18.08 pour le 8/15. En revanche, les autres carrières (HK et BB) ont montré des valeurs élevées. Par conséquent, les carriers de SNTP semblent être les meilleures selon les normes en raison de leur LA% inférieures.

## II.12 Essai micro-deval (NF p 18-572)

### II.12.1. But d'essai

Détermination du coefficient d'usure par attrition (frottements mutuels) des granulats en présence d'eau à l'aide de l'appareil MICRO DEVAL [1].

### II.12.2. Principe d'essai

L'essai consiste à introduire des granulats dans le cylindre de la machine MDE, avec de l'eau et des billes de taille normalisée équivalente à celle des gravillons. Lors de la rotation du cylindre, les gravillons frottent sur les billes. La masse des éléments inférieurs à 1.6 mm à la fin de l'essai donne la résistance à l'usure du granulat. Plus le résultat est faible, plus le granulat est résistant à l'usure. [1].

### II.12.3. Matériel utilisé

- L'appareil Micro Deval.
- Balance
- Tamis de 1.6 mm ; 8 mm ; 10 mm ; 12.5 mm et 14 mm.

- Charge abrasive : billes sphériques de diamètre  $10\text{ mm} \pm 0.5\text{ mm}$



**Photo(II.6) :** L'essai Micro-Deval

#### II.12.4. Mode opératoires

- 1) Pour cet essai, préparer par lavage et tamisage les masses des fractions suivantes, en rajoutant la masse de bille indiquée :

**Tableau(II.14):** Nombre des billes pour essai Micro-Deval

Classe granulaire	350 grammes de la fraction	150 grammes de la fraction	Masse de bille
10/14	10/12.5	12.5/14	5000
11.2/16	11.2/14	14/16	5400
8/11.2	8/10	10/11.2	4400
6.3/10	8/10	6.3/8	4000
4/6.3	5/6.3	4/5	2000

1. Mettre la prise d'essai, la masse de bille et compléter avec 2.5 litres d'eau par cylindre.
2. Mettre à tourner pendant 1200 tours à la vitesse de 100 tours/minute.
3. Séparer l'échantillon obtenu des billes d'acier.
4. Laver les granulats restant au tamis de 1.6 mm en éliminant tous le passant à ce tamis.
5. Sécher à l'étuve à  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  et peser le refus à 1.6 mm soit m.

## II.12.5. Calcul du MDE

$$\text{MDE} = (500 - m) 500 \times 10$$

Tableau(II.15): type des graviers selon le coefficient MD

Valeurs de coefficient Micro Deval en présence de l'eau	Appréciation
< 10	Très bon à bon
De 10 à 20	Bon à moyen
De 20 à 35	Moyen à faible
> 35	Médiocre

Tableau(II.16): Les résultats de MDE

Carrière BB	Carrière HK	Carrière SNTP
31.88	29.78	14.53

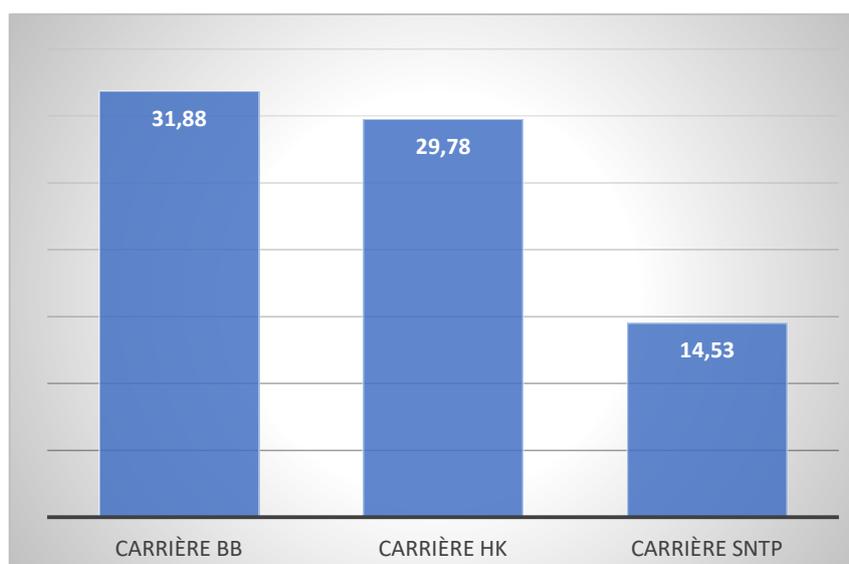


Figure (II.23): Les résultats de MDE

On a notons que la valeur MDE du gravier SNTP est de 14.53 ce qui est inférieur à 20 et est considéré comme admissible et acceptable selon la Norme.

C'est la preuve que ce gravier est résistant à la corrosion, contrairement au gravier de BB et HK, dans lequel le pourcentage de MDE est supérieur à 20. Donc ils ont une faible résistance à l'abrasion et ne sont pas adaptés à la construction de routes Généralement pour les granulats destinés à l'utilisation béton les spécifications exigent : **MDE ≤ 20**.

## II.13 L'Analyse Chimique

**Tableau(II.17):** Les analyses chimiques pour toutes les carrières de graviers utilisant

Echantillon	Les éléments	SNTP	BB	HK
INSOLUBLES NF P 15-461	%INSOLUBLES	23.63	24.53	8.6
SULFATES BS-1377	% SO <sub>3</sub>	0.26	0.91	1.92
	C <sub>a</sub> SO <sub>4</sub> / 2H <sub>2</sub> O	1.43	4.32	4.12
CARBONATES NF P 15-461	% C <sub>A</sub> CO <sub>3</sub>	86	72	83
CHLORURES METHODE DE MOHR	% cl-	0.006	0.020	0.016
	% N <sub>A</sub> CL	0.011	0.032	0.026

D'après le tableau II.2, on a observé que les graviers de provenant des carrières de SNTP présentent les valeurs les plus élevées de insolubles et carbonates, avec 23.63% pour insolubles, 86% pour sulfates. En revanche, les autres carrières (HK et BB) ont montré des valeurs inférieures. Par conséquent, les carrières de SNTP semblent être les meilleures selon les normes en raison de leurs insolubles et carbonates.

**Tableau(II.18):** Les analyses chimiques pour toutes les carrières de sables utilisant

Echantillon	Les éléments	Sable BB	Sable ZAD W
INSOLUBLES NF P 15-461	% INSOLUBLES	95.85	97.74
SULFATES BS-1377	% SO <sub>3</sub>	0.26	0.28
	C <sub>a</sub> SO <sub>4</sub> / 2H <sub>2</sub> O	1.43	1.51
CARBONATES NF P 15- 461	% C <sub>A</sub> CO <sub>3</sub>	1.5	1.7
CHLORURES METHODE DE MOHR	% cl-	0.006	0.007
	% N <sub>A</sub> CL	0.011	0.014

D'après le tableau (II.3) nous avons observé que les sables provenant des carrières de ZADW présentent les valeurs les plus élevées de Carbonates, avec 1.7% et pour les Insolubles 97.74%. En revanche, les carrières BB ont montré des valeurs inférieures. Par conséquent, les carrières de BB semblent être les meilleures selon les normes en raison de leurs insolubles et carbonates inférieures.

## II.14 Conclusion

Dans ce chapitre on a effectué toutes les essais physiques, mécaniques et chimiques des granulats (sables et gravier) pour les carrières étudiées dans ce travail et en peut conclure que :

### ✓ Concernent le gravier

Carrières **BEN BRAHIM** et la meilleure pour :

- La masse volumique apparente.
- Coefficient d'aplatissement.
- Propriété superficielle.

Carrières **SNTP** et la meilleure pour :

- LA masse volumique absolue.
- Propriété superficielle.
- L'absorption d'eau.
- LE coefficient Los Angeles « LA ».
- Coefficient Micro Deval.
- Taux d'insolubles, carbonates et sulfate.

### ✓ Concernent le sable

Carrières **BEN BRAHIM** et la meilleure pour :

- LA masse volumique absolue.
- Equivalent de sable.

Carrière **ZADW** et la meilleure pour :

- La masse volumique apparente.
- Module de finesse.

Enfin pour le meilleur choix des granulats quel que soit le gravier et ou le sable il faut identifier d'abord la propriété et après la carrière préférable qui répond au ce choix.

**Chapitre III :**  
**La gestion des carrières**  
**La Société SATRECH**  
**Ouargla exemple**

### **III.1. Introduction**

La gestion des carrières de granulats est essentielle pour l'industrie de la construction. Ces carrières fournissent des matériaux de construction tels que le sable et le gravier, nécessaires à la réalisation d'infrastructures. Il existe pratiquement plusieurs défis pour une gestion idéale et rentable liée à l'extraction, au traitement et à la distribution des granulats. Une gestion efficace de ces carrières est cruciale pour répondre à la demande croissante en matériaux de construction tout en garantissant une exploitation responsable des ressources naturelles.

### **III.2. La société (SARL SATRECH Ouargla)**

#### **Statue juridique et le domaine du société SARL SATRECH Ouargla**

C'est une société pluridisciplinaire intéressée par la prospection et l'extraction de matières premières pour la construction (gravier et sable) (créée en 1997, basée à Ouargla).

**Tableau (III.1) : La Société SARL SATRECH Ouargla**

<b>Description</b>	<b>Enterprise exploitation de carrier</b>
Activités	Mines et carrières (d'exploitation production transformation)
Secteurs	Bâtiment et travaux publics, Matériaux de construction

#### **III.2.1. Permis d'exploitation d'une carrière**

Les procédure et études nécessaires pour la demande de permis d'exploitation.

Le dossier technique nécessaire :

- PV de rattachement du périmètre.
- Levé topographique au 1/2000e ou 1/1000e, de la zone d'exploitation du périmètre d'exploitation.
- Plans et études d'exploitation minière.
- Etude d'impact sur l'environnement et plan de gestion environnemental.
- Etude de danger.
- Etude de faisabilité technique et économique.
- Programme de restauration et de remise en état des lieux.

#### **III.2.2. Traitement des granulats**

Il est possible d'effectuer les opérations de concassage et de broyage, de criblage et de lavage dans divers ordres et à plusieurs reprises afin de produire une variété de granulats à partir de la même roche initiale, qu'elle soit alluvionnaire ou massive.

### **III.2.3. Le concassage et broyage**

La fragmentation des matériaux se fait par concassage et broyage, le concassage étant la fragmentation grossière et le broyage l'élaboration des sables, petits gravillons et fillers. C'est une opération purement mécanique à l'aide des différents appareils, fonction des différents types de concassage [21].

Le concassage est l'une des premières étapes de la préparation mécanique des roches, elle est réalisée sur place dans une carrière ou dans une mine. Le but recherché étant la réduction des dimensions du minerai.

Le concassage demande des concasseurs de type à mâchoires, à percussion, à projection centrifuge ou giratoires. Ils permettent de réduire, de façon successive, la taille des éléments. 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 (gros graviers) [22].

### **III.2.4. - Le criblage**

Les opérations de criblage ou de tamisage ont pour objectif de trier les grains en ne laissant passer, à travers les mailles du crible, que les éléments de taille inférieure à un seuil spécifique. En effectuant une série de criblages successifs, il est possible de trier les grains et d'obtenir des granulats de différentes tailles et calibres.

### **III.2.5. - Le lavage**

L'aspect propre des granulats revêt une importance primordiale dans le domaine industriel. La présence de boues d'argiles ou de poussières qui se mêlent aux matériaux ou qui enveloppent les grains empêche leur adhérence aux liants, les rendant ainsi inutilisables. Afin de garantir leur propreté, il est essentiel de procéder à des opérations de débouage, de lavage ou de dépoussiérage.

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

### **III.2.6. La gestion du stockage et de la livraison**

Une fois le processus de traitement terminé, des produits de haute qualité répondant à des critères spécifiques sont obtenus. Ces critères dépendent de la nature des granulats, de la forme des grains, des opérations de traitement effectuées et de la granulométrie. Des mélanges précis contenant des proportions spécifiques pour chaque composant peuvent être réalisés dans le but de répondre à des besoins particuliers ou d'optimiser l'utilisation des ressources disponibles.

Après le traitement et la classification des granulats, ils sont transportés vers des zones de stockage où ils sont disposés en tas individuels. Différents moyens de transport tels que des camions sont ensuite utilisés pour livrer ces produits aux clients.

### **III.3. Présentation de la station de concassage**

La capacité théorique de traitement de sa station SATRECH BENBRAHIM Hassi Massoud de concassage sont de l'ordre de 70 tonnes /heure. Elles ont été installées pour l'essentiel durant le projet 1997 avant de subir au fur et à la mesure d'évolution du marché local des granulats des modifications structurelles importantes.

#### **III.3.1 Investissements de la société SATRECH ben Brahim Hassi Massoud**

En 2003, afin de répondre à une demande croissante, l'unité a renforcé ses capacités de production en faisant l'acquisition d'un broyeur à sable de la marque KRUPP. Cela lui a permis de tenir ses engagements et de faire face à une demande de plus en plus importante.

En 2008, l'unité a entrepris une rénovation pour améliorer durablement ses capacités de traitement. Dans le cadre de cette rénovation, un nouveau concasseur à percussion de marque ARJA, utilisé comme concasseur secondaire, a été livré et mis en fonctionnement en complément du concasseur primaire GRANIER, qui a lui-même subi une rénovation.

#### **III.3.2 Etat des équipements et capacités**

1. Conasseur à mâchoire (primaire)
2. Percuteur ARJA (secondaire)
3. Conasseur ALSTHOM (tertiaire)
4. Broyeur KRUPP (tertiaire)

### **III.4. Moyens de réalisation de travaux miniers**

Les moyens Matériels et Humane nécessaires pour la réalisation des travaux miniers au niveau de la carrière SATRECH sont présent dans les tableaux ci-dessous

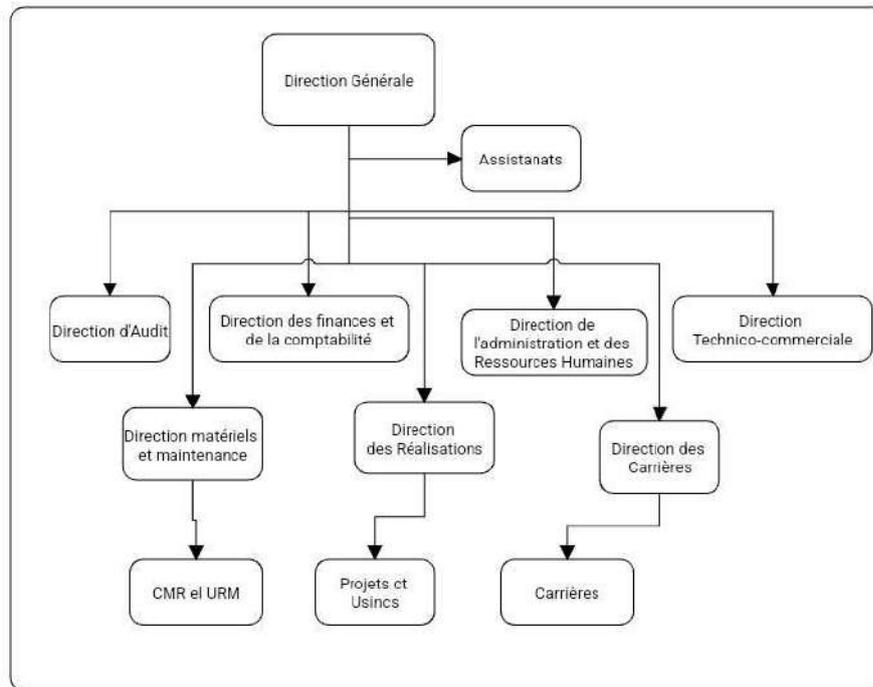


Figure (III.1): Organigramme d'entreprise

Tableau (III.2) : Liste de Matériels

Moyens Matériels	Equipment nécessaires
Camion	17
Pelle excavatrice	3
Bulldozer sur chenilles	3
Chargeur sur pneu	1
Niveleuse	1
Camion d'entretien	1
Tracteur sur pneus avec citerne à eau	1
Citerne a gasoil 10000L avec pompe volumétrique	1
Citerne a gasoil mobile 3000 L	1
Groupe électrogène	1
Véhicule 4*4	2

### III.5. Les processus de traitement

- **Mise en pré-stock**

La mise en stock et la reprise des matériaux destinés à un traitement ultérieur permet de donner une souplesse de fonctionnement à la station.

Le cycle a commencé par extraction avec la méthode de ramassage puis charger les camions de transport.



**Photo(III.1) :** Opération de ramassage et transport

- **Concassage primaire (concasseur à mâchoire)**

Les matériaux de grande taille provenant de la trémie sont réduits en fragments par le rapprochement de deux mâchoires verticales, permettant ainsi d'obtenir des matériaux d'une dimension variant entre 0 et 200 mm

- **Pré criblage**

À l'issue du concassage primaire, les matériaux sont envoyés par des convoyeurs à bandes sur une série de grilles vibrantes. La taille des trous dans les grilles permet de trier les matériaux. Ceux suffisamment petits pour ne pas être commercialisés (stériles sont mis en stock), les autres sont transporter pour suivre le cycle



**Photo(III.2) :** Concasseur à mâchoire

- **Concassage secondaire**

Ce dernier consiste à diminuer les dimensions du produit pour atteindre une taille de 0 à 70mm.

- **Criblage primaire :** Il se possède par 3 cribles vibrants ; il nous donne un produit dont les dimensions sont différentes :
  1. Une bande transporteuse 40/70.

2. Une bande transporteuse 15/25.
3. Une bande transporteuse 25/40



**Photo(III.3) : Bande transporteuse**

• **Concassage tertiaire**

ce dernier consiste à concasser les matériaux de dimensions 25/40, car elle n'est pas demandée alors on l'utilise pour produire des matériaux de dimensions 0/15 qui passe par le criblage secondaire à nouveau. Afin d'avoir d'autre produit demandé.

• **Criblage secondaire** : contient 2 cribles qui consistent à séparer le produit de 0/15 en 3 dimensions

- 2 bandes transporteuse 3/8.
- Une bande transporteuse 0/3.
- Une bande transporteuse 8/15

L'une des 2 bandes transporteuses du produit 3/8 alimente la trémie du broyeur de type Krupp pour produire 0/3.



**Photo(III.4) : Criblage secondaire**

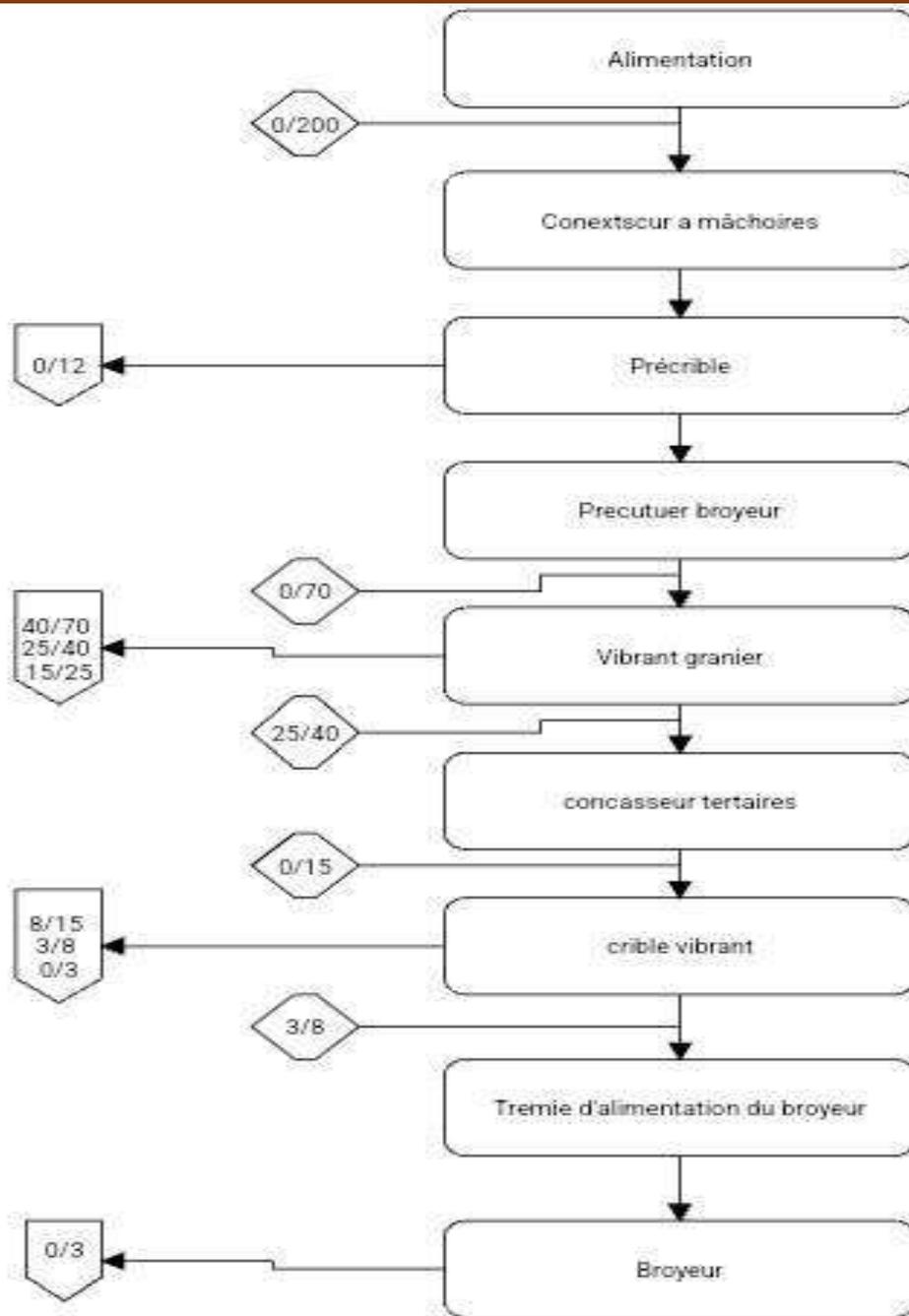


Figure (III.2): Schéma technologie du traitement

### III.6. - Qualité du produit

Les caractéristiques intrinsèques de la substance exploitée sont comme suit :

1. Résistance à la fragmentation « Los Angeles » LA = 28 à 33%.
2. Résistance à l'usure « Micro-Deval » MDE = 18 à 20 %.
3. Masse volumique  $\gamma = 2600$  à  $2700 \text{ kg/m}^3$

D'après ces caractéristiques, les produits peuvent être utilisés comme :

- Granulats pour Bétons Hydrauliques.

- Granulats pour couches de fondation (couches de base).
- Pour les produits divers « Enrochement et TVC » ces derniers sont destinés pour les travaux maritimes.

### III.7. Les problèmes dans cette carrière :

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...). [UNPG].

Tableau (III.3) : les problèmes existants dans les carrières et leurs solutions

Problème	Les solutions obligatoires à réaliser
La propreté superficielle des graviers > 5%	Re-lavage de gravier
Analyse granulométrie sable $2,8 < M_f < 3,2$	Ajustement de Criblage
Coefficient d'aplatissement des granulats $\frac{G}{E} > 1,58$	Ajustement de concassage
Los Angeles LA > 25 %	Changements de matériaux
Micro-Deval MDE > 35	Changements de matériaux
Analyse chimique	Changements de matériaux

### III.8. Contrôle de qualité des produits

Le contrôle de la qualité des produits se fait d'une façon périodique pour les caractéristiques de fabrication (analyses granulométriques, équivalent de sable et essai au bleu de méthylène) au niveau du laboratoire de l'unité, les essais complémentaires de type masse volumique, porosité, coefficient d'absorption, Los Angeles, Micro-Deval, compression simple, friabilité des sables et analyse chimique sont effectués par des laboratoires externes.

Les concasseurs utilisés se basent sur trois principes de rupture : Rupture par écrasement, rupture par chocs et rupture sous l'action de charges libres.

La granularité obtenue à partir d'un concasseur dépend de la granularité des produits en entrée, du débit d'alimentation et de l'usure des pièces de broyage. L'ouverture d'entrée (largeur et espace) détermine la taille maximale des éléments acceptés lors de l'alimentation, tandis que l'ouverture de sortie (parfois appelée réglage) influe sur la granularité du produit final.

### III.9. Sécurité de travail

La sécurité au travail se manifeste à travers les différentes branches d'activité des entreprises. L'assurance d'un processus technologique bien organisé contribue à une meilleure organisation

des tâches, ce qui garantit une productivité souhaitable et améliorée. La protection du travail représente un vaste système de mesures techniques et organisationnelles visant à préserver la santé des travailleurs. Son objectif est de sensibiliser les travailleurs à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles, d'améliorer et de perfectionner les processus technologiques, ainsi que de créer des conditions de travail saines et sécurisées.

### **III.9.1 Analyse des conditions de travail**

Suite à un accident, il est nécessaire de mener une enquête afin de déterminer les causes de l'accident du travail et de développer des normes préventives. L'objectif de cette enquête est d'identifier les responsabilités en recherchant d'abord les responsables. L'enquête doit mettre en évidence tous les éléments qui peuvent constituer des causes directes d'accidents du travail.

### **III.9.2 Lutte contre la poussière**

La composition minéralogique de la poussière peut être toxique, et l'un des éléments les plus présents est le dioxyde de silicium (SiO<sub>2</sub>). Lorsque cette poussière pénètre dans les poumons, elle réagit avec le sang pour former de l'acide silicique, qui a des effets néfastes sur les lymphocytes (globules blancs), entraînant ainsi des maladies.

Pour lutter contre les poussières lors des processus de chargement, de forage et de transport, il existe des mesures individuelles et collectives. Il est impératif que les travailleurs les plus exposés portent des masques anti-poussières. De plus, il est recommandé d'arroser la route pendant le transport pour réduire la dispersion des particules.

### **III.9.3 Protection contre le bruit**

Le bruit peut contribuer à l'apparition du traumatisme et la diminution du rendement de travail. Le bruit peut provoquer la fatigue, les principales causes du bruit sont :

1. Le concasseur.
2. La chargeuse.

On peut réaliser la protection contre le bruit à l'aide des (stop bruit) oreillettes de protection, casques.

### **III.9.4 Sécurité dans le transport et le chargement**

1. Le stationnement en charges pour une durée inacceptable est interdit.
2. A la fin des postes de travail, la benne doit être vidée.
3. Excès de vitesse interdit.

Toutes ces préventions, ces conseils de la protection du travail et de la sécurité permettent le bon déroulement des processus technologiques et assurent la production.

## **III.10. Les métiers de l'industrie du granulat**

- **Conducteur d'engins de chantier**

Le conducteur d'engins exerce son activité dans les carrières ou sur des chantiers de travaux publics, que ce soit aux manettes d'une pelle hydraulique, d'un bouteur qui pousse les matériaux ou aux commandes d'une chargeuse ou d'un dumper qui transporte les matériaux. Il définit la zone d'évolution de l'engin et réalise les opérations d'extraction, de chargement, de terrassement ou de finition

• **Pilote d'installations de traitement des granulats**

Ce professionnel est chargé de la production de granulats et il est responsable d'une chaîne de traitement : surveillance de la fabrication, stockage des produits, entretien de l'installation...

• **Mécanicien d'engins de chantier**

Intervenant sur le chantier ou en atelier, le mécanicien d'engins de chantier assure la maintenance préventive et corrective des pelleteuses, camions et décapeuses.

• **Chef de carrière**

Le chef de carrière est le responsable de l'exploitation d'un gisement (sables, graviers, roches diverses...).

### **III.11. Conclusion**

SARL SATRECH BEN BENBRAHIM Ouargla est une société prive dans le domaine de exploitation et fournitures les matériaux de construction (sable et gravier concassé) dans la région de Ouargla. La gestion de cette société est efficace et rentable d'après l'avis des leurs clients (les entreprises et sociétés) du secteur de génie civil et travaux publics leurs carrières permet de garantir une offre continue de granulats de haute qualité tout en préservant l'environnement, des techniques d'extraction et de traitement respectueuses de l'environnement, ainsi qu'une logistique bien organisée pour la distribution des granulats.

## **Conclusion général**

En conclusion, cette recherche a mis en évidence l'importance de l'industrie de la construction et la demande croissante de matériaux de construction tels que le sable et le gravier. Malheureusement, cette demande croissante a conduit à une pénurie de ces matériaux, ce qui constitue un défi majeur pour les carrières de la région de Ouargla.

L'étude approfondie des carrières de sable et de gravier de la région a permis de caractériser ces matériaux sur le plan physique, mécanique et chimique. Les résultats obtenus ont montré des différences significatives entre les différentes sources étudiées, ce qui souligne l'importance d'une évaluation approfondie pour une utilisation optimale des ressources disponibles.

De plus, l'analyse du fonctionnement et de l'exploitation de la carrière de Ben Brahim a permis de mettre en lumière les pratiques de gestion durable qui peuvent être adoptées dans l'industrie des matériaux de construction. Ces pratiques comprennent des procédures d'extraction respectueuses de l'environnement, des techniques de traitement efficaces et des mesures de protection de l'environnement.

Il est essentiel de souligner l'importance de la gestion responsable des matériaux de construction pour préserver les ressources naturelles et réduire l'empreinte environnementale. Les résultats de cette étude peuvent contribuer à l'élaboration de politiques et de directives visant à promouvoir des pratiques durables dans l'industrie de la construction.

En conclusion, ce travail souligne la nécessité d'une gestion responsable des matériaux de construction et propose des recommandations pour une exploitation durable des carrières. Il est crucial de mettre en œuvre des pratiques qui préservent les ressources naturelles tout en garantissant la durabilité des projets de construction. L'adoption de ces pratiques peut contribuer à atténuer les effets néfastes de la pénurie locale de sable et de gravier, tout en assurant un avenir durable pour l'industrie de la construction.

## Références Bibliographique

### Normes :

- **La masse volumique apparente (NF 18-554)** décembre 1979. Norme Annulée. Granulats. Mesures des masses volumiques, porosité, coefficient d'absorption et teneur en eau des granulats AFNOR.
- **Masse volumique absolue (NF P 18-301)** Granulats - Détermination de la masse volumique absolue des fines AFNOR.
- **Analyse granulométrique (NF P 18 560 SEPT 1990)** septembre 1990. Norme Annulée. Granulats - Analyse granulométrique par tamisage AFNOR.
- **Coefficient d'aplatissement des granulats (NF P 18 561 sep 1990)** octobre 1978. Norme Annulée. Granulats. Mesure du coefficient d'aplatissement AFNOR.
- **Essai d'équivalent de sable (EN 933-8)** Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats - Partie 8 : évaluation des fines - Équivalent de sable AFNOR.
- **Essai de la propreté superficielle des graviers (NF P 18-591)** Granulats - Détermination de la propreté superficielle. Dans la série des normes P 18-591 qui concerne les granulats AFNOR.
- **Essai d'absorption d'eau d'un gravillon (NF P 18-591)** Coefficient d'absorption des granulats. La norme NF P 18-554 permet d'évaluer la porosité AFNOR.
- **d'un granulat par son coefficient d'absorption** AFNOR.
- **Essai de Los Angeles (NF P 18-573)** Granulats - Essai de Los Angeles ; Collections. Normes nationales et documents normatifs nationaux ; Date de publication. décembre 1990 AFNOR.
- **Essai micro-deval (NF p 18-572)** Granulats - Essai d'usure micro-DEVAL Dans la série des normes P 18-572 qui concerne les granulats, la présente norme définit une méthode de mesure AFNOR.

### Référence :

[1]. [www.europa.eu](http://www.europa.eu)

[2]. Djama Z, 2015 : Comportement mécanique et rhéologique des bétons à base des granulats recyclés.

[3]. [www.smil-france.com](http://www.smil-france.com)

[4]. [www.unpg.fr](http://www.unpg.fr)

- [5]. [www.infociments.com](http://www.infociments.com)
- [6]. [www.phys.org](http://www.phys.org)
- [7]. [www.constructionworld.com](http://www.constructionworld.com)
- [8]. [www.la vie en pierre.com](http://www.la vie en pierre.com)
- [9]. Lamrani et Elmoueden, 2016. Revue sur les essais normalisés applicables aux granulats pour des applications du génie civil et positionnement de la modélisation granulaire sur ces essais.
- [10]. Lozac, LOZAC D. 2005. Les constituants des bétons et des mortiers. École française du béton.
- [11]. H Derradj · 2016
- [12]. B Zakaria. 2017 : Structural characterization and rheological behavior of a heteroxylan extracted from *Plantago notata* Lagasca (*Plantaginaceae*) seeds
- [13]. Jozef Sedmak
- [14]. Rachi et Dendani, 1990 : UNPG/François Michel - Décembre 2005
- [15]. M. BERREDJEM Layachi: amprincipe paris sept 2005 : les constituant des bétons et mortier
- [16]. [www.maconnerie.bilp.fr](http://www.maconnerie.bilp.fr)
- [17]. Villard P, 2004 : Bétons et Mortiers. Cours et Travaux dirigés des matériaux, IUT 1 de GRONOBLE, France
- [18]. [www.bigbagepress.com](http://www.bigbagepress.com)
- [19]. Messaouda haddou : Diagnostic sur l'effet des conditions agro-écologiques sur la qualité des dattes Deglet Nour dans la région de Ouargla 2016
- [20]. ANAM : L'Agence Nationale des Activités Minières par abréviation ANAM a été instituée par la loi n° 14-05 du 24 Rabie Ethani 1435 correspondant au 24 Février 2014 portant loi minière. 2023
- [21]. BOUFEDAH BADISSI Ahmed, 2011 : Etude Des Caractéristiques Physico-mécaniques d'un BHP à base d'un sable préparé. 2015
- [22]. DAHO ILLIESSE, 2012 : ETUDE DU POTENTIEL LOCAL EN GRANULATSPOUR UNE UTILISATION OPTIMALE
- [23]. Widad GHERBI Etude de la qualité des calcaires d'exploités : Cas de deux carrières d'agrégats de Ain Smara (environs de Constantine)"Cosider-Sonatiba 2006.