



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة العربي التبسي - تبسة
Université Larbi Tebessi – Tébessa
معهد المناجم
Institut des mines
قسم المناجم والجيوتكنولوجيا
Département des mines et de la géotechnologie



MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention d'un diplôme de Master académique

Filière : Génie minier

Option : Géotechnique

ETUDE ET IDENTIFICATION GEOMECHANIQUE DES AGREGATS

Présenté et soutenu par

NAJI SALEM LEMRABOTT

Devant le jury:

		Grade	Etablissement
Président :	BRAHMI SERHANE	MAA	Université Larbi Tebessi - Tébessa
Encadreur :	AMRANI DOUNIA	MAA	Université Larbi Tebessi – Tébessa
Examineur :	BERRAH YACINE	MCB	Université Larbi Tebessi - Tébessa

Année universitaire : 2019-2020

Tébessa le : 24/09/2020

Lettre de soutenabilité

Noms et prénoms des étudiants :

NAJI SALEM LEMRABOTT

Niveau : Master

Option : Géotechnique

Thème : ETUDE ET IDENTIFICATION GEOMECHANIQUE DES
AGREGATS

Nom et prénom de l'encadreur : AMRANI DOUNIA

Chapitres réalisés	Signature de l'encadreur
I- Le premier chapitre concerne Les agrégats,	
II- Le deuxième chapitre concerne la situation géographique et géologique de la carrière INFRAFER Hammimet Nord-Tébessa,	
III- Le troisième chapitre présente une issue sur la Carrière INFRAFER Hammimet Nord – Tébessa,	
IV- Le quatrième chapitre présente une étude pour l'identification d'un agrégat : Cas d'étude « Carrière INFRAFER Hammimet Nord-Tébessa »	

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة العربي التبسي - تبسة

مقرر رقم 247 مؤرخ في 2020/05/21 يتضمن الترخيص بمناقشة مذكرة ماستر.

إن مدير جامعة العربي التبسي - تبسة،

- بمقتضى القرار الوزاري رقم 351 المؤرخ في 29 أوت 2019 والمتضمن تعيين السيد بودلاعة عمار

مديرا بالنيابة لجامعة العربي التبسي - تبسة،

- وبمقتضى المرسوم التنفيذي رقم: 12-363 المؤرخ في 8 أكتوبر 2012، المعدل والمتمم للمرسوم التنفيذي

رقم 08-09 المروج في: 04 جانفي 2009 والمتضمن إنشاء جامعة العربي التبسي - تبسة،

- وبمقتضى المرسوم التنفيذي رقم 08-265 المؤرخ في 17 شعبان عام 1429 الموافق 19 غشت سنة 2008 الذي

يحدد نظام الدراسات للحصول على شهادة الليسانس وشهادة الماستر وشهادة الدكتوراه، لاسيما المادة 9 منه،

- وبموجب القرار رقم 362 المؤرخ في 09 جوان 2014 الذي يحدد كفاءات إعداد ومناقشة مذكرة الماستر، لاسيما

المادة 7 منه،

- وبموجب القرار رقم 1080 المؤرخ في 13 أكتوبر 2015 والمتضمن تأهيل جامعة العربي التبسي - تبسة

لضمان التكوين لنيل شهادة الماستر تخصص جيوتقني بعنوان السنة الجامعية 2019 / 2020،

- وبموجب المقرر رقم 242 المؤرخ في 2020/05/21 والمتضمن تعيين لجنة مناقشة مذكرة الماستر،

وبعد الاطلاع على تقرير لجنة المناقشة المؤرخ في 2020/05/21؛

يقرر ما يأتي:

المادة الأولى: يُرخصُ للطالب (ة) لمرابط الناجي، المولود (ة) بتاريخ 1987/04/06 ب الغايرة - موريتانيا،

بمناقشة مذكرة الماستر والموسومة ب

Etude et identification géomécanique des agrégats

المادة 2: يكلف رئيس قسم المناجم والجيوتكنولوجيا بتنفيذ هذا المقرر الذي يسلم نسخة عنه إلى الطالب

المعني بالمناقشة وأعضاء لجنة المناقشة فور توقيعه، وبضمن نشره عبر فضاءات المؤسسة المادية والرقمية.

المادة 3: تُحفظ نسخة عن هذا المقرر ضمن الملف البيداغوجي للطالب المعني وينشر في النشرة الرسمية

لجامعة العربي التبسي - تبسة.

حُرر بتبسة، في: 2020/05/21

عن المدير، وبتفويض منه

مدير المعهد

مدير معهد المناجم بالنيابة

د. عولمي زويير



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة العربي التبسي - تبسة

مقرر رقم 244 مؤرخ في 2020/05/21 يتضمن تعيين لجنة مناقشة مذكرة ماستر.

إن مدير جامعة العربي التبسي - تبسة،
- بمقتضى القرار الوزاري رقم 351 المؤرخ في 29 أوت 2019 والمتضمن تعيين السيد بودلاعة عمار مديرا بالنيابة لجامعة العربي التبسي - تبسة،
- وبمقتضى المرسوم التنفيذي رقم: 12-363 المؤرخ في 8 أكتوبر 2012، المعدل والمتمم للمرسوم التنفيذي رقم 09-08 المرّوج في: 04 جانفي 2009 والمتضمن إنشاء جامعة العربي التبسي - تبسة،
- وبمقتضى المرسوم التنفيذي رقم 08-265 المؤرخ في 17 شعبان عام 1429 الموافق 19 غشت سنة 2008 الذي يحدّد نظام الدراسات للحصول على شهادة الليسانس وشهادة الماستر وشهادة الدكتوراه، لاسيما المادة 9 منه،
- وبموجب القرار رقم 362 المؤرخ في 09 جوان 2014 الذي يحدّد كفاءات إعداد ومناقشة مذكرة الماستر، لاسيما المادتان 10 و 11 منه،
- وبموجب القرار رقم 1080 المؤرخ في 13 أكتوبر 2015 والمتضمن تأهيل جامعة العربي التبسي - تبسة لضمان التكوين لنيل شهادة الماستر تخصص جيوتقني بعنوان السنّة الجامعية 2019 / 2020،
- وبعد الاطلاع على محضر المجلس العلمي لمعهد المناجم المؤرخ في 2020/05/20،
يقرر ما يأتي:

المادة الأولى: تُعيّن بموجب هذا المقرر لجنة مناقشة مذكرة الماستر المحضرة من طرف الطالب (ة):
لمرابط الناجي، المولود (ة) بتاريخ 1987/04/06 ب الغايرة - موريتانيا، والموسومة ب

Etude et identification géomécanique des agrégats

والمسجل (ة) بمعهد المناجم

المادة 2: تتشكل اللجنة المشار إليها في المادة الأولى من الأعضاء الآتي ذكرهم:

رقم	الاسم واللقب	الرتبة	مؤسسة الانتماء	الصفة
1	سرحان براهيم	أستاذ مساعد - أ	جامعة العربي التبسي - تبسة	رئيسا
2	دنيا عمراني	أستاذة مساعدة - أ	جامعة العربي التبسي - تبسة	مشرفة
3	ياسين براح	أستاذ محاضر - ب	جامعة العربي التبسي - تبسة	ممتحنا

المادة 3: يكلف رئيس قسم المناجم والجيوتكنولوجيا بتنفيذ هذا المقرر الذي يُسلم نسخة عنه إلى كلّ من الطالب المعني والمشرّف على المذكرة وأعضاء لجنة المناقشة فور توقيعه.

المادة 4: تحفظ نسخة عن هذا المقرر في الملفّ البيداغوجي للطالب المعني، وينشر في النشرة الرسمية لجامعة العربي التبسي - تبسة.

حرّر بتبسة، في: 2020/05/21

عن المدير، وبتفويض منه

مدير المعهد

مدير معهد المناجم بالنيابة

د. عبد الحفيظ الوبيسر



الشركة الوطنية لإنجاز البنية التحتية للسكك الحديدية INFRAFER هي شركة اقتصادية عامة. إنها نتيجة لعملية إعادة هيكلة شركة النقل بالسكك الحديدية الوطنية (SNTF) التي تعتبر واحدة من شركات النقل القليلة التي تغذي الحاجة إلى تبسة للركام ، ولديها قاعدة صناعية وإمكانات إنتاجية حيث توجد تعتبر رائدة أعمال السكك الحديدية في الجزائر. يقدم هذا العمل حول البحث الببليوغرافي دراستين مهمتين للغاية ، الأولى هي جيولوجيا المحجر ، وطريقة الاستغلال ، والمنتجات الرئيسية لهذا القطاع.. والثاني دراسة لتحديد المنتجات الجي وميكانيكية لمنتجات وحدة "الركام" من خلال ثلاثة أنواع من الاختبارات الرئيسية: الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية حسب المعايير الأوروبية لتلك المصنفة حسب استخدامها في المجالات. الهندسة المدنية.

الكلمات المفتاحية: الركام ، INFRAFER ، التعريف ، التصنيف.

Abstract:

The National Company for the Realization of Railway Infrastructure INFRAFER is an economic public company. It is the result of the restructuring operation of the national railway transport company (SNTF) considers one of a few carriers who feed the need for Tébessa for aggregates, it has an industrial base production and a potential for it. Considered as the leader of railway works in Algeria. This work mainly over bibliographic research presents two very important studies, the first are the geology of the quarry, method of exploitation, the main products of this sector. The second is a study for the geomechanical identification of the products of the "aggregates" unit by three types of main tests: physical, chemical and mechanical according to European standards for those classified according to their use in the fields. of civil engineering.

Keywords: Aggregate, INFRAFER, identification, classification.

Résumé :

L'Entreprise Nationale de Réalisation d'Infrastructures Ferroviaires INFRAFER est une entreprise publique économique. Elle est issue de l'opération de restructuration de la société nationale des transports ferroviaires (SNTF) considéré l'un de quelques carriers qui nourrir la nécessité de Tébessa aux granulats, elle dispose une base industrielle et d'un potentiel de production ou elle est considérée comme le leader des travaux ferroviaires en Algérie. Ce travail principalement plus de la recherche bibliographique présente deux études très important, la première sont la géologie du carrier, méthode d'exploitation, les principaux produits de ce secteur. Le deuxième c'est une étude pour l'identification géomécanique des produits de l'unité « les agrégats » par trois types des essais principales c'est : physiques, chimiques et mécaniques selon les normes européenne pour les classées suivant leur utilisation dans les domaines de génie civil.

Mots clés : Agrégats, INFRAFER, identification, classification.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à :

- *Mon très cher père, qui me nourrit toujours de ses sages conseils.*
- *Ma très chère mère, celle qui m'apporte toujours sans condition son amour*
- *Mes chers frères et mes sœurs, qui me soutiennent toujours*
- *Toute ma grande famille lemrabott*
- *Tous mes professeurs*
- *Tous mes amis et mes collègues*
- *Tous mes amis à l'université*

Enfin, toute ma reconnaissance envers ma famille surtout mes très chers parent, mes amis et mes collègues d'étude qui m'ont apporté leur soutien tout au long de ma démarche.

Remerciement

*Je tiens tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et
miséricordieux, qui ma donnée la force et la patience d'accomplir ce*

Modeste travail.

*En second lieu, je tiens à remercier mon encadreur M^d D. Amrani,
pour son soutien précieux, conseil et son aide durant toute la période du
travail.*

*Les membres du jury pour l'intérêt qu'ils portent à cette recherche en
acceptant d'examiner mon travail Et de l'enrichir par leurs
propositions.*

*J'adresse mes vifs remerciements également à l'ensemble du staff
d'enseignants du Département de Génie Mine et, qui a contribué à
ma formation durant mon cursus d'étude universitaire.*

*Enfin, je tiens nous également à remercier toutes les personnes qui ont
participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

SOMMAIRE	page
Introduction générale	01
<i>CHAPITRE I : Les Agrégats</i>	
I- Introduction	03
II- Les agrégats	03
III- Les différents types des agrégats	03
III.1- les agrégats de Van der Waals	03
III.1.1. les agrégats métalliques	04
III.1.1.2. les agrégats ioniques	04
III.1.1.3. les agrégats covalents	05
III.2. Les Agrégats nature	05
III.2.1. Les Roches	05
III.2.2. Les Différents Types Des Roches	06
III.2.2.1. Roche sédimentaire	06
III.2.2.2. Roche métamorphique	07
III.2.2.3. Roche magmatique	08
III.2.3. Classifications des roches	09
III.2.4. les soles	10
III.2.4.1. Les différents types des soles	11
III.2.5. Les soles fines	12
III.2.5.1. compositions minéralogiques de soles fines	12
III.2.5.1.1. les minéraux primaires	12
III.2.5.1.2. les minéraux secondaires	13

III.2.5.1.3. les matières organiques	13
III.2.5.2. Les différents types des soles fines	13
III.2.5.2.1. Les argiles	13
III.2.5.2.2. Les limons	14
III.2.5.2.3. Les marne	15
III.2.5.2.4-La vase	16
III.3. Les agrégats artificiels (béton légère)	18
III.3.1. Les types de béton léger	18
III.3.1.1. Béton-gaz autoclavé	18
III.3.1.2. Agrégats légères	18
IV. Les granulats	18
IV.1. Les différents types des granulats	19
IV.1.1. les granulats naturels	19
IV.1.1.2. les granulats artificiels	20
IV.1.1.3. Les granulats recycles	22
IV.2. les caractéristiques des granulats	24
IV.2.1. Les caractéristiques géométriques des granulats	24
IV.2.2. Caractéristique physique	26
IV.2.3. Caractéristiques chimiques	28
IV.2.4. Caractéristiques mécanique	28
V. Conclusion	29

CHAPITRE II : LA SITUATION GEOGRAPHIQUE ET LA GEOLOGIE DE LA CARRIERE HAMMIMET

I- Introduction	30
-----------------------	-----------

II-	Situation Géographique du Site	30
III-	Climatologie de la région morsott-boulhaf	31
IV-	Géologie de la région	31
IV.1	la stratigraphie	32
IV.1.1.	Formation dominante marneuse cénomanien	32
IV.1.2.	Formation des calcaires massifs de l'Aptien	32
V.	Hydrologie	33
VI.	Réseau hydrographique de la région d'implantation du projet	33
VII.	Réseau hydrographique de la région d'implantation du projet	34
VIII.	Tectonique	34
IX.	Les substances utiles	35
X.	Conclusion	36

CHAPITRE III : CARRIERE HAMIMMRT

I.	Introduction	37
II.	Présentation de l'entreprise INFRAFER	37
III.	La carrière hammimet nord	37
IV.	Préparation mécanique	38
IV.1.	Concassage	38
IV.2.	Concassage Primaire	39
V.	Broyage	40
V.1.	Primaire broyage	40
V.2.	Deuxième broyage	41
VI.	Criblage.....	42
VII.	Conclusion	43

CHAPITRE IV : Identification d'un agrégat : Cas d'étude

<<Carrière Hammimet Nord-Tébessa>>

I.	INTRODUCTION	44
II.	Propriétés d'agrégat de la zone du Hammimet nord.....	44
III.	Résultats des essais d'identification d'agrégat « granulat» de la carrière Hammimet nord (Cas d'étude)	45
III.1.	La teneur en eau	45
III.2.	Analyse granulométrique	46
III.3.	Coefficient de forme	49
III.4.	Masse volumique	51
III.5.	Micro Deval humide	52
III.6.	Deval sec	53
III.7.	Los Angles	54
IV.	NOS GRANULATS DANS LES DOMAINES DE GENIE CIVIL	55
IV.1.	Béton	55
IV.2.	Domaine Routière	56
V.	Conclusion	58

CONCUSION GENRALE59

REFERENCE BIBILIOGRAPHIQUE

LISTE DES TABLEAUX

	page
Tableau I.1 : Dénominations recommandées des roches et des principales familles pétrographiques (AFTES, 2003)	10
Tableau I.2 : Les types de sols.....	11
Tableau I.3 : Les plus simples définitions des faciès d'après Allen (Cité par Boutouil, 2000)	17
Tableau I.4 : Séries de tamis employés pour la détermination du module de finesse du sable.....	25
Tableau IV.1 : Propriétés physique et mécanique.....	44
Tableau IV.2: Composition chimique de la roche.....	45
Tableau IV.3: Représentation de la division l'échantillon.....	46
Tableau IV.4: Les résultats d'essais granulométrique.....	47
Tableau IV.5 : Coefficient de forme.....	49
Tableau IV.6: Classes granulaires des granulats.	50
Tableau IV.7 : Valeurs des masses volumiques (T/m^3).....	51
Tableau IV.8 : Classification des granulats en fonction de la masse volumique.....	51
Tableau IV.9: Micro Deval humide.....	52
Tableau IV.10 : Deval sec	53
Tableau IV.11: Los Angles.....	54
Tableau IV.12 : Valeurs repères de LA.....	54
Tableau IV.13 : Classification des granulats suivant leurs coefficients LA et MDE.....	55

Tableau IV.14 : Les seuils de LA et de MDE d'après les normes de béton.....	56
Tableau IV.15 : Les seuils de LA et de MDE d'après les normes routières	56

LISTE DES FIGURES

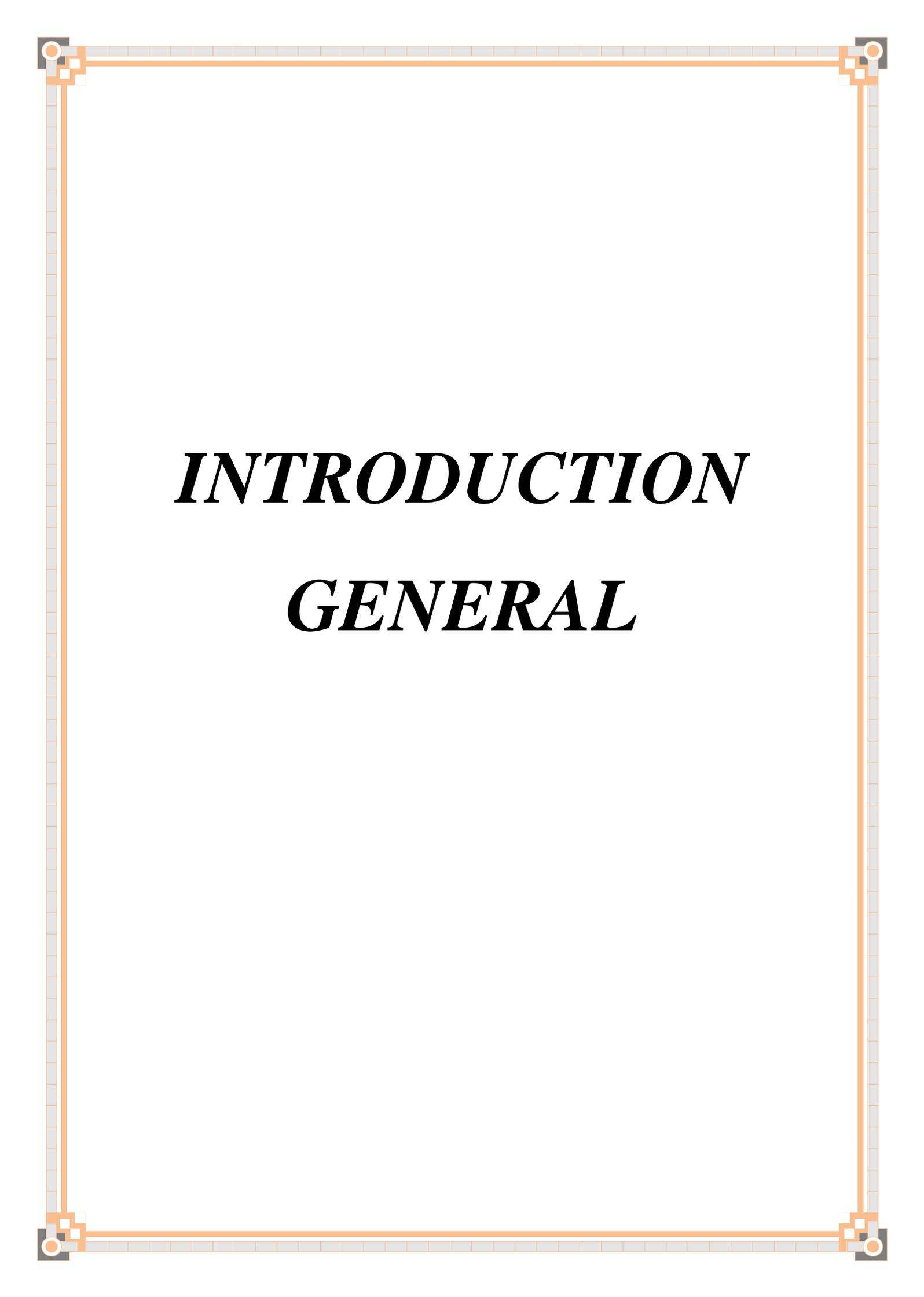
	page
Figure I.1 : mobilité électronique dans des agrégats des gaz rare	04
Figure I.2 : tour métallique industrielle d'agrégats.....	04
Figure I.3 : molécule d'agrégats ionique	05
Figure I.4 : les agrégats covalents d'électron	05
Figure I.5 : roche sédimentaire	07
Figure I.6 : roche métamorphique	08
Figure I.7 : roche magmatique	09
Figure I.8 : argile (forum.permaculture.fr/viewtopic.php?f=85&t=11465)	14
Figure I.9 : Limon (photos-afes.fr/picture.php ?/270)	15
Figure I.10 : les marnes (www.karakas-francais.ch/geotechnique.html)	16
Figure I.11 : Photos des différents types de granulats.....	20
Figure I.12 : Schéma d'installation de production de granulats recyclés	23
Figure I.13 : forme granulat	26
Figure II.1 : situation géographique de la région	30
Figure II.2 : carte géologie de la région de Morsott (d'après la carte géologique de Morsott au 1/50000 et la localisation de la coupe étudiée)	35
Figure III.I : carrière hammimet nord	38
Figure III.2 : le traitement du minerai dans le concasseur	38
Figure III.3 : le transport du minerai par convoyeur à bande	39
Figure III.4 : concassage primaire	39
Figure III.5 : le broyeur	40

Figure III.6 : transport de la charge par convoyeur	41
Figure III.7 : le stockage finale (0/3) mm	42
Figure III.8 : le stockage -2-(25/50)	42
Figure III.9 : le stockage -3-(15/25) mm	43
Figure IV.1 : Photos d'échantillon	45
Figure IV.2 : Echantillonneur pour gravier.....	46
Figure IV.3 : Courbe granulométrique d'échantillon N ⁰ 1	47
Figure IV.4 : Courbe granulométrique d'échantillon N ⁰ 2.....	47
Figure IV.5 : Courbe granulométrique d'échantillon N ⁰ 3.....	48
Figure IV.6 : Courbe granulométrique d'échantillon N ⁰ 4.....	48
Figure IV.7 : Courbe granulométrique d'échantillon N ⁰ 5	49
Figure IV.8 : Coefficient de forme.....	50
Figure IV.9 : Courbe représentative des masses volumiques.....	51
Figure IV.10 : Courbe représentative Coefficient DRG.....	52
Figure IV.11 : Courbe représentative MDE%.....	53
Figure IV.12 : Courbe représentative Deval sec.....	53
Figure IV.13 : Courbe représentative LA%.....	54
Figure IV.14 : Graphique de nuage de points représente les valeurs de LA%.	57
Figure IV.15 : Graphique de nuage de points représente les valeurs de MDE%.....	57
Figure IV.16 : Graphique de nuage de points représente de LA% en fonction de MDE%	58

LISTE DES FIGURES

	page
Figure I.1 : mobilité électronique dans des agrégats des gaz rare	04
Figure I.2 : tour métallique industrielle d'agrégats.....	04
Figure I.3 : molécule d'agrégats ionique	05
Figure I.4 : les agrégats covalents d'électron	05
Figure I.5 : roche sédimentaire	07
Figure I.6 : roche métamorphique	08
Figure I.7 : roche magmatique	09
Figure I.8 : argile (forum.permaculture.fr/viewtopic.php?f=85&t=11465)	14
Figure I.9 : Limon (photos-afes.fr/picture.php ?/270)	15
Figure I.10 : les marnes (www.karakas-francais.ch/geotechnique.html)	16
Figure I.11 : Photos des différents types de granulats.....	20
Figure I.12 : Schéma d'installation de production de granulats recyclés	23
Figure I.13 : forme granulat	26
Figure II.1 : situation géographique de la région	30
Figure II.2 : carte géologie de la région de Morsott (d'après la carte géologique de Morsott au 1/50000 et la localisation de la coupe étudiée)	35
Figure III.I : carrière hammimet nord	38
Figure III.2 : le traitement du minerai dans le concasseur	38
Figure III.3 : le transport du minerai par convoyeur à bande	39
Figure III.4 : concassage primaire	39
Figure III.5 : le broyeur	40

Figure III.6 : transport de la charge par convoyeur	41
Figure III.7 : le stockage finale (0/3) mm	42
Figure III.8 : le stockage -2-(25/50)	42
Figure III.9 : le stockage -3-(15/25) mm	43
Figure IV.1 : Photos d'échantillon	45
Figure IV.2 : Echantillonneur pour gravier.....	46
Figure IV.3 : Courbe granulométrique d'échantillon N ⁰ 1	47
Figure IV.4 : Courbe granulométrique d'échantillon N ⁰ 2.....	47
Figure IV.5 : Courbe granulométrique d'échantillon N ⁰ 3.....	48
Figure IV.6 : Courbe granulométrique d'échantillon N ⁰ 4.....	48
Figure IV.7 : Courbe granulométrique d'échantillon N ⁰ 5	49
Figure IV.8 : Coefficient de forme.....	50
Figure IV.9 : Courbe représentative des masses volumiques.....	51
Figure IV.10 : Courbe représentative Coefficient DRG.....	52
Figure IV.11 : Courbe représentative MDE%.....	53
Figure IV.12 : Courbe représentative Deval sec.....	53
Figure IV.13 : Courbe représentative LA%.....	54
Figure IV.14 : Graphique de nuage de points représente les valeurs de LA%.	57
Figure IV.15 : Graphique de nuage de points représente les valeurs de MDE%.....	57
Figure IV.16 : Graphique de nuage de points représente de LA% en fonction de MDE%	58



INTRODUCTION

GENERAL

INTRODUCTION GENEALE

Introduction générale :

Les agrégats sont une constituante fondamentale dans l'industrie de la construction résidentielle et des travaux publics. Par exemple, une résidence familiale nécessite en moyenne 100 tonnes d'agrégats. La consommation d'agrégats est particulièrement importante dans les grands travaux publics, les infrastructures et les réseaux de toute sorte, parce qu'ils sont à ce point indispensable à l'économie nationale.

Les agrégats font alors une partie des richesses naturelles au même titre que la forêt, l'agriculture, l'eau ...etc. Ils sont caractérisés comme suit :

- Ils sont disponibles dans la nature en quantité limitée;
- Ils ne sont pas renouvelables;
- Une fois utilisés, ils sont récupérables et recyclables.

Grâce à l'accessibilité de ses ressources en agrégats, l'Algérie a pu offrir des coûts d'infrastructures et de logement abordables.

Dans ce travail nous allons présenter une étude d'identification d'un agrégat par une caractérisation géomecanique ; qui est une matière première d'origine locale très important.

Et pour atteindre a l'objectif de cette mémoire j'ai fait un stage dans l'un des grandes sociétés dans ce milieu, c'est l'entreprise national des granulats, dans unité de Tébessa « La carrière d'INFRAFER Hammimet Nord-Tébessa » pour identifier et caractérisé les propriétés geomécanique possible des *agrégats* extraite de la roche mer.

Notre intérêt porte sur l'identification des échantillons élaborés par différentes expérimentales à savoir :

- La teneur en eau,
- L'analyse granulométrique,
- Le coefficient de forme,
- La masse volumique,
- L'usure de Micro-Deval MDE,
- La résistance a la fragmentation par chocs, los-Angeles LA,

INTRODUCTION GENEALE

- La résistance a la compression d'une roche nue,
- Absorption d'eau,
- Carbonate de calcium,
- Chlorure,
- Soufre total,
- Résidus insolubles,
- Matière soluble dans l'eau.....

Le travail de recherche présenté dans ce mémoire concerne les agrégats, ces origines, ces types, les différents types des roches et des sols et les granulats avec ces différents types et propriétés qui ont été choisies à titre d'exemples, avec leur origine et la nécessité d'une reconnaissance générale pour une étude approfondie.

Une recherche bibliographique sur les agrégats a été effectuée afin de bien connaître les roches du point de vue de leur constitution minéralogique, de la morphologie de leurs milieux poreux. L'examen des différents types de roches et de minéraux que l'on retrouve dans l'écorce terrestre, nous renseigne sur leurs caractéristique ainsi que leurs propriétés physique, chimique ou mécaniques et déterminent l'usage qu'en font les humains. Mais cette caractérisation est-ce que elles variée ou non, ou d'une autre façon et plus limité est-ce que les matériaux des constructions (granulats) perd sa caractéristique propre.

En plus d'une introduction, d'une conclusion générale et une liste des références bibliographiques, le mémoire est structuré en quatre chapitres :

- I- *Le premier chapitre concerne Les agrégats,*
- II- *Le deuxième chapitre concerne la situation géographique et géologique de la carrière INFRAFER Hammimet Nord-Tébessa,*
- III- *Le troisième chapitre présente une issus sur la Carrière INFRAFER Hammimet Nord –Tébessa,*
- IV- *Le quatrième chapitre présent une étude pour l'identification d'un agrégat : Cas d'étude « Carrière INFRAFER Hamimmet Nord-Tébessa »*



CHAPITRE I
LES
AGREGATS

I. Introduction :

La consommation d'agrégats est particulièrement importante dans les grands travaux publics, les infrastructures et les réseaux de toutes sortes. Parce qu'ils sont un point indispensable à l'économie nationale, les agrégats doivent être considérés à leur juste valeur dans la planification économique et l'aménagement du territoire. Les agrégats font partie des richesses naturelles au même titre que la forêt, l'agriculture, l'eau... La demande du public pour les agrégats vise la construction de routes, d'établissements d'enseignement, d'hôpitaux, d'habitations et d'entreprises. Les granulats, tels que le sable, les gravillons, pierre concassée etc..., sont des matériaux inertes qui constituent le squelette du béton. Dans la composition des bétons, il faut autant que possible, pour des raisons économiques et techniques, utiliser les matériaux locaux. En général, les sables et gravillons naturels alluvionnaires obtenus par criblage parfois avec concassage, sont satisfaisants, de même les roches éruptives ou sédimentaires concassés. Le recours à des granulats artificiels légers, qui sont des produits, tels que l'argile expansée, schistes expansés ou laitiers concassés, permet de formuler des bétons de densité réduite [1].

II. Les agrégats :

En effet, un agrégat est un assemblage hétérogène de substances ou éléments qui adhèrent solidement entre eux (le mortier ou le béton par exemple).

Ou on donnera le nom de *granulats* à un ensemble de grains inertes destinés à être agglomérés par un liant et à former un agrégat.

III. Les différents types des agrégats :

Différents types d'agrégats homogènes ou hétérogènes peuvent être définis en fonction de la nature de la force assurant la liaison entre les constituants parmi ceux-ci on peut distinguer :

- ✓ Les agrégats de Van der Waals ;
- ✓ Les agrégats métalliques ;
- ✓ Les agrégats ioniques ;
- ✓ Les agrégats covalents.

III.1. les agrégats de Van der Waals : ils sont liés par des forces dispersives ou dipolaires, Les électrons restent localisés sur les atomes ou les molécules, dont les propriétés sont peu perturbées par les voisins [2].

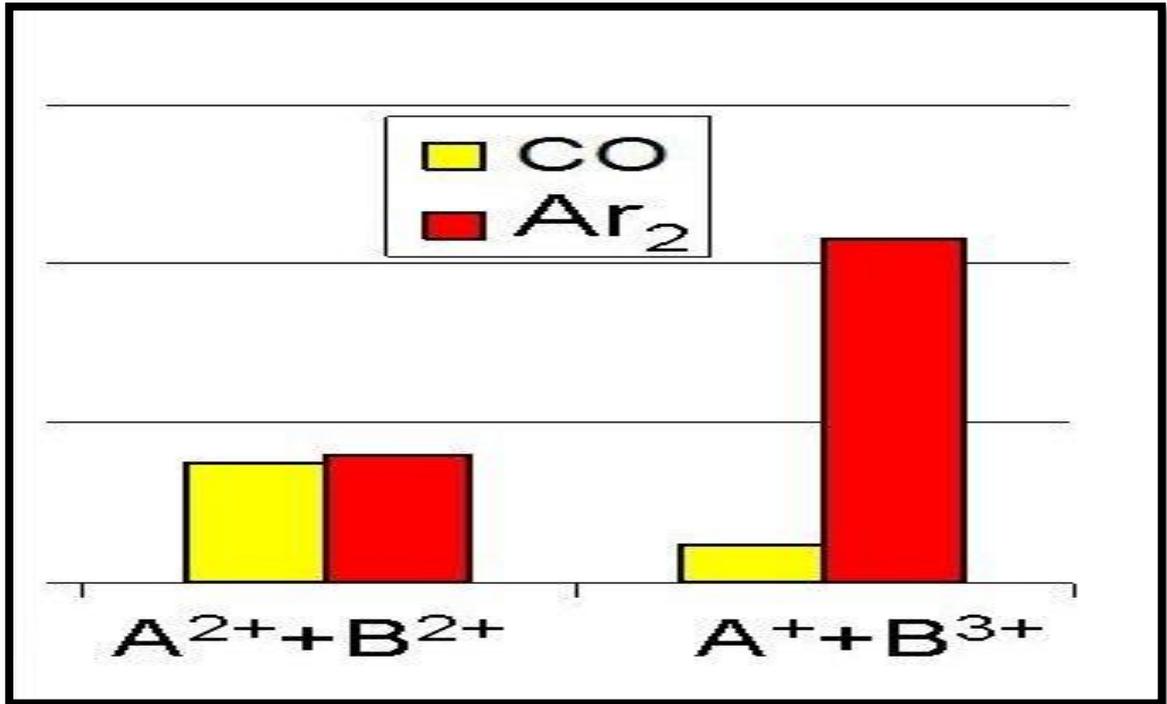


Figure I.1 : mobilité électronique dans des agrégats des gaz rare [3].

III.1.1. les agrégats métalliques : ils sont liés par l'interaction électrostatique entre les électrons de valence délocalisés sur l'ensemble de l'agrégat et le coeur ionique.

Exemples : alcalins, Al, Cu [2].



Figure I.2 : tour métallique industrielle d'agrégats de carrière de sable [4].

III.1.1.2. les agrégats ioniques : Les électrons restent localisés sur les atomes ou molécules qui sont liés par une interaction de type ionique (force coulombienne agissant entre des sites de l'agrégat de charges opposées).

Exemple : NaCl.

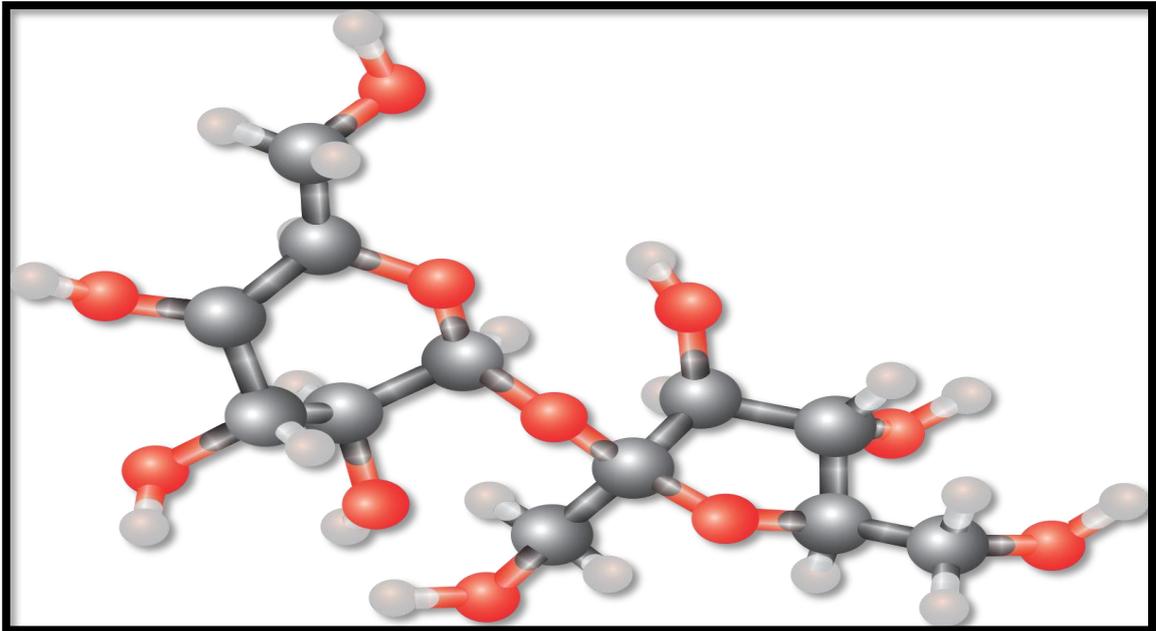


Figure I.3 : molécule d'agrégats ionique [5].

III.1.1.3. les agrégats covalents : sont liés par l'appariement des électrons de valence (Électrons partiellement délocalisés). La liaison est forte.

Exemples : C, Si [2].

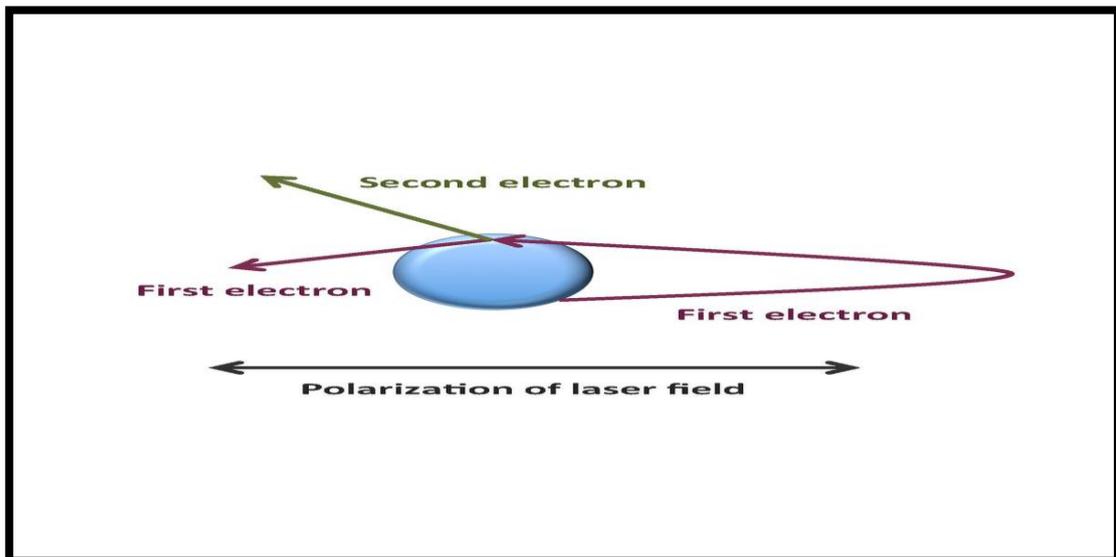


Figure I.4 : les agrégats covalents d'électron [6].

III.2. Les Agrégats nature

III.2.1. Les Roches

En géotechnique, une roche est un agrégat naturel massif de matière Minérale. En géologie, on appelle roche tout élément constitutif de l'écorce Terrestre.

Cela recouvre donc les roches au sens géotechnique, mais aussi le sol, le pétrole, l'eau des nappes, etc.

III.2.2. Les Différents Types Des Roches

III.2.2.1. Roche sédimentaire : Les roches sédimentaires se constituent à la surface de la Terre. Elles présentent une très grande variété, mais, dans la plupart des cas, l'eau douce ou marine est étroitement liée à leur mode de formation, Selon celui-ci, trois catégories principales sont distinguées :

a) Les roches détritiques : Sont constituées de débris de roches préexistantes plus ou moins cimentés naturellement entre eux, selon la taille de ces débris, on distingue par ordre décroissant :

-les galets et graviers (meubles) et les conglomérats (cimentés) ;

-les sables (meubles) et les grès (cimentés) ;

-les limons et argiles (meubles) et les argilites ou pélites, issues de vases fortement consolidées, sont constitués de particules minérales invisibles à l'œil nu.

b) Les roches d'origine chimique :

Se forment par précipitation dans l'eau, lorsque les concentrations maximales de sels dissous sont atteintes. Ces conditions sont bien réalisées lorsque l'évaporation est forte. D'où le nom d'évaporites souvent donné à ce type de roche, en tout cas aux roches issues des sels les plus solubles : La halite (300 g/l) donnant le sel gemme ; le gypse et l'anhydrite (2 à 3 g/l) donnant les roches de même nom. Les calcaires sont principalement constitués de calcite (CaCO_3). La calcite est susceptible de précipiter pour de faibles concentrations qui sont facilement atteintes dans la nature. La concentration maximale possible dépend beaucoup de la température, du pH et de la quantité des autres sels dissous ; elle reste en dessous de 0,2 g/l . Formée d'un carbonate double $[\text{Ca}, \text{Mg}, (\text{CO}_3)_2]$, la dolomie est une roche voisine des calcaires, en dérivant parfois, par substitution d'un Ca par un Mg en présence d'eau salée.

c) Les roches d'origine biologique

Se forment à partir des vestiges d'organismes vivants (les «fossiles »). On distingue :

- des roches d'origine végétale, comme les lignites, les charbons, la houille... La décomposition d'organismes végétaux amène parfois à la formation d'hydrocarbures (bitume, pétrole...) qui peuvent rester piégés dans des roches sédimentaires poreuses

- des roches d'origine animale, comme la craie formée d'un arrangement de squelettes de débris organiques (micro-organismes planctoniques et également micro-algues) ou les lumachelles, sorte de conglomérat de coquilles d'animaux marins....

d) Les roches d'origine mixte

qui combinent des éléments détritiques et chimiques (comme les **marnes**, mélange équilibré d'argile et de calcaire, ou encore des éléments chimiques et organiques (roches d'origine biochimique comme les calcaires coquilliers), des éléments détritiques et organiques (roches d'origine biodétritique comme les grès fossilifères), ou encore les trois origines (marnes fossilifères...).[7].



Figure I.5 : roche sédimentaire [8].

III.2.2.2. Roche métamorphique : Les roches métamorphiques ont une histoire géologique complexe. Leur nature et leur structure initiale ont été transformées par suite d'une augmentation de pression et/ou de température, comme on peut les

imaginer au cours d'un enfouissement de sédiments et/ou d'une collision continentale aboutissant à la formation d'une chaîne de montagnes. Ces augmentations ont permis de nouvelles cristallisations par jeu ou rejoue d'équilibres chimiques. Si la pression est plus forte dans une direction (contrainte principale majeure 1), les nouveaux cristaux vont acquérir une forme aplatie, perpendiculairement à cette contrainte majeure.

Ici aussi, deux catégories principales sont distinguées :

a) les roches massives

Sont résistantes ; la direction préférentielle des cristaux est soit visible à l'œil nu comme dans le gneiss, soit invisible comme dans le quartzite (+ de 95 % de quartz) ou le marbre blanc (+ de 95 % de calcite) ;

b) les roches schisteuses

Se débitent facilement en plaques, selon la direction d'aplatissement des minéraux. Selon que les cristaux sont visibles à l'œil nu ou non, on aura principalement les micaschistes.



Figure I.6 : roche métamorphique [9].

III.2.2.3. Roche magmatique : Issues du magma profond, elles sont subdivisées en deux catégories principales :

a) les roches volcaniques

Se forment lors d'éruptions volcaniques. Le magma est alors refroidi très rapidement. Ceci entraîne que les minéraux ne sont pas toujours cristallisés et en tout cas, que les cristaux sont pour la plupart de très petite taille. Des gaz présents dans le magma vont

aussi s'échapper dans l'atmosphère, laissant des « bulles » à l'intérieur de la roche.

La « pâte volcanique » (aspect visuel des roches volcaniques) se caractérise par une couleur homogène (verres éventuels et cristaux tous invisibles à l'œil nu) et la possibilité de bulles et de quelques gros cristaux visibles, « flottant » dans la pâte (analogie d'aspect avec un gâteau de type cake). Les roches volcaniques les plus courantes sont les basaltes (80 % des émissions volcaniques). Selon le mode d'éruption on a plutôt des projections (avec alors beaucoup de bulles comme dans la pierre ponce ou la pouzzolane) ou des coulées assez fluides (basaltes) Le volcanisme associé est de type « effusif ». Les laves plus riches en silice (rhyolites et andésites) sont plus visqueuses et susceptibles de donner beaucoup de projections et de cendres Le volcanisme associé est de type « explosif ».

b) les roches plutoniques

Correspondent à du magma remonté lentement vers la surface, sans parvenir à provoquer une éruption. C'est l'érosion ultérieure qui permet à ces roches d'affleurer aujourd'hui, en particulier au cœur de la plupart des chaînes de montagne. [7].

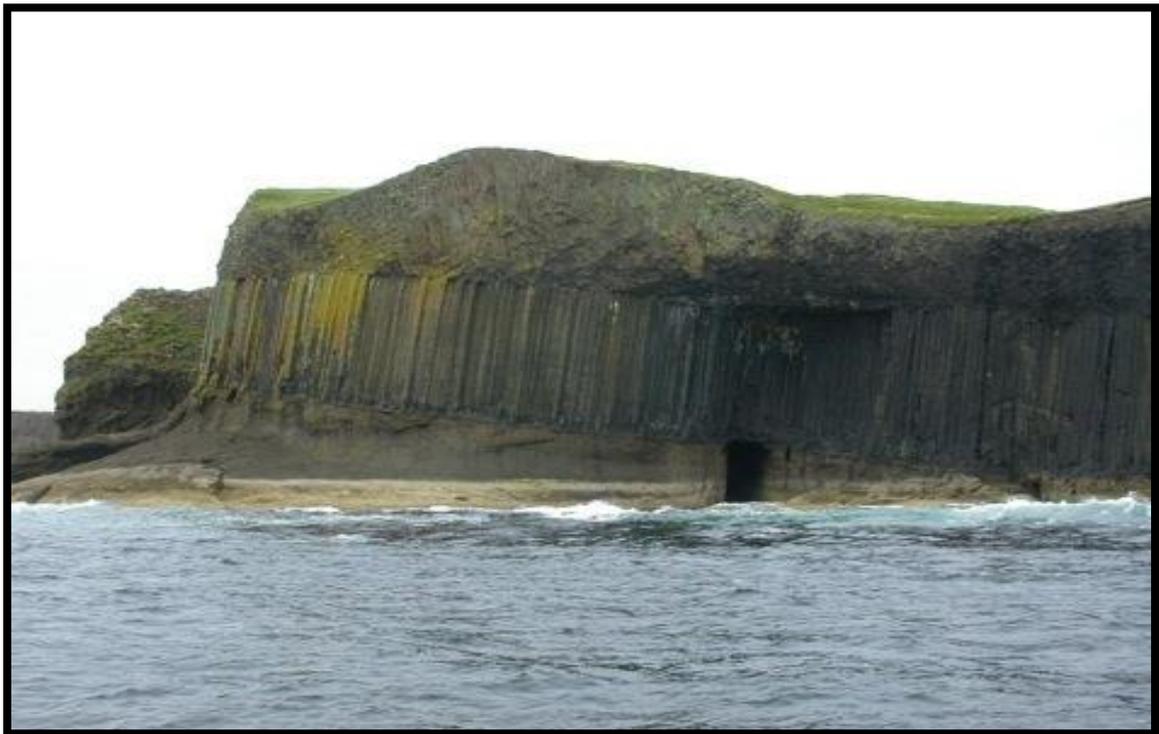


Figure I.7 : roche magmatique [10].

III.2.3. Classifications des roches :

Il est plus simple de classer les roches d'après leur origine que d'après leur composition minéralogique (minéralogiquement parlant, il n'y a pas 2 roches rigoureusement

semblables !), c'est donc une classification géologique des roches, c'est-à-dire « génétique » qu'il faut préconiser ; mais en la simplifiant encore largement, pour ramener la grande variété des roches à une série de familles et de sous-ensembles pétrographiques principaux : par exemple , dans le cas de la classification des roches recommandée par l'AFTES (Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain) que nous présentons au tableau I.1.[11].

Tableau 1.1 : Dénominations recommandées des roches et des principales familles pétrographiques (AFTES, 2003) [11].

ROCHES MAGMATIQUES	Famille des Granites	Granite, granodiorite, syénite, microgranite, <i>rhyolite, rhyodacite, trachyte, ...</i>
	Famille des Diorites	Diorite, diorite quartzique, microdiorite, <i>andésite, dacite, trachy-andésite, ...</i>
	Famille des Basaltes et Gabbros	Gabbro, dolérite, serpentinite, péridotite, <i>basalte, pouzzolane, ...</i>
ROCHES METAMORPHIQUES	Roches métamorphiques massives	Gneiss, amphibolite, cornéenne, quartzite, marbre, leptynite, ...
	Roches métamorphiques schisteuses	Schiste, micaschiste, ardoise, calcschiste, ...
ROCHES SEDIMENTAIRES	Roches carbonatées	Calcaire, craie, dolomie, cargneule, travertin, marne, ...
	Roches détritiques	Grès, arkose, argilite, pélite, conglomérat, ...
	Roches salines	Sel gemme, gypse, anhydrite, potasse, ...
	Roches carbonées	Charbon, lignite, ...

III.2.4. les soles

Le sol est défini par opposition au mot roche, dans sa définition géotechnique C'est un agrégat naturel de grains minéraux, séparables par une action mécanique légère, le sol est le résultat d'une altération naturelle physique ou chimique des roches On conçoit

donc que la limite entre un sol et une roche altérée ne soit pas définie nettement ,Le sol est un matériau meuble, ce caractère étant fondamental , Il ne suffit cependant pas à définir un sol naturel car certains matériaux produits par l'homme présentent aussi ce caractère ; Par exemple les sous-produits miniers et les granulats concassés (sable, gravier, ballast...) sont aussi des matériaux meubles Le mécanicien des sols étudie donc aussi bien des sols naturels que des matériaux fabriqués artificiellement à partir de sols ou de roches et présentant un caractère meuble.

III.2.4.1. Les différents types des soles : Les différents types de sols On identifie selon la dimension de leurs particules. C'est une méthode assez rapide qui fournit des renseignements élémentaires sur les principales propriétés des sols. le ministère des Transports du Québec identifie les six (6) types de sols suivants :

Tableau I.2 : Les types de sols.

Type	Dimension
Blocs	> 300
Cailloux	300—80
Graviers	80—5
Sables	5—0,08
Silts	0,08—0,002
Argiles	< 0,002

Les cailloux et les blocs se caractérisent par une très grande perméabilité.

Ils sont utilisés comme matériaux de masse pour augmenter la stabilité des ouvrages ou pour prévenir l'érosion par l'eau. Les graviers et les sables constituent les matériaux granulaires les plus utilisés en génie civil. Ce sont des sols qui présentent une bonne perméabilité et se compactent assez facilement. Ces sols sont utilisés comme matériaux de fondation dans un nombre important d'ouvrages de génie, tels que routes, viaducs, voies ferrées, pistes d'atterrissage et bâtiments. On les emploie également comme matériaux de drainage et de filtration, notamment dans des barrages et digues en terre, les fondations de bâtiments et les usines de filtration. Ils sont également utilisés pour la confection du béton de ciment et des enrobés bitumineux. Le silt ne peut supporter des charges aussi importantes que les sables et les graviers. Sa compressibilité est assez élevée ce qui occasionne des tassements accrus. Quant à sa perméabilité, elle est très

faible. Les caractéristiques du silt en font le sol le plus gélif, c'est-à-dire que ce type de sol est affecté par des soulèvements importants durant la saison hivernale et qu'il subit une importante perte de capacité portante lors du dégel printanier. L'argile est constituée de particules cristallines qui proviennent de la décomposition chimique des constituants du roc. L'argile étant pratiquement imperméable, elle est souvent employée comme matériau d'étanchéité dans les noyaux de barrages en terre ou de digues. Toutefois, sa compressibilité est élevée et, en général, les charges qu'elle peut supporter sont de loin inférieures à celles que supportent le gravier et le sable. Les particules d'argile, contrairement à celles des autres types de sols, sont attirées les unes vers les autres et se regroupent. Cette attraction, qui porte le nom de cohésion, est à l'origine de la consistance. Dans des conditions d'humidité favorables, la consistance est telle que l'argile devient plastique et qu'il est possible de la façonner, une opération pratiquement irréalisable avec les graviers ou les sables [12].

III.2.5. Les soles fines

Comme tous les autres types de sols fins sont des matériaux meubles issus de la dégradation et de la décomposition des roches par des agents atmosphériques et des activités biologiques. Ils sont caractérisés par une forme en feuillet (le rapport de la longueur sur l'épaisseur est supérieur à 10). Ce qui donne aux particules une apparence semblable à celle d'une feuille de papier. En général , ces particules sont plus flexibles que les particules volumineuses. Les sols qui en sont constitués sont donc plus compressibles et ils se déforment facilement sous l'effet d'une charge statique, par contre, ils peuvent présenter une meilleure stabilité face aux vibrations et aux chocs.

III.2.5.1. compositions minéralogiques de soles fines :

Les sols sont généralement le résidu de l'altération de différents types de substrats rocheux ou meubles, leur composition minéralogique dépend donc directement de celle de la roche mère. Cependant, l'altération peut modifier cette composition. Les particules solides des sols sont composées de divers minéraux. Ils sont souvent classés en quatre catégories (minéraux primaires, minéraux secondaires, sels et matières organiques) suivant leur composition, leur mode de formation et leur cause de formation,(xianglingLI,1999).

III.2.5.1.1. les minéraux primaires :

Ce sont les minéraux résiduels qui échappé à l'altération, ils sont stables (ils conservent alors la signature minéralogique et géochimique des matériaux source), ou instables

(n'ayant pas subi suffisamment les effets de l'altération). Le quartz, les micas qui se retrouvent dans diverses fractions granulométriques sont les minéraux primaires les plus abondants dans les sols. Ils peuvent résulter d'une simple érosion des substrats avec tris granulométriques au cours de la sédimentation. Cette catégorie de minéraux se retrouve souvent dans les sols grenus (sables grossier, graviers, etc.).

III.2.5.1.2. les minéraux secondaires :

Ils résultent de la transformation (ou dégradation) géochimique des minéraux primaires, ce qui implique donc un changement de statut minéralogique accompagné d'une réduction de taille. Ils comprennent divers types de minéraux argileux (simples ou inter stratifiés), ainsi que des hydroxydes ou oxydes généralement de Fe. Les minéraux argileux se cantonnent dans une gamme granulométrique comprise entre le micron et quatre microns.

III.2.5.1.3. les matières organiques :

Elles résultent de la transformation hydrolytique ou biologique des résidus végétaux à la surface des sols. La matière organique, à raison de quelques pour-cent, peut être présente dans les sédiments. Elle se caractérise par une forte capacité de rétention d'eau, ainsi, agit sensiblement sur le comportement géomécanique d'un matériau argileux [13].

III.2.5.2. Les différents types des soles fines :

les sols fins sont les matériaux dans lesquels les particules de nature argileuse occupent une place prédominante cependant, lorsque les particules argileuses sont supérieures à 30%, et les particules grossières sont inférieures à 10%, le matériau est classé comme étant un sol fin, les sols à grains fins regroupent évidemment tous les sols dont les particules sont invisibles à l'œil nu, suivant la classification des sols par granulométrie, le vocable sols fins désigne en général les argiles, les limons, les marnes...

III.2.5.2.1. Les argiles :

Les argiles sont des roches sédimentaires à grains fins, de taille inférieure à 5 µm composée pour une large part de minéraux spécifiques, silicates en général, d'aluminiums plus ou moins hydratés, qui présentent une structure feuilletée qui explique leur plasticité, ou bien une structure fibreuse qui explique leurs qualités d'absorption. Elles absorbent l'eau et forment une pâte imperméable (perméabilité inférieure à 0,2 mm/h), appelée couramment terre glaise, colorée par des oxydes de fer en ocre, rouge, vert. Les argiles peuvent être gonflantes, notamment celles de la famille des Montmorillonites lorsqu'elles absorbent l'eau et, au contraire, diminuer de volume sous l'effet de la sécheresse, allant jusqu'à fissurer en surface et même sur une

profondeur de 2 m à 4 m. Par ailleurs, sous l'effet d'une charge, par exemple celle d'une construction, une partie de l'eau absorbée contenue entre les grains d'argile est chassée, ce qui a pour conséquence de provoquer un tassement sensible du sol.

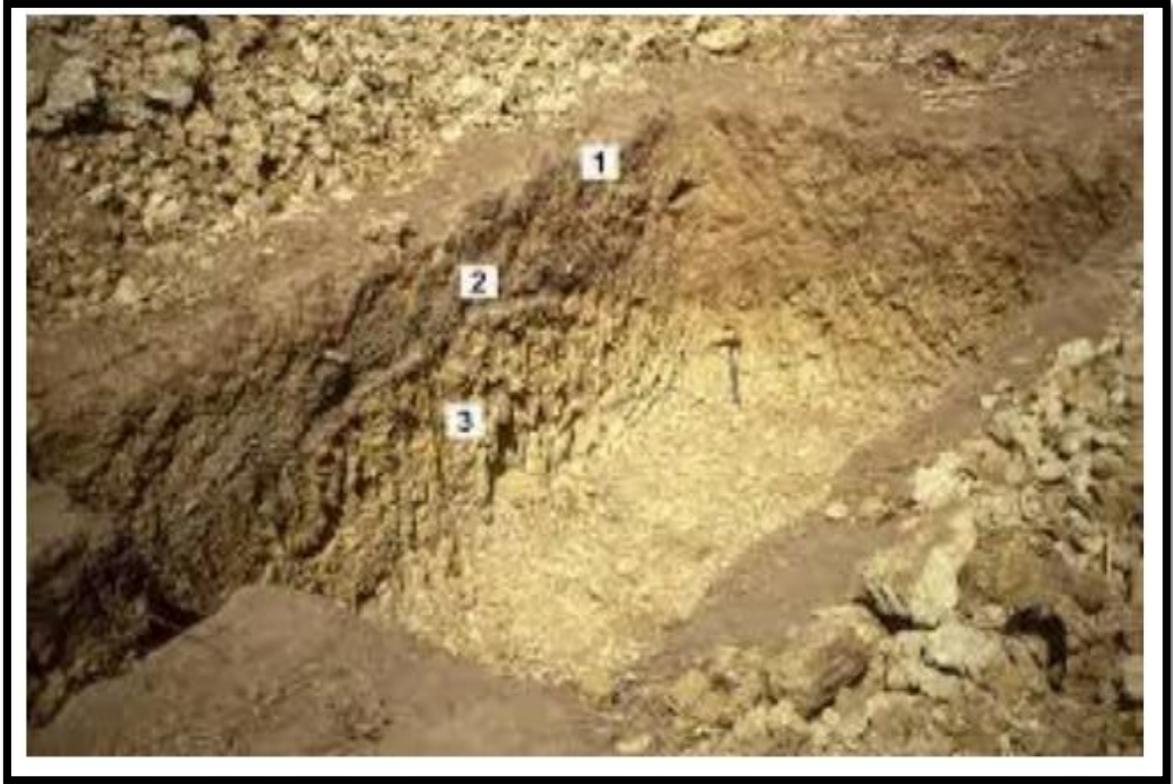


Figure I.8 : argile [14].

Les argiles représentent en général une assise acceptable à médiocre lorsqu'elles sont recouvertes par d'autres couches de terrain. En revanche, elles sont dangereuses lorsqu'elles affleurent au niveau du sol, du fait de leur instabilité, se traduisant par des variations de volume et un fluage dans les terrains en pente.

D'autres types de sédiments à grains fins contiennent des argiles telles que les marnes et le lœss.

III.2.5.2.2. Les limons :

Les limons constitués de silt, de lœss, possèdent un squelette siliceux à silicocalcaire à grains fins. Leur taille est située entre celle des sables et celle des argiles, la teneur en argile est variable. Ils sont peu perméables et constituent des terres de culture fertiles, Leur assise est médiocre et sont donc à éviter pour les fondations.



Figure I.9: Limon [15].

III.2.5.2.3. Les marnes : Les marnes sont à la fois argileuses et calcaires. On considère, selon leur composition, trois grandes catégories:

-les marnes argileuses qui contiennent 5 à 35 % de carbonate de calcium.

-les marnes proprement dites.

-les calcaires marneux avec des taux respectivement de 35 à 65 % et 65 à 95 % Comme pour les argiles, les marnes argileuses présentent notamment l'inconvénient de fissurer sur une certaine profondeur en cas de sécheresse, les marnes ont souvent fait l'objet d'exploitation en carrières à ciel ouvert ou en souterrain pour donner respectivement: de la chaux avec les marnes argileuses, de la chaux hydraulique avec les marnes proprement dites et du ciment avec les marnes calcaires ou calcaires marneux. Elles ont également été utilisées pour amender les terres des exploitations agricoles d'une façon générale, les marnes sont une assise de fondations bonne à moyenne en l'absence de gypse en revanche, elles sont médiocres, voire dangereuses, lorsqu'elles sont très

argileuses en affleurement ou lorsqu'elles se situent au-dessus d'une masse de gypse, avec risque de formation de fontis. Les marnes sont des roches relativement tendres, elles subissent une géodynamique très active à leur surface et leur fragilité les rend très vulnérables aux aléas de la nature et des hommes. Une combinaison de facteurs naturels et anthropiques a provoqué une érosion hydrique intense qui s'est manifestée par une dégradation des sols et une diminution importante de leur productivité.



Figure I.10 : les marnes [16]

On peut conclure que l'évolution des sols fins est due à la présence des minéraux argileux dans les sols tels que: les marnes, les argiles....etc., qui manifestent une grande sensibilité à l'air (retrait, fissuration désagrégation progressive des couche de sol) et une forte affinité pour l'eau (avec les conséquences classiques de l'humidification : gonflement, déconsolidation, perte des caractéristiques mécaniques).

III.2.5.2.4-La vase :

Le nom de vase (mot emprunté aux Néerlandais) est la désignation d'une large famille de sédiments fins, argileux, plus ou moins organiques, pouvant atteindre des teneurs en

eau importantes elles contiennent une phase minérale dont la granulométrie s'étend des sables, aux argiles et aux colloïdes, une phase organique et une phase liquide, la vase peut se présenter aussi bien à l'état de suspension (crème de vase) que de sol cohérent (sédiment cohésif) présentant alors un caractère plastique, compressible et thixotropique. Elle contient souvent l'habitat d'une faune riche et diversifiée (vers, mollusques, bactéries). [Delphine, H., Michel A., (2002)]. Les vases sont des sols contenant plus de 90% de particules inférieures à 0,2mm, dont la matière organique (M.O) est comprise entre 2% et 10%. Elles sont composées de sable, limon, argile et de colloïdes organiques (Tableau I-3).), Elles sont en particulier très abondantes dans les estuaires.

Tableau I.3 : Les plus simples définitions des faciès d'après Allen (Cité par Boutouil, 2000)

Dénomination	Caractéristique
Sable	Plus de 80% d'éléments supérieurs à 50 μm
Sable vaseux	De 20 à 80% d'éléments supérieurs à 50 μm
Vase	Plus de 80% d'éléments inférieurs à 50 μm

Les sédiments se composent d'une fraction solide et d'une fraction liquide (eau) qui est intimement liées les unes aux autres. Les proportions respectives de chacune de ces fractions sont variables d'un milieu à un autre mais demeurent dans une fourchette, qui par expérience, peut être estimée si l'on considère des matériaux de type vases. (Delphine, H., Michel A., (2002)).

Il y a quatre éléments principaux constitutifs les vases:

1. la matrice minérale (quartz, feldspaths ou carbonates),
2. la fraction argileuse (kaolinite, illite ou smectite),
3. la fraction organique (débris végétaux, micro-organismes, acide fulvique et humiques),
4. une certaine quantité d'eau, présente sous différentes formes.

La distribution granulométrique d'un sédiment constitue son empreinte physique, elle caractérise la taille des particules, constituant la phase solide du matériau. Pour

l'obtenir, il est procédé à un tamisage mécanique.

En dessous d'une taille de 20 μm , il est nécessaire de recourir à des mesures au laser, qui utilisent le principe de la diffraction de la lumière cohérente sur un écoulement d'une suspension très diluée de fines. Il est communément considéré que les "Vases" correspondent à la fraction inférieure à 63 μm . [17].

III.3. Les agrégats artificiels (béton léger)

Le béton est un matériau artificiel, composé d'agrégats (le plus souvent du sable et des gravillons), de l'eau et du ciment. En y ajoutant l'adjectif « léger », on fait généralement référence aux différents types de béton caractérisés par un faible poids spécifique. On obtient une densité réduite en ajoutant au mélange des ingrédients spécifiques, ou à l'aide de techniques spéciales de production qui permettent d'obtenir une diminution de masse volumique, soit 500 à 900 kg/m^3 pour le béton léger au lieu des 2.000 à 2.500 kg/m^3 d'un béton « ordinaire ». Durant l'entre-deux-guerres, plusieurs marques (internationales) de béton léger sont arrivées sur le marché, mais ce n'est qu'après-guerre que ce type de matériau de construction relativement neuf s'est réellement répandu.

III.3.1. Les types de béton léger

Chaque types de béton léger possédait ses propres ingrédients, même s'il existait des similitudes dans les « recettes de base » pour chaque catégorie ou type de béton léger.

III.3.1.1. Béton-gaz autoclavé : en ce qui concerne la première catégorie de béton léger, appelé béton-gaz autoclavé (ou béton cellulaire autoclavé), l'ingrédient additionnel était un agent gonflant. L'utilisation de la poudre d'aluminium comme agent gonflant : après avoir préparé les ingrédients secs (nettoyés, pulvérisés, calibrés et mélangés), de la poudre d'aluminium et de l'eau étaient ajoutées juste avant de verser le mélange dans le moule. La poudre d'aluminium provoquait une réaction chimique moussante, entraînant une augmentation du volume et générant un matériau poreux avec des bulles d'air non communicantes. La quantité totale de poudre d'aluminium influençait la densité finale du béton.

III.3.1.2. Agrégats légères : dans la seconde catégorie de béton léger, à savoir le béton d'agrégats légers, la différence entre les marques était plus explicite, selon le type d'agrégats utilisés, principalement des fibres de bois ou de l'argile expansée ou d'autres produits en terre cuite. [18].

IV. Les granulats :

On appelle « granulats » les matériaux inertes qui entrent dans la composition des bétons. C'est l'ensemble des grains compris entre 0 et 125 mm dont l'origine peut

être naturelle ou artificielle. Ces matériaux sont quelquefois encore appelés «agrégats», cependant cette appellation est abandonnée depuis fort temps. En effet, un agrégat est un assemblage hétérogène de substances ou éléments qui adhèrent solidement entre eux (le mortier ou le béton par exemple). [19]

IV.1. Les différents types des granulats :

Les granulats utilisés pour le béton sont d'origine naturelle, artificielle ou recyclée :

- «Naturels», lorsqu'ils sont issus de roches meubles ou massives et qu'ils subissent aucun traitement autre que mécanique (réduction de dimensions) ;
- «Artificiels», lorsqu'ils proviennent de la transformation à la fois thermique et mécanique de roches ou de minerais ;
- «Recyclés», lorsqu'ils proviennent de la démolition d'ouvrages ou lorsqu'ils sont réutilisés [20].

IV.1.1. les granulats naturels :

Les granulats naturels, proviennent de deux sources : les carrières de roches massives et les gisements alluvionnaires.

Géologiquement, les granulats naturels proviennent de trois natures de roches :

- éruptives : granites, basaltes porphyres,
- sédimentaires : calcaires, grès, quartzites,
- métamorphiques : gneiss, amphibolites.

Les compositions minéralogiques font apparaître trois familles : les roches calcaires, les roches siliceuses et les silico-calcaires [20].

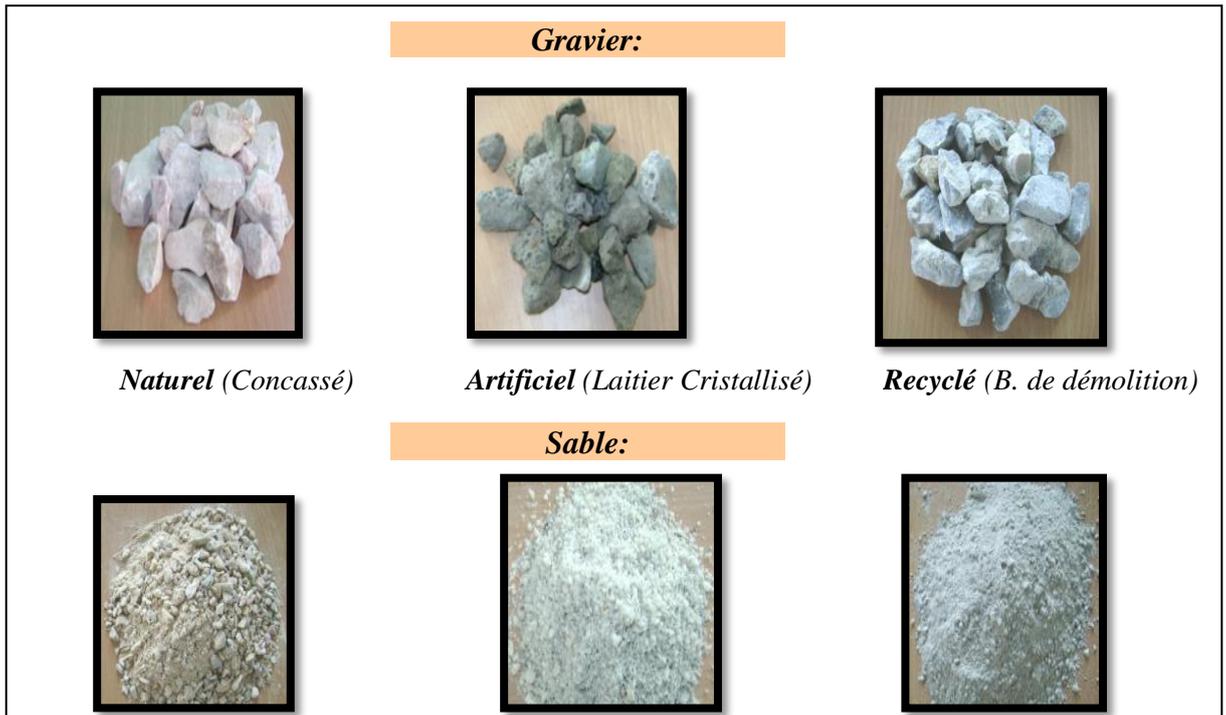


Figure I.11: Photos des différents types de granulats

- Les Granulats Alluvionnaires:

Dits roulés, dont la forme a été acquise par érosion.

Ce sont surtout des dépôts alluvionnaires trouvés dans un lit de rivière (et en mer éventuellement). Ces granulats sont lavés pour éliminer les particules argileuses, et criblés pour obtenir différentes classes de granulats [21].

- Les Granulats de Carrières:

Les granulats sont obtenus par abatage et concassage, suivi des opérations de criblage ou tamisage pour sélectionner des grains à une dimension précise. Les granulats concassés présentent des caractéristiques qui dépendent d'un grand nombre de paramètres : origine de la roche, régularité du banc, degré de concassage... [6]. ce type de granulats prouve une très bonne liaison avec la pâte de ciment à cause de leur texture de surface et leur rugosité. D'autre part ils nécessitent plus d'eau pour une maniabilité donnée et ceci est due à leurs angularités et donc à leurs surfaces spécifiques étendues [22].

IV.1.1.2. 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.

- Sous-Produits et Déchets de L'industrie:

- a) **Le Laitier des hauts fourneaux :**

Le laitier de haut fourneau est le principal sous-produit de l'industrie sidérurgique, il est constitué de toutes les parties minérales contenues dans la charge du haut fourneau (minerai et ajouts) qui subsistent après l'extraction du fer [23].

b) Le laitier cristallisé concassé :

Il est 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 . Il possède une masse volumique apparente $>1250 \text{ Kg/cm}^3$, de composition chimique constituée essentiellement de chaux, magnésie, silice et alumine [24].

c) Le laitier expansé ou bouleté :

Le laitier de coulée subit un traitement spécial : une puissante injection d'eau et une action mécanique. Les particules de laitiers sont alors projetées à plusieurs mètres qui subissent une trempe à l'air pendant la durée de leurs trajets .Le laitier expansé à une masse volumique apparente comprise entre $800 \text{ et } 950 \text{ kg/m}^3$ [25].

d) Les Scories d'aciérie :

Ces laitiers sont des sous-produits de la transformation de la fonte hématite en acier. Traité comme les laitiers de haut fourneau, ce matériau est handicapé par une défrisassions insuffisante qui conduit à une masse volumique élevée d'environ 3300 kg/m^3 [26].

e) Les Schistes houillers :

L'industrie minière en général et les houillères en particulier produisent des quantités considérables de matériaux stériles. Ces déchets trouvent des applications importantes dans des terrassements routiers comme granulats [26].

f) Granulats à hautes caractéristiques élaborés industriellement :

Il s'agit de granulats élaborés spécialement pour répondre à certains emplois, notamment granulats très durs pour renforcer la résistance à l'usure de dallages industriels (granulats ferreux, carborundum...) ou granulats réfractaires [26].

g) Granulats allégés par expansion ou frittage :

Ces granulats ont des caractéristiques de résistance, d'isolation et de poids très intéressants. Les plus usuels sont l'argile ou le schiste expansé, leurs masses volumiques varient entre $400 \text{ et } 800 \text{ kg/m}^3$ selon le type et la granularité. Ils permettent de réaliser aussi bien des bétons de structure que des bétons présentant une bonne isolation thermique [27].

IV.1.1.3. Les granulats recyclés : nouvelles de bouchées

Le granulat recyclé est le granulat résultant de la transformation de matériaux inorganiques antérieurement utilisés en construction. Dans cette catégorie se rangent des granulats, comme le béton concassé, le fraisât d'enrobés bitumineux...

a) Les déchets de chantier :

Les déchets de chantiers sont composés essentiellement de déchets provenant des chantiers du bâtiment et des travaux publics et des activités industrielles consacrées à la fabrication de matériaux de construction. Ils sont définis comme étant des déchets inertes qui ne se décomposent pas, ne brûlent pas, ne produisent aucune autre réaction physique ou chimique, ne sont pas biodégradables et ne détériorent pas d'autres matières avec lesquelles ils entrent en contact, d'une manière susceptible d'entraîner une pollution de l'environnement ou de nuire à la santé humaine [28].

Les déchets admissibles sont : les bétons, les pierres, les tuiles, les céramiques, les briques, les carrelages ainsi que les enrobés bitumineux sans goudron. L'amiante est considérée comme déchets inertes mais son utilisation est interdite pour raison de santé [29].

b) Les déchets de démolition :

Les déchets de démolition sont une sous-catégorie des déchets du bâtiment qui regroupent tous les matériaux de déconstruction ou de réhabilitation.

Comme le béton constitue presque 75 % en poids de tous les matériaux de construction, il s'en suit donc que différentes des installations de concassage des granulats naturels, ce qui les différencie c'est la présence des impuretés dans les matériaux.

Pour enlever ces impuretés, à différents moments au cours du processus de concassage des opérations de triage manuel ou mécanique sont effectuées. Les plus gros débris comme les plaques de métal, les panneaux de bois, les aciers d'armature, le papier, le plastique, etc. sont enlevés à la main avant l'entrée des matériaux au concasseur primaire, tandis que pour enlever les impuretés légères, QUEBAUD propose deux procédés: l'épuration à l'air et l'épuration par voie humide. Pour la première solution, les granulats sont entraînés par un courant d'air sur des distances variables selon leur forme et leur nature. Le deuxième cas, l'épuration par voie humide (flottaison), la séparation est réalisée au moyen d'un bain dans lequel les granulats recyclés sont transportés par bande immergée et les fractions légères qui flottent sont séparées par des jets d'eau à contre-courant. Des électro-aimants sont ajoutés au circuit de concassage pour enlever

ce type de granulat. Au départ, les concasseurs doivent traiter des blocs de 0,8 à 1 mètre de diamètre, ce qui implique que l'usure du concasseur est beaucoup plus rapide et que le débit de production est plus faible qu'en carrière, la majorité des installations de traitement des matériaux de démolition au Canada sont munies de concasseurs à mâchoire ou percussion comme concasseur primaire et un concasseur à mâchoire, à percussion ou plus rarement de type conique en concassage secondaire [32].

IV.2. les caractéristiques des granulats :

Les granulats utilisés dans les travaux de bâtiment et de génie civil doivent répondre à des impératifs de qualité et à des caractéristiques propres à chaque usage. Elles doivent répondre à des exigences et de critères de qualité et de régularité qui dépendent, d'une part, de la nature de la roche (résistance aux chocs et à l'usure, caractéristique physico-chimique) et d'autre part de caractéristiques physiques liées au processus d'élaboration des granulats (dimension, formes propreté, ...).

Les granulats sont donc spécifiés par des types de caractéristiques : caractéristique intrinsèque, liées à la nature minéralogique de la roche et à la qualité du gisement tel que par exemple :

- la masse volumique réelle,
- L'absorption d'eau et la porosité,
- La sensibilité au gel,
- La résistance à la fragmentation et au polissage,
- La gélivité.

Caractéristiques des fabrications, liées aux procédés d'exploitation et de production des granulats telles que, en particulier :

- La granularité,
- La forme (aplatissement),
- La propreté des sables.

Les caractéristiques des granulats sont fonction de leur famille (gravillon, sable, fillers) et font l'objet de méthodes d'essais et de détermination adaptées. [33].

Le prélèvement d'un échantillon pour la caractérisation doit se faire conformément aux normes "NF P 18-553 et EN 932-1" relatives au prélèvement par "échantillonneur" ou par "quartage" [34, 35].

IV.2.1. Les caractéristiques géométriques des granulats :

Les granulats peuvent avoir des formes sphériques, cubiques, nodulaires, plates ou allongées. Ces caractéristiques, ainsi que l'état de surface des grains influent sur l'aptitude à la mise en place du béton frais, la résistance mécanique et durabilité du béton durci.

- Module de finesse (MF):

Le module de finesse est un coefficient permettant de caractériser l'importance des éléments fins dans un granulat. Il est égal au 1/100 de la somme des refus cumulés exprimée en pourcentages sur une série de tamis. Le Tableau I.4 présente la série des tamis employés pour la caractérisation du module de finesse selon la norme prise en compte [36].

Tableau I.4 : Séries de tamis employés pour la détermination du module de finesse du sable.

01	Tamis: 0,16 - 0,315 - 0,63 - 1,25 - 2,5 et 5 mm. "NF P 18-540" [37]
02	Tamis: 0,125 - 0,25 - 0,5 - 1 - 2 et 4 mm. "EN 12620" [38]

Un bon sable pour béton doit avoir un module finesse d'environ 2,2 et 2,8. Au-dessous, le sable est à 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 [36] .

- La forme :

Une bonne forme des granulats est essentielle pour éviter des chutes de résistance des bétons par suite du risque d'apparition de plans de glissements potentiels

La forme d'un élément granulométrique est définie par ses trois

Caractéristique dimensionnelles principale, figure (I.9) :

- ✓ L'épaisseur (E) ;
- ✓ La grosseur (G) ;
- ✓ la longueur (L).

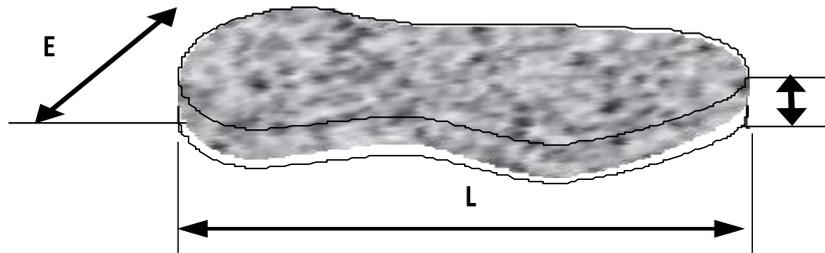


Figure I.13 : forme granulats

Pour différents usages, il est conseillé d'utiliser des granulats les plus isotropes possibles. Une forme assez ramassée des granulats est très recommandée pour une utilisation dans le béton [39].

- **coefficient d'aplatissement(A) :**

Le coefficient d'aplatissement caractérise la forme des granulats dont la dimension est comprise entre 4 et 80 mm à partir de (G) et (E), est par définition le pourcentage d'élément tel que $G/E > 1,58$ [25], Le coefficient d'aplatissement est déterminé selon la Norme NF EN 933-3 [30], un gravillon de forme défavorable (plate ou allongée) présente un coefficient d'aplatissement élevé (20 à 40 %). Un gravillon de forme favorable (sphérique, cubique, nodulaire) présente un coefficient d'aplatissement généralement compris entre 5 et 20 %.

- **Angularité :**

L'angularité des granulats est conventionnellement estimée par les valeurs des indices et rapport de concassage. Mais peut être mesurée aussi par le temps d'écoulement d'un certain volume de granulats à travers un orifice donné caractérisant ainsi un *coefficient d'écoulement des gravillons*. Il en va de même pour les sables, la méthodologie étant la même, seul diffère les dimensions de l'appareillage de mesure [40].

- **La pâte cimentaire attachée aux granulats :**

Les granulats recyclés contiennent du mortier et pâte cimentaire, qui sont toujours présents et collés aux granulats. Au Japon, les recherches ont abouti à une méthode, qui consiste à l'enlèvement de mortier à partir de la surface des granulats sans écraser les granulats, les principaux facteurs qui influent sur la quantité de la pâte cimentaire rattaché aux granulats recyclés sont : le rapport E/C, la résistance du béton source des granulats et la taille des granulats recyclés [41].

IV.2.2. Caractéristique physique :

• **LES MASSES VOLUMIQUES :**

Les masses volumiques des granulats sont définies et déterminées suivant les normes :

- La Masse Volumique Apparente d'après la norme Française : EN 1097-3. [42].
- La Masse Volumique Absolue d'après la norme française : P 18-558. [43].
- ✓ La Masse Volumique Apparente (en vrac) : C'est le quotient de la masse sèche de l'échantillon par le volume de la matière solide de celui-ci, y compris les pores inter- granulaires.
- ✓ La Masse Volumique Absolue : C'est le quotient de la masse sèche de l'échantillon par le volume de la matière solide de celui-ci (hors pores).

Il existe 3 façons généralement employées pour déterminer ces masses volumiques en fonction de la précision recherchée et de la nature du granulat :

- Méthode de l'éprouvette graduée,
- Méthode de la mesure au pycnomètre: La masse des particules solides est obtenue par pesage, le volume est mesuré au pycnomètre,
- Méthode de la pesée hydrostatique: Cette méthode est également utilisée pour déterminer des volumes apparents après paraffinage du matériau ou par graissage.

En général, la densité des granulats recyclés est inférieure à celle des granulats naturels, à cause de la faible densité de la pâte cimentaire rattaché aux granulats [44].

- LA POROSITE (P):

- ✓ La porosité (P) d'après la norme : P 18 554. [45].

C'est le rapport du volume des vides pouvant être remplis d'eau au volume total d'un échantillon de granulats. la présence de pores internes dans les granulats est en rapport direct avec la densité des granulats. Certains pores sont complètement à l'intérieur des granulats et d'autres débouchent à la surface [46].

- TENEUR EN EAU (W %) :

- ✓ Teneur en eau (W) d'après la norme : P 18 555. [47].

La teneur en eau est égale au rapport de la masse d'eau contenue dans l'échantillon sur la masse sèche de l'échantillon.

- TAUX D'ABSORPTION D'EAU (AB %) :

- ✓ Taux d'absorption d'eau (AB%) d'après la norme : P 18 554. [45].

L'absorption d'eau par définition est le quotient de la masse d'un échantillon immergé dans l'eau pendant 24 heures à 20°C et à la pression atmosphérique, par sa masse sèche.

Les granulats sont plus ou moins dangereux selon leur degré de saturation en eau au moment où intervient le gel.

IV.2.3. Caractéristiques chimiques :

- LA TENEUR EN CHLORURES :
- ✓ Selon la norme européenne : NF EN 206-1 [48].

Un sable provenant du bord de mer, tout comme un sable de désert, contient du sel et doit être traité la quantité d'ions chlore acceptable dans les granulats est limitée à: 1 % pour les bétons non armés; 0,40 % pour les bétons armés selon Neville [49].

- LA TENEUR EN SULFATE :
- ✓ Selon la norme européenne : EN-12-620 [50].

Définit la limite de la teneur en sulfate à 1 %, La teneur en sulfate des granulats recyclés est en relation avec la quantité de la pâte cimentaire attachée aux granulats.

La contrainte de compression du béton qui emploie 3% de plâtre est de 15 % inférieur à celui sans plâtre. Toutefois, les granulats doivent être lavés avant leur utilisation et la démolition sélective pourrait être considérée comme une alternative efficace [51].

- ALCALI-REACTION :
- ✓ Selon la norme la norme européenne : EN 1367-1[52].

L'alcali-réaction est un ensemble de réactions chimiques pouvant se produire entre certaines formes de silices, de silicates ou de carbonates appartenant aux granulats et les éléments alcalins (sodium, potassium) en solutions dans la pâte liante , et la formation d'un gel expansif entraînant l'éclatement du béton , les granulats sont désignés comme étant non réactifs (NR), potentiellement réactifs (PR), la teneur en alcalins actifs des granulats est communiquée si elle dépasse 0,01 % exprimée en Na₂O équivalent [53].

IV.2.4. Caractéristiques mécanique :

- **Résistance des granulats :**

La résistance des granulats est obtenue par des essais indirects, des essais de résistance au choc et à l'usure. En général, la résistance et l'élasticité des granulats dépendent de leur composition minéralogique, de leur texture et de leur structure.

- **La résistance a la fragmentation :**
- Essai Los Angeles (L_A) :

D'après la norme France : XP P 18-573 [54].

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

coefficient Los-Angeles doit être ≤ 40 pour les granulats naturels, La variation du coefficient Los-Angles des granulats recyclés est en fonction de la résistance du béton d'origine, la quantité de la pâte cimentaire rattachée aux granulats et la qualité d'origine des granulats ainsi que la méthode de préparation des granulats et la puissance employée [55].

- **La fragmentation dynamique (FD) :**

Essai d'après norme française : XP P 18-574 [56].

L'essai permet de mesurer la résistance à la fragmentation par chocs des éléments d'un granulat, Il consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à 1,6mm produite en soumettant le matériau aux chocs d'une masse normalisée. Cette quantité est appelée coefficient de fragmentation dynamique. Cet essai a été conçu de manière à trouver, sur un même matériau, un résultat aussi proche que possible du coefficient Los- Angeles [57].

- **Résistance à l'attrition et à l'usure "Essai Micro-Deval humide" (M_{DE}) :**

L'essai d'après norme française : P 18-577 [58].

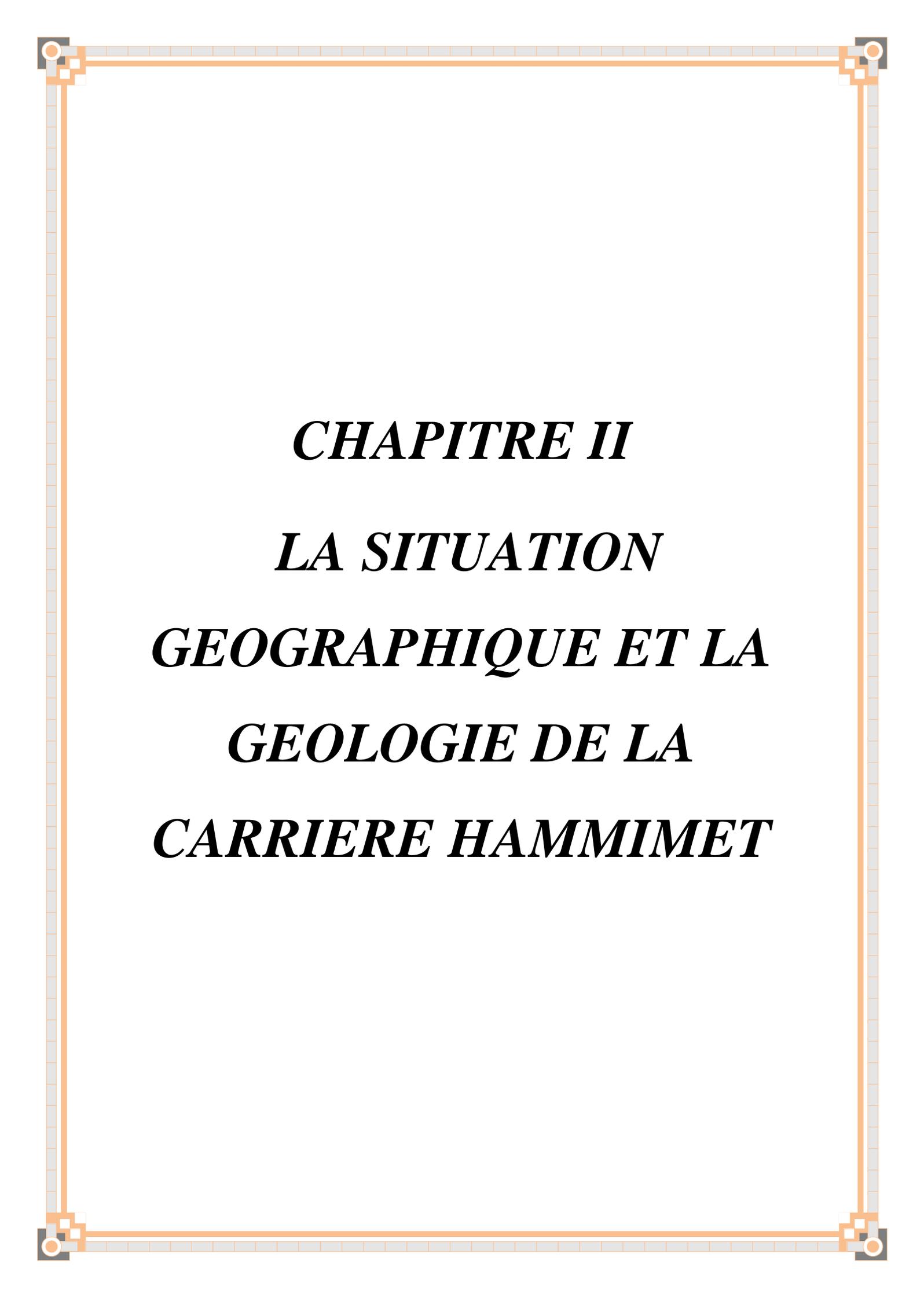
L'essai Micro Deval peut être utilisé à sec ou en présence d'eau, méthode plus représentatif Les granulats résistent d'autant mieux à l'attrition que la valeur du coefficient micro-deval est faible la valeur du (M_{DE}) doit être ≤ 35 pour les granulats naturels.

V. Conclusion :

D'après ce qui a été présenté dans cette partie bibliographique, on peut conclure que :

Les agrégats présentent des caractéristiques très différentes selon leurs origines, la plupart des granulats conviennent pour le béton, mais il faut éviter ceux comportant une proportion non négligeable d'argiles ou calcaires marneux, qui peuvent avoir une influence défavorable sur la prise et le durcissement, provoquer des baisses de résistance et induire, à terme, des gonflements et des altérations à cause des réactions avec le ciment (fissuration, corrosion des armatures, etc.).

Les roches sont constituées de minéraux tandis que les minéraux sont constitués d'éléments chimiques, alors que le sol est un état intermédiaire, stationnaire qui s'établit aux confins de la sphère minérale et de la sphère organique (biosphère).



CHAPITRE II

LA SITUATION

GEOGRAPHIQUE ET LA

GEOLOGIE DE LA

CARRIERE HAMMIMET

I. Introduction :

La carrière hammimet nord se trouve dans un endroit stratégique ; elle a pour objectif la satisfaction du besoin de l'entreprise INFRAFER en ballast produit indispensable pour la réalisation et l'entretien de voies ferrées Actuellement la carrière assure ce produit pour la voie qui fait la liaison de DJEBEL ONK avec le port d'ANNABA.

Aussi des agrégats des différentes dimensions qui rentrent dans le domaine de construction et des travaux publics. [59].

II. Situation Géographique du Site :

Le site de calcaire Hammimet Nord de la société INFRAFER se trouve à 15Km au Nord de la commune de Boulhef Dyr, a 500 m a L'Est de la route nationale N° 82 , à 25 Km au Nord-Est de chef-lieu de la Wilaya de Tébessa , et à 10 km au Sud- Est de la Daïra de Morsett, Administrativement la carrière se trouve sur le territoire de la commune Boulhef Dyr.

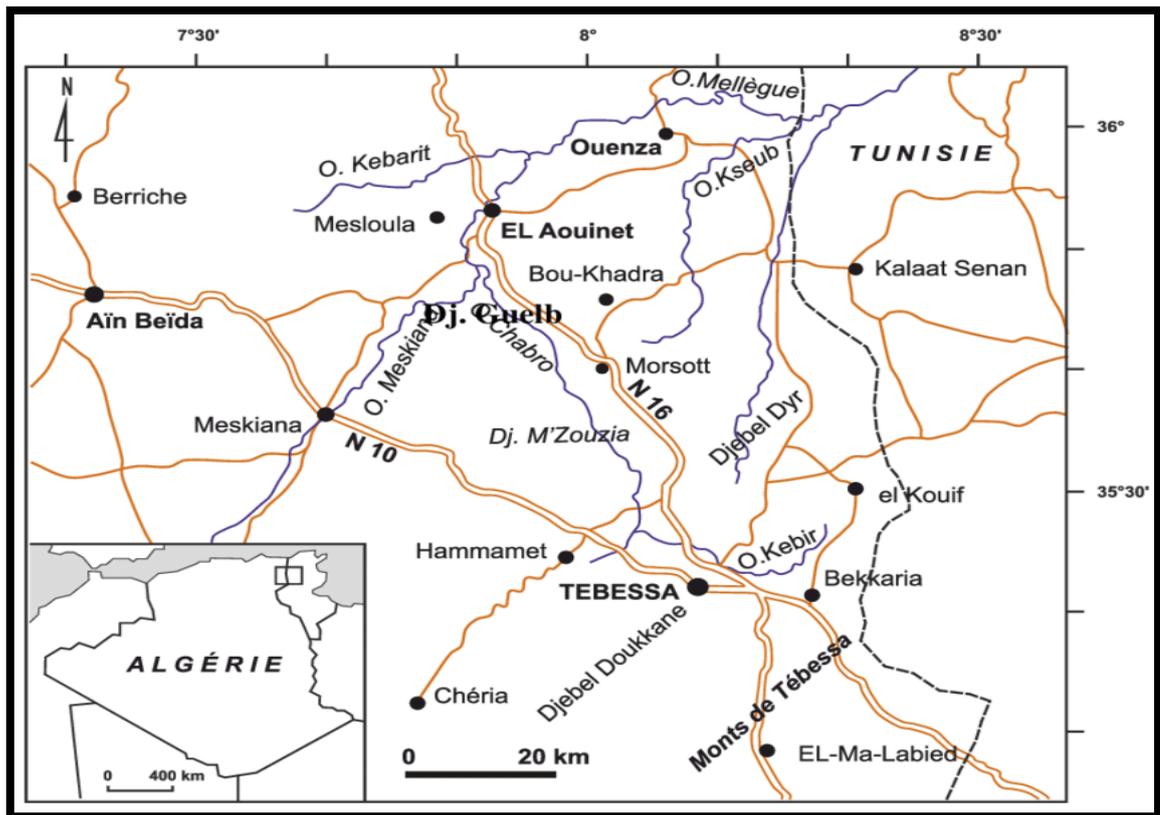


Figure II.1 : situation géographique de la région [60].

III. Climatologie de la région morsott-boulhaf

Le climat est caractérisé par l'alternance d'une saison chaude et sèche et d'une saison froide et très humide. La pluviosité moyenne et faible (environ 400mm) mais la neige peut s'observer sur les sommets depuis Novembre jusqu'à Mars.

La culture sèche des céréales et donc aléatoire et on n'observe que de maigres vergées dans les zones les moins pauvres en eau. Avec le figuier de barbarie, l'élevage de moutons, des chèvres et des rares bovins complète les ressources des agriculteurs.

Les zones forestières (région de Bou Rbaia et du Djebel Zitouna) sont occupées par le pin D'Alpe, le chêne vert et le genévrier. Le dis et l'alpha se poussent sur les terrains salés de la plaine de L'oued Ksob. [61].

IV. Géologie de la région :

La région Morsott Boulhef contenant des formations quaternaires toutes d'origine continentale occupent d'importantes surfaces.

A la partie occidentale, occupé par la plaine de L'oued Ksob, s'oppose la région orientale montagneuse, ou des crêtes calcaires allongées selon un axe NE-SW, séparent d'étroites dépressions marneuses souvent cultivées. Cette opposition est en relation direct avec la structure qui relève un fossé tectonique, rempli de sédiments continentaux récents, jouxtant une région plissée, ou les couches calcaires ont été dégagées au cours de l'évolution morphologie post-miocène.

L'importance prépondérante des formations marneuses a déterminé l'installation d'un relief de type inverse dont le Djebel Dyr fournit une belle illustration. Cette surface d'érosion, pratiquement pas déformée, est postérieure aux plissements et en particulier aux compressions tangentielles Post-Miocènes. la croute calcaire s'observe d'une façon très générale dans la région. Elle se trouve surtout dans les dépressions et sur les pentes faibles. Son épaisseur souvent est de 1m, mais parfois beaucoup plus important.

Les sommets des reliefs calcaires qui s'étagent d'environ 900 à 1400m, représentent les témoins d'une ancienne surface d'érosion, à peu près plane mais a partir de la pointe sud Djebel Dyr. Elle s'incline régulièrement vers le Nord Est et, perpendiculairement à cette direction, vers le Nord-Ouest et le Sud Est. Cette surface d'érosion, pratiquement pas déformée, est postérieure aux plissements et en particulier aux compressions tangentielles Post-Miocènes. A l'Est du Kouif, sur la feuille Thala elle tranche le miocène inférieur continental :

Les formations sableuses ou conglomératiques de cet âge constituent, en effet, quelques sommets de même altitude que ceux des formations environnantes plus anciennes qui déterminent cette surface.

Elle est, d'autre part, antérieure à la formation du fossé de Morsott qui la recoupe nettement. [62]

IV.1. la stratigraphie :

Les formations quaternaires toutes d'origine continentale occupent d'importance surface ; principalement dans les plaines et aux pieds des montagnes.

Des éboulis actuels et récent et des cailloutis se forment au pied de djebel Boulhef.

Les alluvions actuelles sont peu importantes. Elles sont constituées de cailloutis calcaires.

Les limons actuels et récents de couleur allant du brun ocre au gris sombre associés à des niveaux de cailloutis anguleux se déposent dans toutes les régions basses.

Le pendage des couches calcaires s'accroît en même temps que s'ouvrent les différents joints ; des brèches au pied des massifs calcaire sont très largement épanchées sur les marnes. [62].

IV.1.1. Formation dominante marneuse cénomanien :

a) Cénomanien : Au sommet, 300m de marnes gris verdâtre intercalées de nombreux passées calcaires, très lumachellique a Huîtres, Echinodermes et Ammonites ,vers le haut Vers le bas,200 a 250m de marnes grises, un peu verdâtres, sans intercalations calcaires, dans lesquelles s'observent parfois les plaquettes de calcite fibreuse a empreintes d'Echinodermes

b) Vraconien-Albien : Environ 50m d'une alternance de calcaires argileux gris foncé en petits bancs souvent feuilletés et de marnes foncées presque noires, souvent très calcaires a Ammonites pyrite usées

La disposition des affleurements, l'un sur le flanc nord du Djebel Hammimet Nord et l'autre sur le flanc sud du Djebel Hammimet Sud, parfaitement symétrique, ainsi que le parallélisme de ces couches avec les derniers bancs calcaires Aptiens de ces deux massifs.

IV.1.2. Formation des calcaires massifs de l'Aptien :

a) Aptien : 100m aux moins de gros bancs massifs et épais de calcaires bréchiques a ciment dolomitique, de calcaires graveleux et bioclastiques a débris d'Echinodermes, de Mollusques.

b) Le Trias : Les affleurements attribués au TRIAS s'observent en trois régions

Celle qui comporte les affleurements les plus étendus, dans le coté sud ouest, au Contact de Djebel Belkfif.

Une autre ne correspond qu'à de très petits époinnements aux milieux du Quaternaire, En contrebas du flanc sud du Djebel Hammimet Nord ; ainsi que par des extrusions peu épaisses le long des contacts anormaux qui bordent au NORD de l'Aptien du DJEBEL Hammimet SUD.

Ces affleurements font partie d'un même ensemble, d'anticlinal diapir du Djebel Zitouna – Youks les bains.

Enfin, des époinnements d'extension réduite se raccordent à l'anticlinal diapir du Djebel Boukhadra. [63].

V. Hydrologie :

Les eaux s'écoulent encore, plus ou moins directement, sous le quaternaire de la partie Nord de la plaine de L'oued Ksob, a la faveur de failles participant a l'effondrement du fossé. Il en est ainsi de l'importante Ain Morsott, de L'Ain Toricha et L'Ain Fouara Guebli.

Les eaux de la partie Sud est de plaine de L'oued Ksob sont presque toutes impropres à la consommation (G.Durozoy, Avril 1949). Elles contiennent des sels provenant du TRIAS diapir, ainsi que probablement du gypse, souvent abondant dans les marnes crétacées Les deux seuls points où on trouve de l'eau douce sont signalés sur Bir El Hadjra et Ain Drazada.

Dans la partie Nord-Ouest de la plaine des puits creusés sur la rive droite de L'oued Ksob fournissent de l'eau potable. Ces puits creusés à partir des formations quaternaires atteignent très vite (10 m en moyenne, dans la région de Mechtat Chtathia) les formations à dominante marneuse du Turonien supérieur ou même les calcaires du Turonien inférieur qui renferment une nappe aquifère alimentée par le trop-plein du synclinal de L'oued et Taga. Suivant les niveaux atteints, les puits de cette partie de la plaine peuvent fournir des débits de 1l/s (puits Serage) à 2l/s (Mechtat Chtathia). [63].

VI. Réseau hydrographique de la région d'implantation du projet :

Le réseau hydrographique de la région de Morsott reste faible avec un sous bassin versent de forme allongé, les dénivelles de terrain de l'amont a l'aval ne sont pas importante, ce qui traduit un terrain plus au moins horizontal L'altitude maximale Nord atteint 900m alors que celle minimale est de 791m on constate une petite accumulation des cours d'eaux et de l'écoulement superficielle au niveau de la dite zone de part et

d'autre.

Sur le coté Sud l'altitude est de 850 La zone est semi-aride, le manque de précipitation est traduit par le nombre réduit des affluents le sens d'écoulement est de NE vers SW dépend de la variation de l'altitude. [64].

VII. Evolution paléogéographique et tectonique :

L'histoire géologique de la région de Morsott est inconnue avant le Trias, dont les faciès de type germanique sont répandus sur toute l'Afrique du Nord. On ne connaît pas non plus de témoins de l'histoire post-triasique et antè-aptienne.

L'Albien et le Vraconien ne sont connus qu'aux alentours du Djebel Hammimet, sous une épaisseur très réduite par rapport à ce qu'ils sont au N et au S de la feuille. Ceci implique l'existence d'un haut fond en cet endroit, au sein d'une mer largement ouverte, sur le fond subsidier de laquelle se déposeront de puissantes formations marneuses riches en lumachelles à Huitres et en Ammonites, ainsi qu'en microfaune planctoniques, jusqu'à la fin du Cénomaniens.

Au turonien inférieur, calcaire, correspond un ralentissement de la subsidence et l'établissement de tendances récifales.

De nouveau, depuis le Turonien supérieur jusqu'au campanien supérieur, s'installe une sédimentation marneuse, identique à celle du cénomaniens, que ne viennent interrompre que passagèrement les calcaires crayeux du campanien moyen, annonciateurs des calcaires plus néritiques du Maestrichtien inférieur.

Le passage du crétacé au tertiaire se fait sans importantes perturbations apparentes, au sein de marnes riches en microfaunes planctoniques qui permettent de suivre le passage du Maestrichtien au Paléocène supérieur, non sans un faible passage calcaire qui marque en partie le Danien. L'Horizon phosphaté du paléocène supérieur précède une sédimentation calcaire qui se maintiendra jusqu'au lutétien inférieur. Le caractère très néritique de celle-ci est souligné par d'importantes variations d'épaisseur et par la répartition des nummulites, presque absentes au Kouif mais formant la quasi-totalité des calcaires du Djebel Dyr. [62].

VIII. Tectonique :

Dans les plaines de Morsott de Tébessa, avec celle de ses témoins les plus proches dans les compartiments les plus élevés, on peut déduire l'amplitude maximale du mouvement relatif : 450m environ dans la région de Morsott et plus de 800m entre le fossé de Tébessa et le Djebel Dyr.

Les failles de bordure du fossé de Morsott ont des directions qui varient de N – S à NW – SE sur certains miroirs. [63].

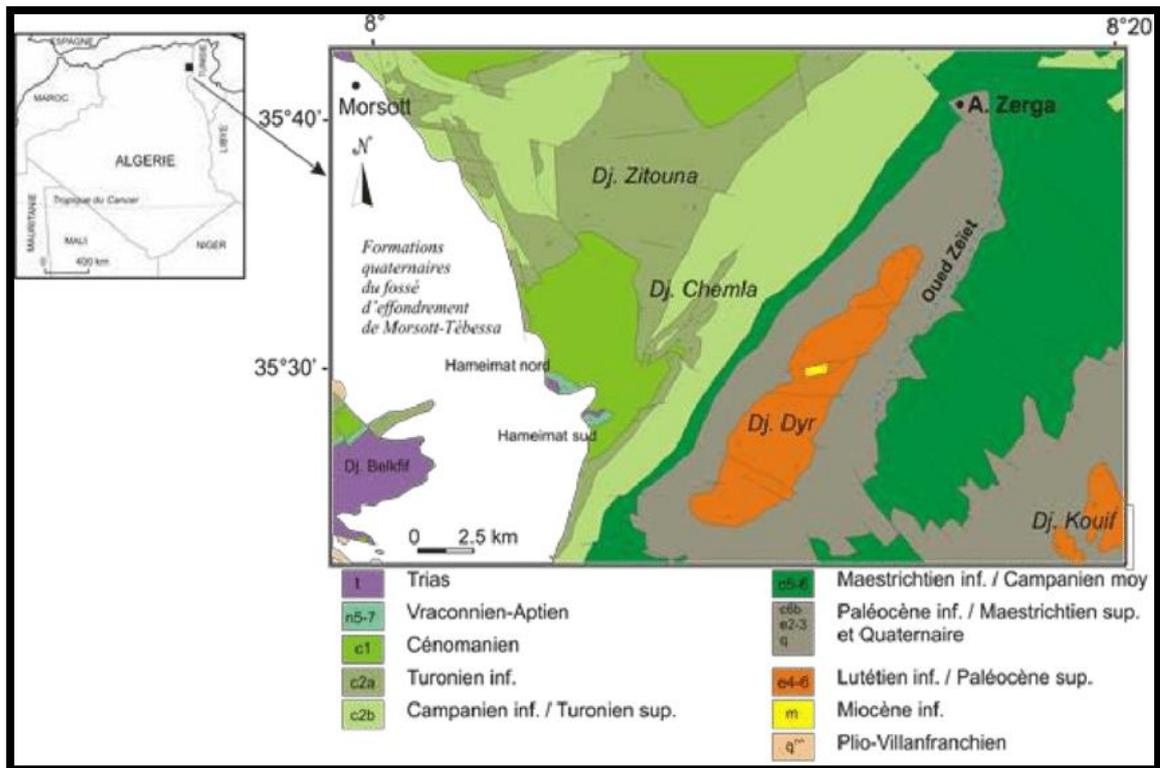


Figure II.2 : carte géologique de la région de Morsott (d'après la carte géologique de Morsott au 1/50000 et la localisation de la coupe étudiée).[60].

IX. Les substances utiles

▪ Les calcaires éocènes :

Les eaux des calcaires du plateau d'El Kouif drainées par quelques petite sources parmi les quelles il faut citer l'Ain Bendebeche (point nord du plateau d'Ain el Bey, près du Kouif).

Le Djebel Dyr représente l'un des meilleurs réservoirs de la région. La base du calcaire est jalonnée par de nombreuses sources. Dans les plus importante sont l'Ain zriba a la pointe nord l'Ain khebbacha a la pointe sud, les sources de L'Oued Erkel et de l'oued Gastel, au cœur de plateau.

▪ Les calcaires daniens :

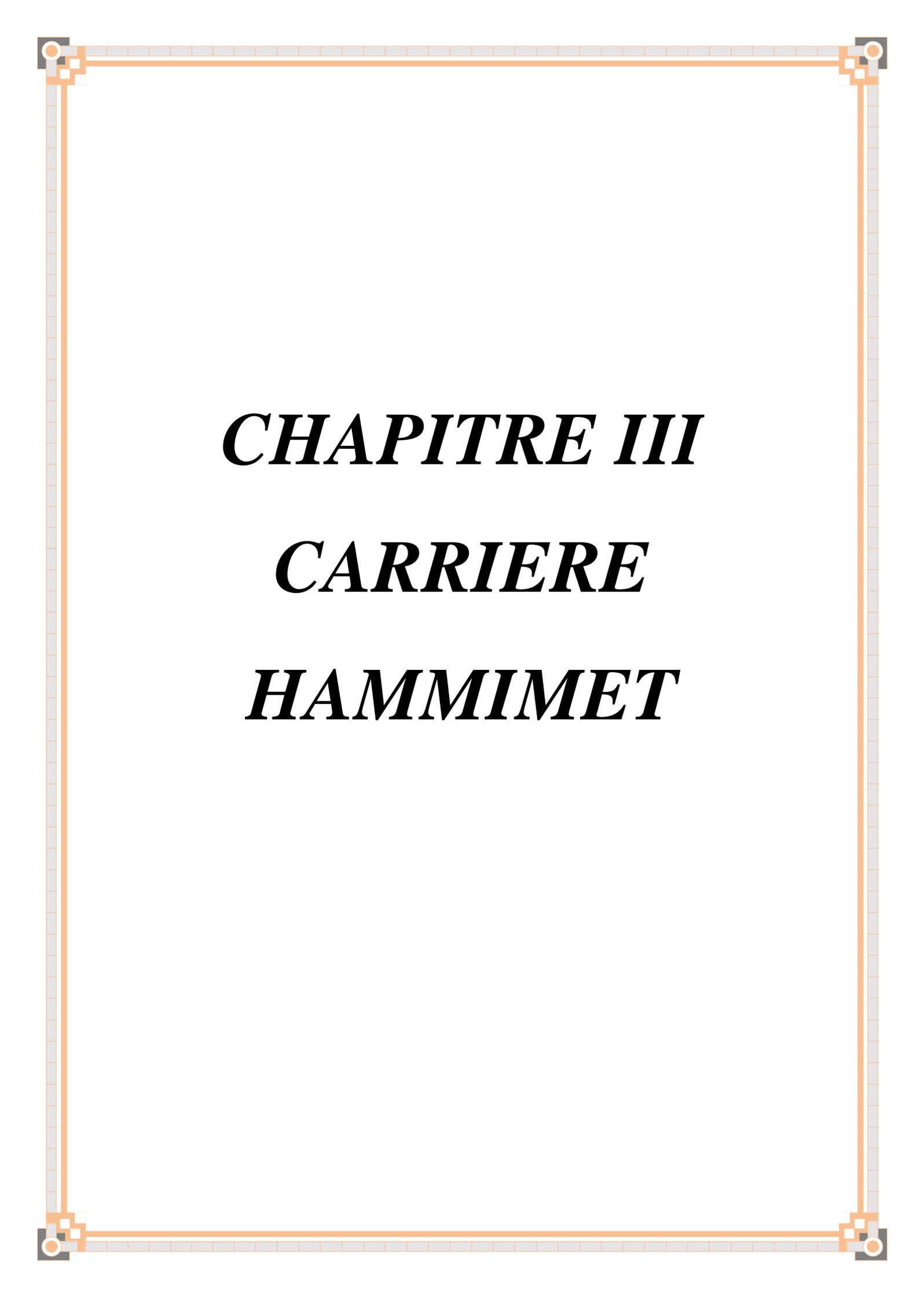
Les calcaires argileux du danien donnent naissance a quelque source importantes : près de l'extrémité nord du plateau du Kouif, l'Ain Debdoubi et au NE du Dyr, l'Ain Gouffa.

▪ **Les calcaires campaniens :**

Comme la base de la barre maestrichtienne, celle de la barre campanienne est jalonnée de petits suintements. Seule la source capter du Rordj Ahmed Lakhdar mérite d'être remarquée, car elle permet l'existence d'une population relativement importante. [64].

X. Conclusion :

Les carrières Hammimet Nord a une bonne qualité qui permet son utilisation dans divers domaines aussi il se trouve dans un endroit stratégique vis avis la commercialisation du produit, les réserves calculés sont importante ce qui permet l'exploitation de les carrières sur toute la validité du permis.



CHAPITRE III
CARRIERE
HAMMIMET

I. Introduction :

La carrière d'INFRAFER Hammimet Nord-Tébessa est située à 15km de chef-lieu de la Commune Boulhef-Dyr implantée ou douar elkhmissia Daïra : El Kouif. Wilaya de Tébessa. Il est accessible sur une piste qui est bien aménagée de près de 1000 m à partir de la route nationale N 16 reliant Annaba à Tébessa et la voie ferrée de même direction traversant la localité. La préparation mécanique a pour objectif d'assurer un produit apte à la commercialisation et qui répond aux exigences du marché. Il faut qu'il soit d'une bonne qualité et diversifiés ; au niveau de la carrière Hammimet nord. Les installations de traitement sont choisies pour cette raison et d'une façon bien étudiée, cette carrière comporte :

- une installation de concassage
- deux broyeurs
- des cribles
- des convoyeurs à bande et autres [59].

II. Présentation de l'entreprise INFRAFER :

L'Entreprise Nationale de Réalisation d'Infrastructures Ferroviaires INFRAFER est une entreprise publique économique. Elle est issue de l'opération de restructuration de la société nationale des transports ferroviaires (SNTF) qu'a eu lieu le 5 août 1986 par décret N° 86/162. INFRAFER dispose de bases industrielles et d'un potentiel de production ou elle est considérée comme le leader des travaux ferroviaires en Algérie.

III. La carrière Hammimet nord-Tébessa :

La Carrière de HAMMAMET Nord est représentée par des roches calcaires de couleur noire à gris foncé d'une bonne résistance. Elle se trouve dans la commune de BOULHEF DIR, Wilaya de Tébessa, daïra EL KOUIF à 300 m au Sud de la route RN° 16. Avec une superficie de 152 344 m², la carrière a pour objectif annuel (2018) une production physique de 133 000 t d'agrégat. [65].



Figure III.I : Carrière Hammimet nord-Tébessa.

IV. Préparation mécanique :

IV.I. Concassage :

Le but de cette opération est de réduire le minerai en fragments de dimensions convenables. Le concasseur utilisé est un concasseur à mâchoire.

Le minerai reçu dans la trémie de concasseur est d'une granulométrie de 0 à 1000 mm. Il passera dans un scalpeur qui permet le triage de la charge et le passage uniquement du produit ayant des dimensions (0-40) mm.

Alimentateur utilisé : est un alimentateur type ATV et puissance : 22KW.



Figure III.2 : Le traitement du minerai dans le concasseur.

Le passant serait transporté a l'aide d'un convoyeur à bande vers l'aire de stockage d'où l'obtention de premier stock STOCK-1-TVC (0-40) mm.



Figure III.3 : Le transport du minerai par convoyeur à bande.

IV.2. Concassage Primaire :

Permet la réduction des dimensions des blocs reçus dans la trémie et qui peuvent avoir des dimensions allant jusqu'à 1000mm a 200mm ; d'où l'obtention d'un produit des dimensions de 0-200mm.



Figure III.4 : Concassage primaire.

- **Type de concasseur utilisé :** BERGEOT.- Réf VB (10-08dm) de Puissance : 90KW.

Démarrage : par élimination des résistances.

- a. Capacité : 180 T/H,
- b. L'activité principale : (concassage primaire),
- c. Date de mise en service:08/07/2008. [63].

V. Broyage

Le minerai de dimensions (0-200mm) serait transporté par convoyeur à bande vers la trémie secondaire (Trémie de ralentissement) la charge serait chutée dans la table vibrante (alimentatrice ; la vitesse de l'alimentateur est contrôlée à l'aide d'un régulateur de vitesse de (1-10) a fin d'éviter le flux de la charge au niveau du broyeur) et transportée par convoyeur vers le broyeur.



Figure III.5 : Le broyeur.

- Type d'Alimentateur utilisé : NOFM de Puissance : 04KW.

V.1. Primaire broyage :

Le broyage permis la réduction des dimensions de 200 à 50mm la charge broyée est de 0-50mm serait Transportée par Transportée par convoyeur vers les cribles.



Figure III.6 : Transport de la charge par convoyeur.

Broyeur utilise : est un broyeur à cône METSU Réf HP (300) Puissance : 220KW

Démarrage : étoile triangle

- a. Capacité : 180 T/H,
- b. L'activité principale : (broyage),
- c. Date de mise en service : 08/07/2008.

V.2.Deuxième broyage :

Le broyeur permis l'obtention d'une charge de 0-15 la charge obtenus serait transportée de nouveau vers le deuxième crible et elle passe automatiquement au deuxième tamis

Broyeur utilise : est un broyeur à cône METSU réf HP (100) Puissance : 90KW

Démarrage : étoile triangle

- a. Capacité : 180 T/H,
- b. L'activité principale : (broyage),
- c. Date de mise en service : 08/07/2008.

Deuxième étage : d'un tamis de maille 8mm la charge supérieure serait transporté par convoyeur vers l'air de stockage (8/15).

STOCK-4-(8/15) mm

Troisième étage : est un tamis de maille 3mm la charge supérieure serait transporté par convoyeur vers l'aire de stockage (3/8).

STOCK-5-(3/8) mm

Quatrième étage : est un tamis de maille inférieur à 3 mm le passant serait transporté par convoyeur vers l'aire de stockage (0-3).

STOCK-6-(0/3) mm.



Figure III.7 : Le stockage final (0/3) mm. [63].

VI. Criblage :

Cette opération permet la classification et le contrôle des différentes classes granulométrique

Crible 01 : Est un crible de quatre étages ayants les mailles suivantes :

Premier étage : (Tamisage de contrôle) est un tamis de maille 50mm la charge supérieure serait transporté par convoyeur de recyclage vers le broyeur a fin de subir un deuxième broyage.

Deuxième étage : est un tamis de maille 25mm la charge supérieure serait transporté par convoyeur de recyclage vers l'aire de stockage (25/50).

STOCK-2-(25/50) mm



Figure III.8: Le stockage -2-(25/50)

Troisième étage : d'un tamis de maille 15mm la charge supérieure serait transporté par convoyeur de recyclage vers l'air de stockage (15/25)

STOCK-3-(15/25) mm

Quatrième étage d'un tamis de maille 15mm de contrôle la charge supérieure (15/25) serait transporté Par convoyeur Vers le 2eme crible.



Figure III.9 : Le stockage -3-(15/25) mm.

Crible utilise : est un crible BERGEAU réf CVB (18-45 dm) .Puissance 18,5KW. [64].

VII. Conclusion :

La station de concassage de la carrière d'INFRAFER Hammimet nord-Tébessa, avec les installations citées auparavant est dans la mesure d'assurer des granulats aptes à la commercialisation et très demandés sur le marché.

CHAPITRE IV

IDENTIFICATION D'UN

AGREGAT : CAS D'ETUDE

« CARRIERE INFRAFER

HAMMIMET NORD-

TEBESSA »

I. INTRODUCTION

Les essais au laboratoire est parmi les moyens intégrante pour une étude géotechnique. Ils sont menés sur des échantillons de sol ou de roches afin d'identifier leur comportement mécanique, physique, et chimique.

Les essais donne des résultats et selon des normes on peut identifier et caractérisé les matériaux et connaître les qualités de ces dernier ...bon, moyenne ou faible, et donc connaître a quelle ouvrage sont-ils valable. Dans ce chapitre nous allons présenter une étude pour l'identification d'un agrégat « granulat » de la Carrière de INFRAFER Hammimet Nord -Tébessa comme cas d'étude, par la réalisation des essais puis faire une interprétation des résultats selon les normes européenne pour les classées suivant leur utilisation dans les domaines de génie civil.

II. Propriétés d'agrégat de la zone du Hammimet nord

- **Propriétés physique et mécanique de la roche :**

Le tableau ci-dessous résume les propriétés physique et mécanique de la roche de Hammimet Nord-Tébessa.

Tableau IV.1 : Propriétés physique et mécanique.

Désignation	Valeur moyenne
Compression simple (Kg/m^3)	1100
Coefficient d'aplatissement	20
Propriétés des granulats	0.4
Densité apparente et absolue (T/m^3)	1.3-2.6
Los angles	23
Micro Deval humide	19

- **Composition chimique de la roche :**

Le tableau ci-dessous résume les compositions chimiques de la roche de Hammimet Nord.

Tableau IV.2:Composition chimique de la roche

Elément chimique	Pourcentage (%)
Chaux (Caco3)	74
Silice (Sio2)	4.40
Aluminium (al2o3)	0.72
Fer (fe2o3)	0.65
Magnésie (mgo)	0.83

III. Résultats des essais d'identification d'agrégat « granulat» de la carrière INFRAFER Hammimet nord (Cas d'étude)

III.1. La teneur en eau

Nous avons pris environ 22.5 kg de la classe granulaire 0-50 mm.



Figure IV.1: Photos d'échantillon.

L'essai besoin a 2.6 kg, et pour obtenir la masse nécessaire nous utilise la division par moitiés.

Le tableau ci-dessous montre l'opération :

Tableau IV.3: Représentation de la division l'échantillon.

Divisions par moitiés	La masse 22.5 kg
1	11.25 kg
2	5.62 kg
3	2.81 kg



Figure IV.2 : Echantillonneur pour gravier.

✓ **Le calcul**

La masse après le séchage est égale a $M_s=2.63$ kg et d'après la formule suivante on a eu $W=6.8$ %

$$W = \frac{M_w}{M_s} = \frac{M_h - M_s}{M_s}$$

$$W = \frac{2.81 - 2.63}{2.63} = 0.068 = 6.8 \%$$

✓ **Interprétation du résultat**

D'après la norme AFNOR 933-3 la teneur en eau est moyenne donc il est acceptable.

III.2. Analyse granulométrique

Le tableau ci-dessous résume les résultats des essais d'analyse granulométrique réalisés de 5 échantillons.

Tableau IV.4: Les résultats d'essais granulométrique.

Tamis	63	50	40	31.5	25	20	16	0.063
Ech (01)	...	100	40	16	2	1	0	0.11
Ech (02)	100	99	43	18	5	1	0	0.12
Ech (03)	...	100	39	14	3	1	0	0.10
Ech (04)	100	41	16	3	1	0	0.12
Ech (05)	100	99	38	15	2	1	0	0.10

➤ Les courbes ci-dessous présentes les courbes granulométriques des 5 échantillons.

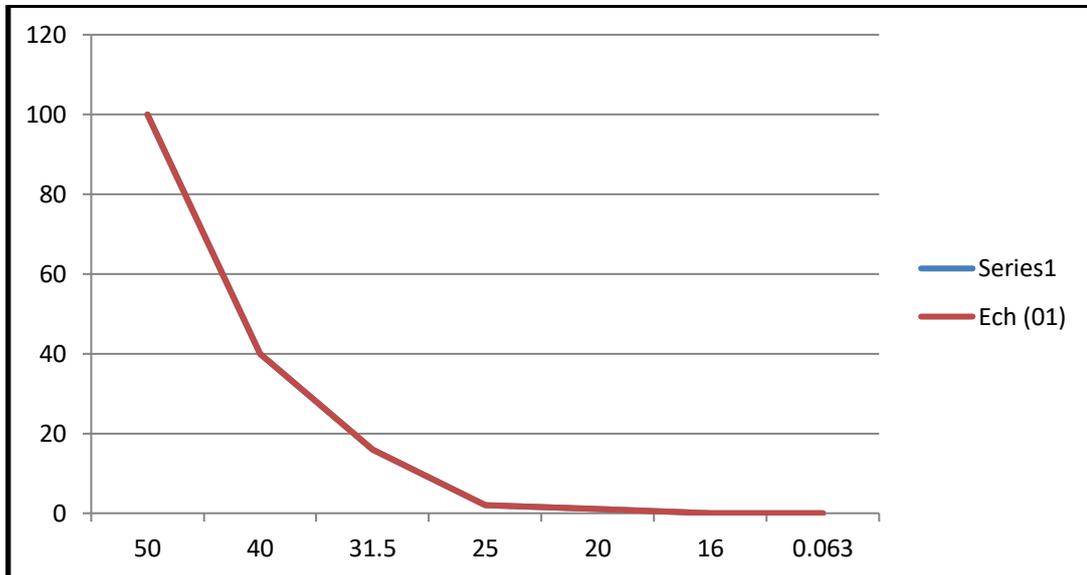


Figure IV.3 : Courbe granulométrique d'échantillon N⁰¹.

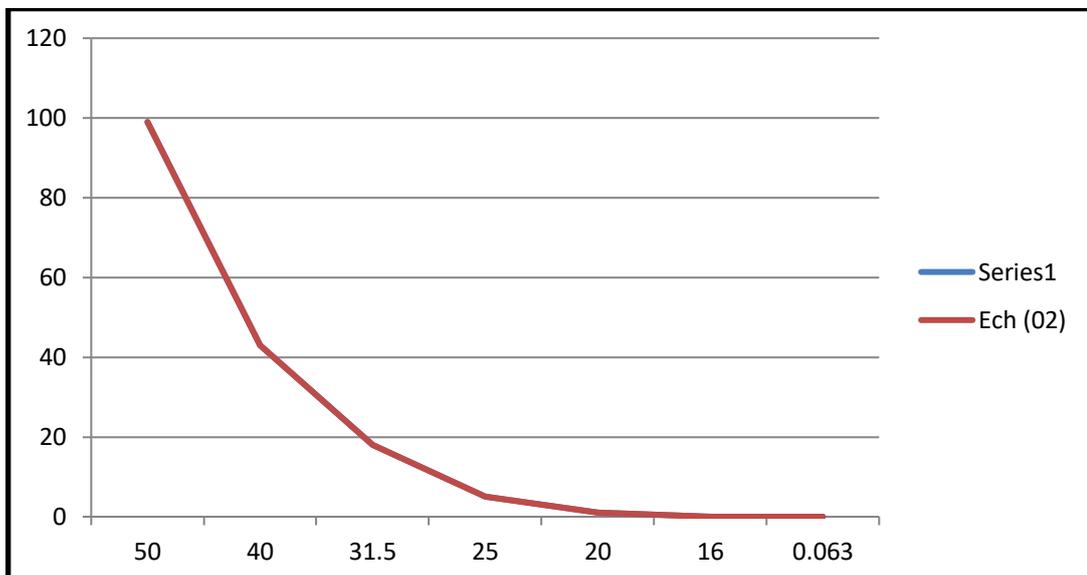


Figure IV.4 : Courbe granulométrique d'échantillon N⁰2.

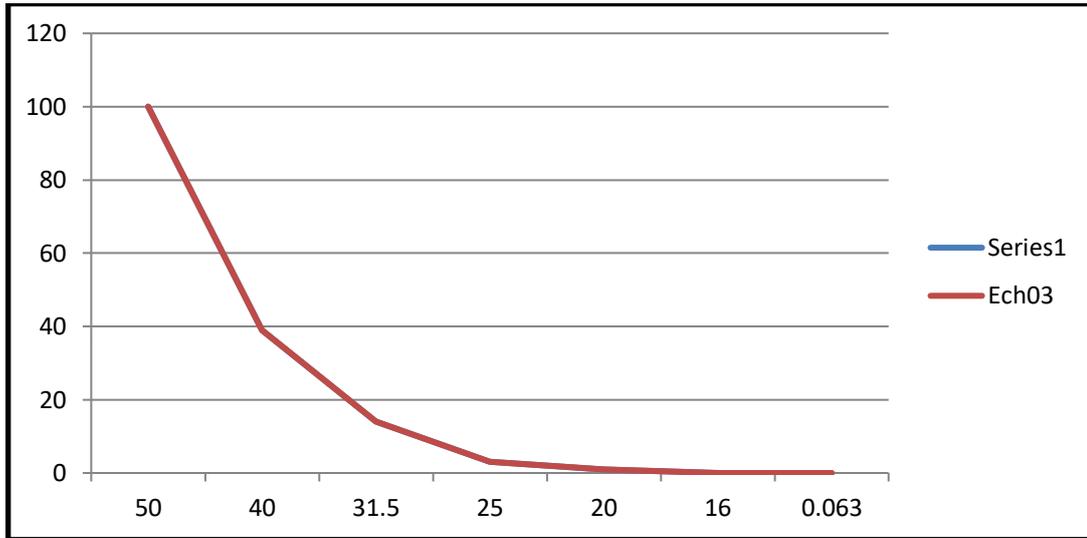


Figure IV.5 : Courbe granulométrique d'échantillon N⁰3.

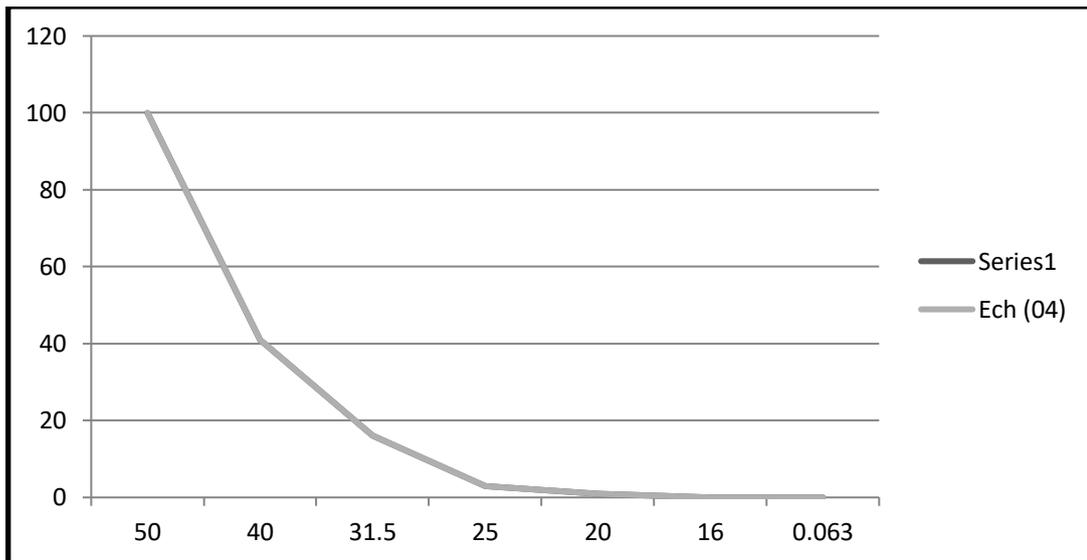


Figure IV.6 : Courbe granulométrique d'échantillon N⁰4.

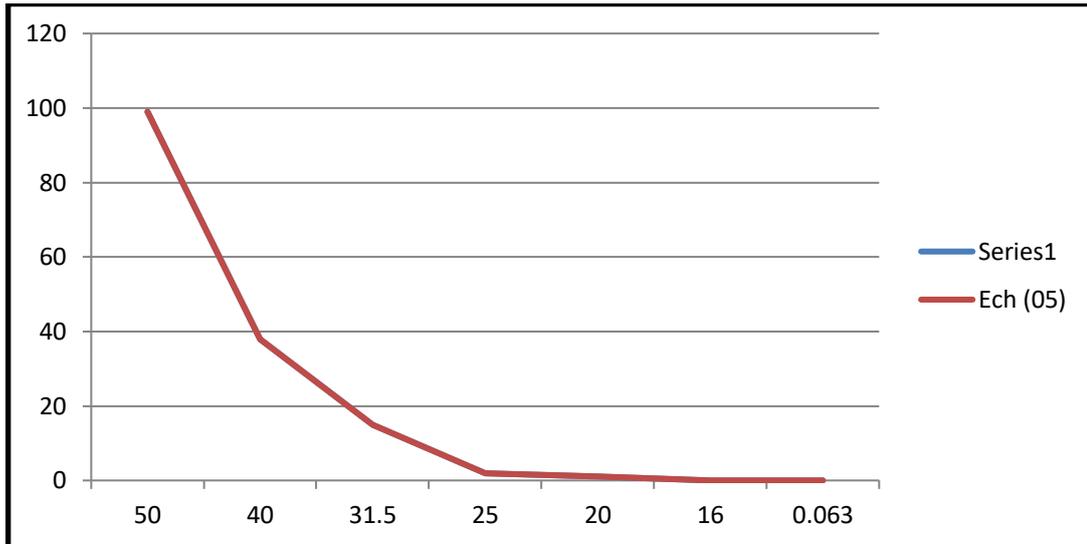


Figure IV.7 : Courbe granulométrique d'échantillon N°5.

III.3. Coefficient de forme :

Le tableau ci-dessous résume les coefficients de formes réalisées de 5 échantillons.

Tableau IV.5 : Coefficient de forme.

Désignation	Coefficient de forme (%)
Ech (01)	27
Ech (02)	28
Ech (03)	28
Ech (04)	27
Ech (05)	28

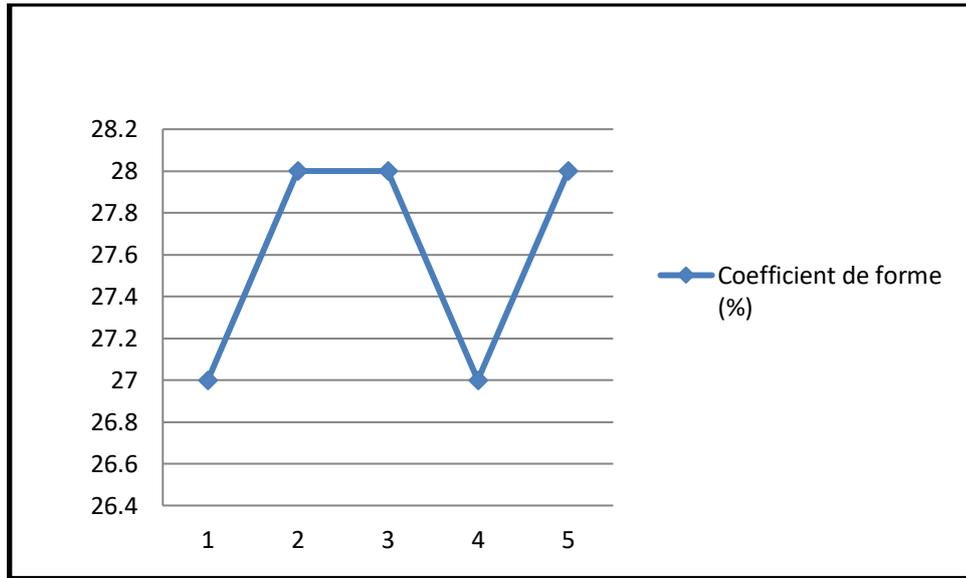


Figure IV.8 : Coefficient de forme.

Le tableau ci-dessous résume les classes granulaires des granulats on fonction des dimensions des maille des tamis.

Tableau IV.6: Classes granulaires des granulats.

Appellation		Dimension de la maille des tamis en (mm)
Pierres cassées et cailloux	Gros	50 à 80
	moyenne	31.5 à 50
	petits	20 à 31.5
Gravillons	Gros	12.5 à 20
	moyenne	8 à 12.5
	petits	5 à 8
Fines, farines et fillers		Inférieur à 0.008

✓ **Interprétation des résultats**

D'après les résultats d'analyse granulométrique réalisés des 5 échantillons et selon les normes EN 933-3 et d'après le tableau IV.6 des classes granulaires on peut dire que la forme et la distribution dimensionnelle des grains des granulats prise de la carrière INFRAFER Hmimmat Nord-Tébessa est de 5% du gravier et 95% des cailloux à pierres cassées.

III.4. Masse volumique :

Le tableau ci-dessous résume les masses volumiques réalisées de 5 échantillons.

Tableau IV.7 : Valeurs des masses volumiques (T/m^3).

Désignation	Masse volumique (T/m^3)
Ech (01)	2.655
Ech (02)	2.647
Ech (03)	2.653
Ech (04)	2.649
Ech (05)	2.634

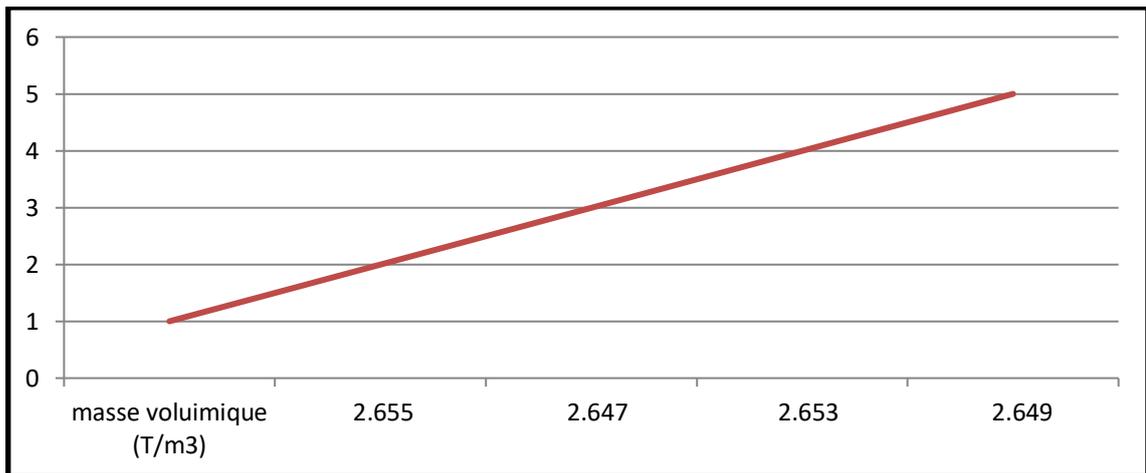


Figure IV.9 : Courbe représentative des masses volumiques.

Tableau IV.8 : Classification des granulats en fonction de la masse volumique.

Granulat	Masse volumique ρ après séchage à l'étuve (kg/m^3)
Granulat naturel (gravier- sable)	2650-2700
Granulat de béton	2350-2550
Granulat de gravats mixtes	2100-2500

✓ **Interprétation des résultats**

D'après la figure IV.9 les masses volumiques de 5 échantillons sont entre [2.634 - 2.655] (T/m^3), alors on peut classées les granulats prise du carrier INFRAFER Hmimmat Nord-Tébessa d'après le tableau IV.8 (normes EN 933) comme granulat naturel.

• **Coefficient de dureté globale :**

Désignation	Ech (01)	Ech (02)	Ech (03)	Ech (04)	Ech (05)
Coefficient					
DRG	9	10	09	10	10

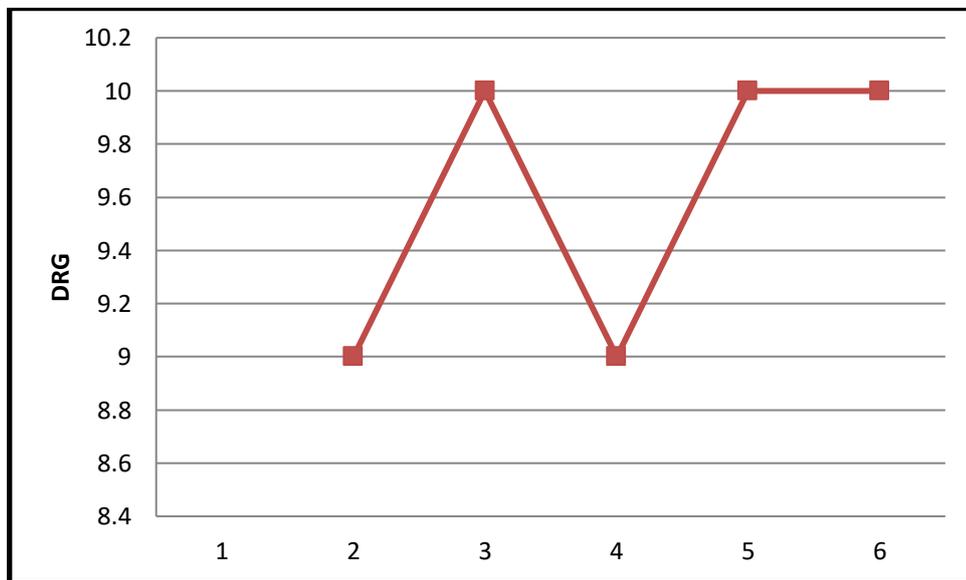


Figure IV.10 : Courbe représentative Coefficient DRG.

III.5. Micro Deval humide :

Le tableau ci-dessous résume les valeurs de Micro Deval humide de 5 échantillons.

Tableau IV.9: Micro Deval humide.

Désignation	Ech (01)	Ech (02)	Ech (03)	Ech (04)	Ech (05)
Coefficient					
MDE (%)	17	16	16	16	17

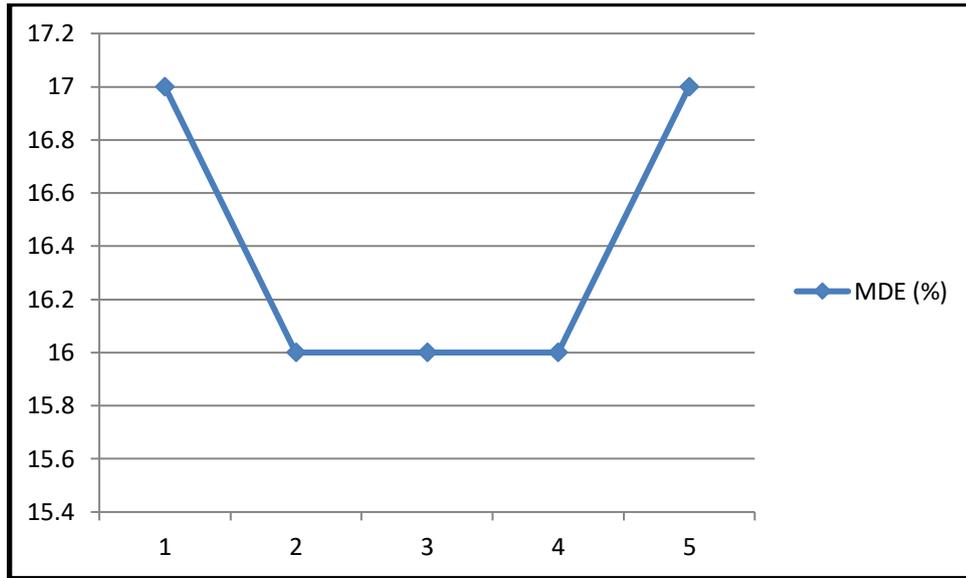


Figure IV.11 : Courbe représentative MDE%.

III.6. Deval sec :

Le tableau ci-dessous résume les valeurs de Micro Deval sec de 5 échantillons.

Tableau IV.10 : Deval sec.

Désignation	Ech (01)	Ech (02)	Ech (03)	Ech (04)	Ech (05)
Deval sec (%)	10	10	9	9	10

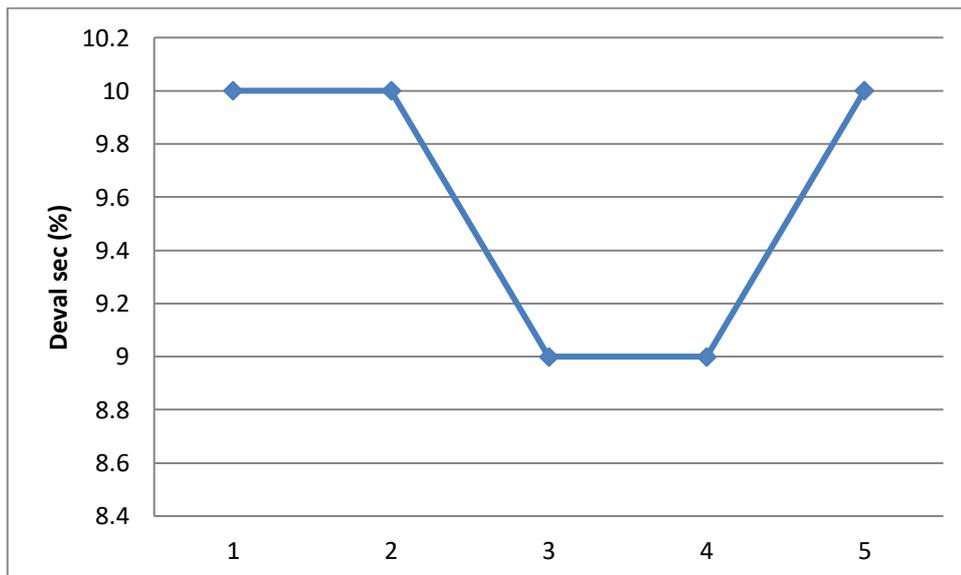


Figure IV.12 : Courbe représentative Deval sec.

III.7. Los Angles:

Tableau IV.11: Los Angles.

Désignation	Ech (01)	Ech (02)	Ech (03)	Ech (04)	Ech (05)
LA (%)	32	31	31	30	31

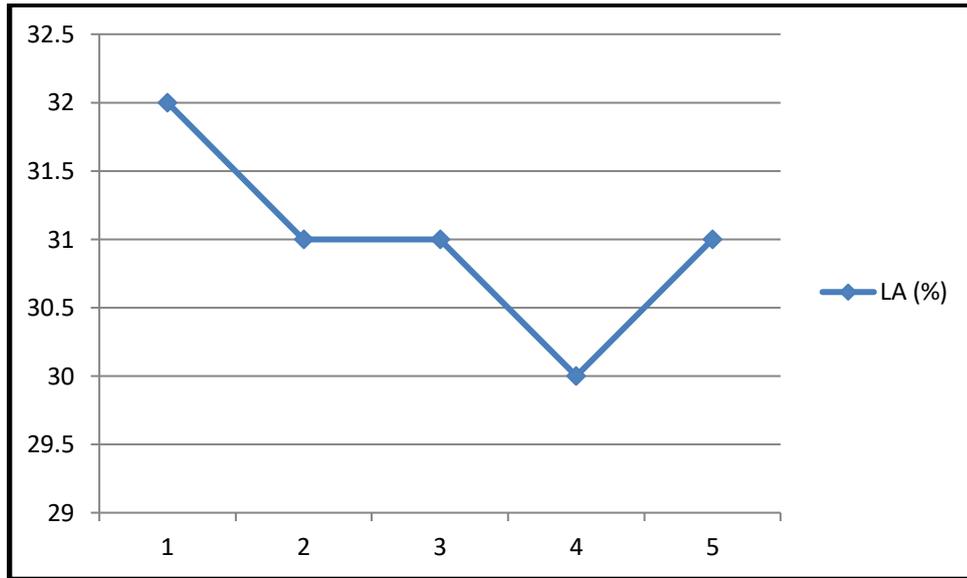


Figure IV.13 : Courbe représentative LA%.

Tableau IV.12 : Valeurs repères de LA%.

Valeurs repères	
Coefficient Los Angles	Appréciation
< 15	Très bon à bon
15 à 25	Bon à moyen
25 à 40	Moyen à faible
> 40	Médiocre

Le tableau ci-dessous résume les catégories de classement des granulats suivant LA% et MDE%.

Tableau IV.13 : Classification des granulats suivant leurs coefficients LA% et MDE%.

CATEGORIES	LA+MDE	LA	MDE
A	≤ 25	≤ 20	≤ 15
B	≤ 35	≤ 25	≤ 20
C	≤ 45	≤ 30	≤ 25
D	≤ 55	≤ 35	≤ 30
E	≤ 80	≤ 45	≤ 45
F	> 80	> 45	> 45

LA – Coefficient Los Angeles.

MDE – Coefficient Micro Duval.

✓ **Interprétation**

D'après le tableau(IV.13) de LA% et MDE% On peut classées les granulats du carrier INFRAFER Hmimmat Nord-Tebessa suivant les valeurs obtenue des essais réalisées de 5 échantillons dans la catégorie C qui est de bon a moyen qualités.

IV. Nos granulats dans les domaines de génie civil

V.1. Béton :

- Le tableau ci-dessous résume les seuils de LA% et de MDE% d'après les normes de béton :

Tableau IV.14 : Les seuils de LA et de MDE d'après les normes de béton.

Essai	Test	Mesures	Seuil
Los Angeles(LA)	Simule le répété d'un charge lourd qui risque de fragmenter les granulats	Passing à 1.6 mm plus il est élevé, plus les granulats sont tendres.	LA ≤ 25
Micro-deval (MDE)	Simule le comportement d'un granulat par temps de pluie	Idem plus il est élevé, plus les granulats s'usent vite.	MDE ≤ 25

V.2. Domaine Routière :

- Le tableau ci-dessous résume les seuils de LA% et de MDE% d'après les normes routières (XP-P 18-545) :

Tableau IV.15 : Les seuils de LA% et de MDE% d'après les normes routières.

Essai	Test	Mesures	Seuil
Los Angeles(LA)	Simule le passage répété d'un poids lourd qui risque de fragmenter les granulats	Passing à 1.6 mm plus il est élevé, plus les granulats sont tendres.	LA ≤ 45
Micro-deval(MDE)	Simule le comportement d'un granulat par temps de pluie	Idem plus il est élevé, plus les granulats s'usent vite.	MDE ≤ 45
LA+ MDE	Pour les sols sableux	Refus à 0.2 mm plus il est élevé plus les sables sont friables.	FS ≤ 60

- Les figures ci-dessous représentent les valeurs de $LA\%$ et de $MDE\%$ dans le domaine de génie civil.

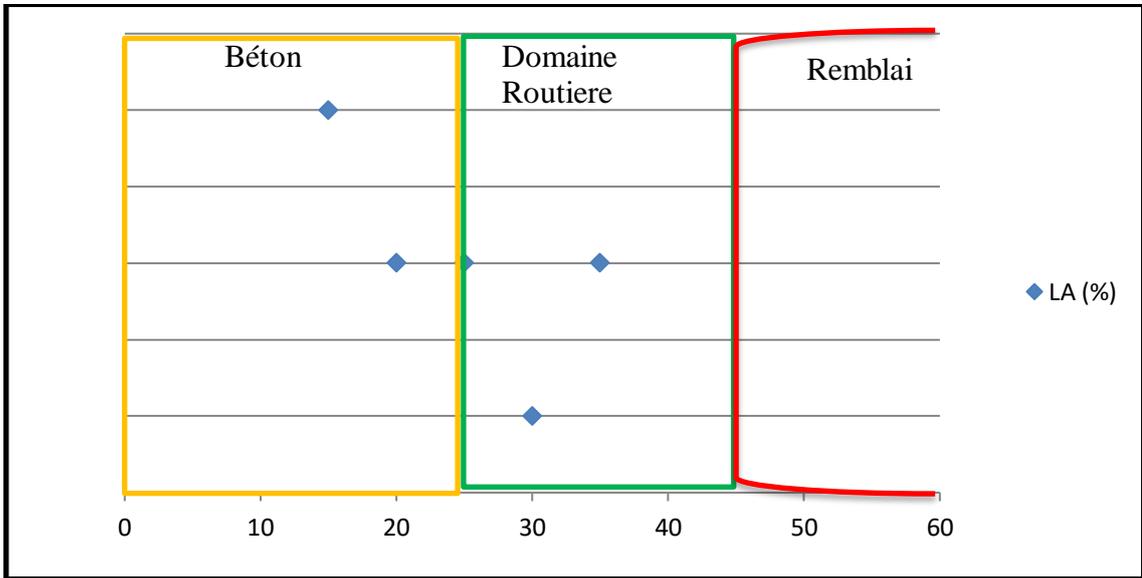


Figure IV.14: Graphique de nuage de points représente les valeurs de $LA\%$ dans le domaine de génie civil.

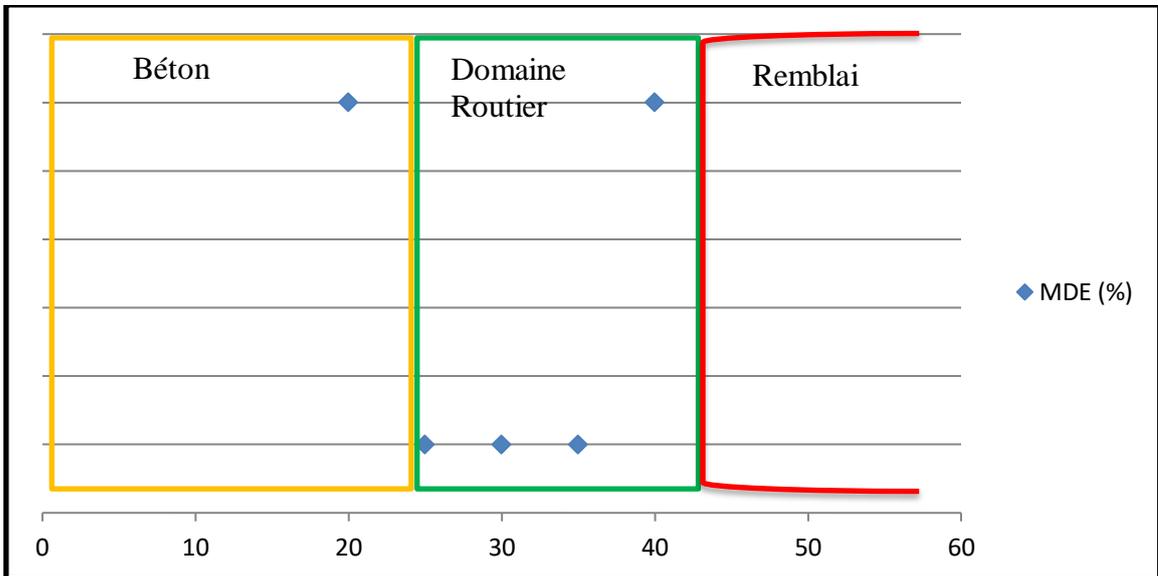


Figure IV.15 : Graphique de nuage de points représente les valeurs de $MDE\%$ dans le domaine de génie civil.

- La figure ci-dessous représente les domaines d'utilisation du granulat (cas d'étude) on fonction des valeurs de $LA\%$ et $MDE\%$ dans le domaine de génie civil.

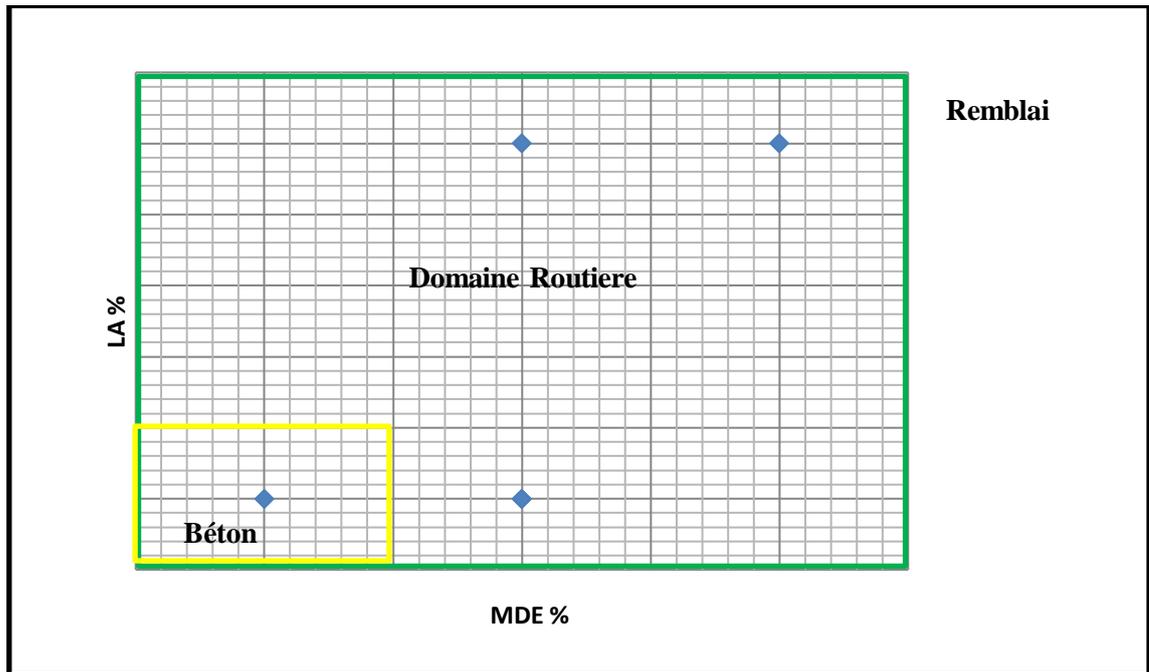


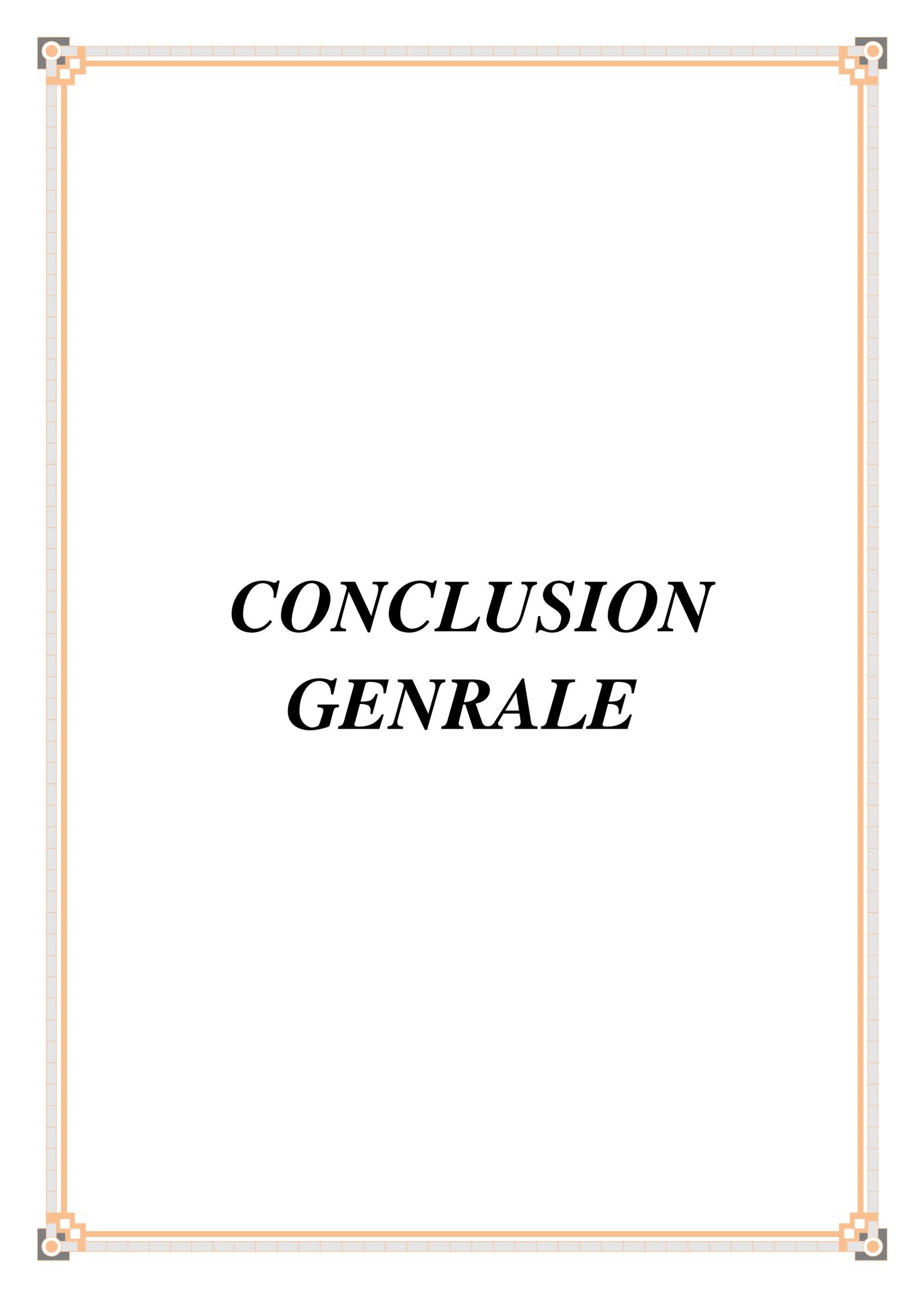
Figure IV.16 : Graphique de nuage de points représente LA% en fonction de MDE% dans le domaine de génie civil.

V. Conclusion

Au cours de ce travail, plusieurs points, concernant l'identification d'un agrégat (carrière INFRAFER Hmimmat Nord-Tébessa), ont été clarifiés :

- ✓ Une teneur en eau moyenne.
- ✓ Une distribution dimensionnelle des grains montre des granulats de type gravier, cailloux à pierres cassées.
- ✓ Selon les masses volumiques obtenues notre granulat est classé comme granulat naturel.
- ✓ D'après les coefficients LA% et MDE% notre granulat est identifié comme un granulat de bon à moyen qualités.

Alors on peut conclure que les agrégats « granulat » de la carrière INFRAFER Hamimmat Nord -Tébessa servent essentiellement pour le remplissage grossier dans les bétons et pour le revêtement des routes et de voie ferré.



CONCLUSION
GENRALE

Conclusion générale

L'objectif de ce travail est de présenter une étude pour l'identification d'un agrégat issue de la Carrière de INFRAFER Hammimet Nord –Tébessa.

La wilaya de Tébessa est caractérisée par des chaîne d'ATLAS SAHARIEN d'origine de roches sédimentaire, ils présents une bonne affinité vis-à-vis des liants hydrocarbonés, et d'une grande partie de granulats d'origine calcaire.

Le travail de recherche bibliographique présenté dans ce mémoire concerne les agrégats, les différents types des roches et les différents types des granulats qui ont été choisies à titre d'exemples pour l'identifier de point de vus géomécanique.

La carrière INFRAFER du Hammimet Nord-Tébessa « cas d'étude », se trouve dans un endroit stratégique vis avis la commercialisation du produit, les réserves calculés sont importantes ce qui permet l'exploitation de la carrière sur toute la validité du permis.

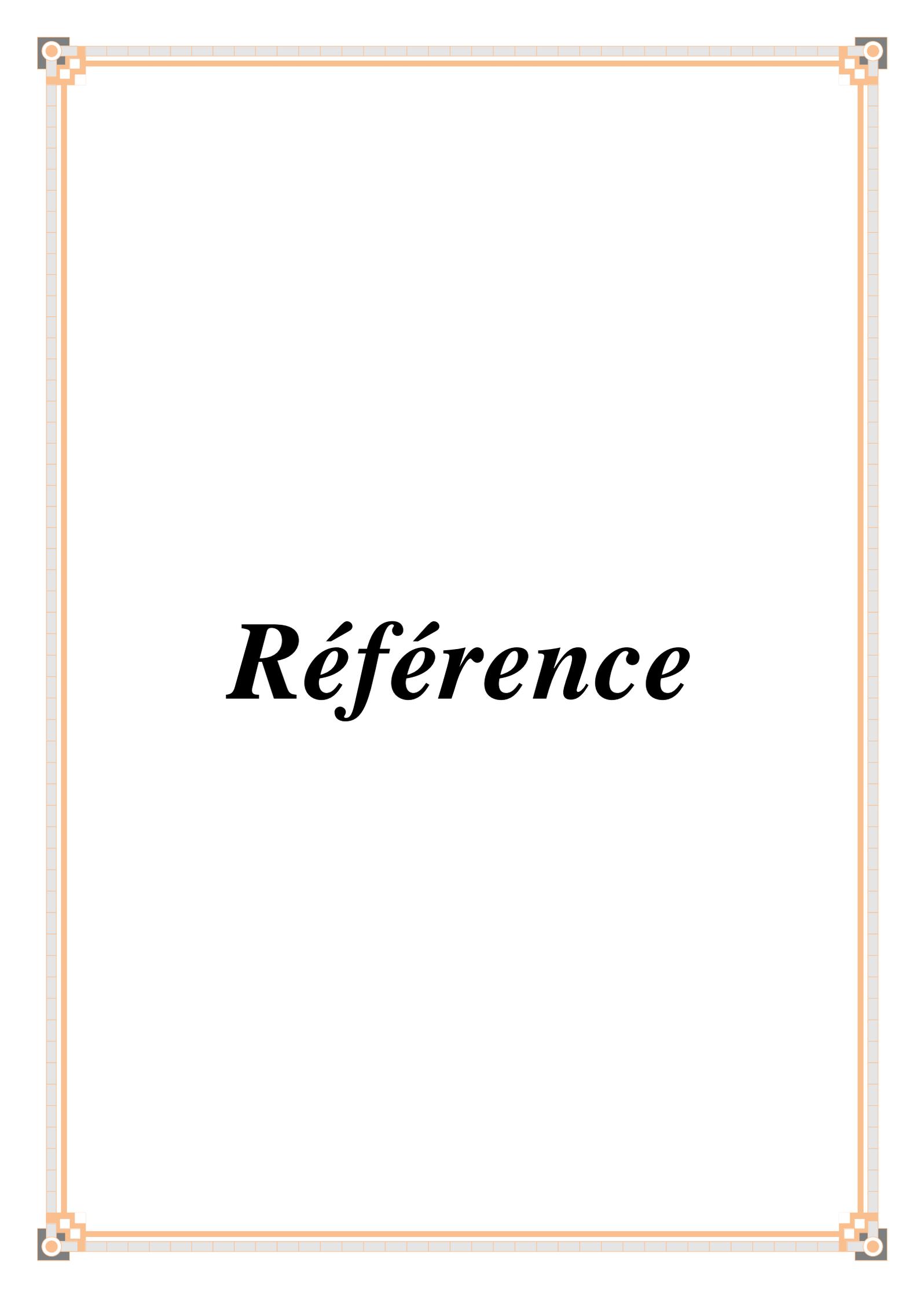
La station de concassage de cette carrière avec les installations citées auparavant est dans la mesure d'assure des granulats très demandés sur le marché.

L'utilisation des matériaux granulaires, nous a permis de fait une identification profonde à ses roches, ces matériaux de roches ont été identifiés par des méthodes physique, mécanique et chimique, dans le but d'analyser les agrégats. Toutes nos études expérimentales ont été réalisées en laboratoire avec une maquette, permettant l'utilisation de différents types de fonds.

Les études réalisées ont permis des avancées significatives dans la compréhension des agrégats d'INFRAFER Hmimmat Nord -Tébessa.

En fin, on peut dire que les agrégats « granulats » de la carrière INFRAFER Hmimmat Nord -Tébessa servent essentiellement pour le remplissage grossier dans les bétons et pour le revêtement des routes et de voie ferré.

La conclusion la plus fréquemment notée, pour un producteur d'agrégats, il n'est pas facile d'identifier les exigences de qualité d'un agrégat. Alors qu'il y a des règles bien définies pour les normes décrivant les propriétés des agrégats.



Référence

Référence:

[1]: Joshua Jortner. *Cluster size effects. Zeitschrift fur physic D Atoms, Molecules and Clusters*, 24(3), September 1992.

[2]: Jortner *Ber. Bunsenges phys. chem.* 88, 188(1984)

[3]: Iramis.cea.fr

[4]: Fr.123rf.com

[5]: Fr.wekepedia.org

[6]: Commons.wikimédia.org

[7] : *AFTES (Association Française de Travaux en Souterrain) Recommandation relative à la caractérisation des massifs rocheux utile à l'étude et à la réalisation des ouvrages souterrains. Groupe de travail n°1, Tunnels et Ouvrages Souterrains n° 177, mai-juin 2003, pp. 138 – 186, D. Fabre corédacteur).*

[8] : Fr.vikidia.Org

[9] : Unilim.fr

[10] : *Jean des perrex. Ch*

[11]: *BIENIAWSKI Z.T. Engineering rock mass classifications. John Wiley, New York, 1989*

[12] : *ROBITAILLE, Vincent et TREMBLAY, Denis, Mécanique des sols, théorie et pratique, Édition Modulo, 1997, 680 pages.*

[13] : *Xiang-liang LI., 1999.comportement hydromécanique des sols fins : de l'état saturé à l'état non saturé. Thèse de doctorat en science appliquées, Université de liégé.*

[14] : forum.permaculture.fr/viewtopic.php?f=85&t=11465.

[15]: photos-afes.fr//picture.php?/270.

[16] : www.karakas-francais.ch/geotechnique.html.

- [17] : Delphine, H., Michel A., (2002) *Rapport : Historique national des opérations de curage et perspectives. « Études sur l'eau en France ministère de l'écologie et du développement durable, Agence de l'eau Artois-Picardie.*
- [18] : " Béton léger", VUB – Matériaux de construction d'après-guerre, www.materiauxdeconstructiondapresguerre.be/material/lightweight-concrete_
- [19] : *Technique l'ingénieur C2210.*
- [20] :R. MAILLOT, "*Mémento technique des Granulats*", les Presses de l'Ecole des Mines, Paris, 166 p., (2001).
- [21] : J. BARON, et R. SAUTREY, "*Le béton hydraulique*", Presse de l'école nationale des ponts et chaussées, Paris, 560 p., (1982).
- [22] :V. PHOUMMAVONG, "*Cours en ligne matériaux de construction*", Université Nationale du Laos, <http://www.la.refer.org/materiaux/>
- [23] : J. ALEXANDRE & J. SEBILEAU, "*Laitier de haut fourneau*", Centre Technique et de Promotion des Laitiers, Paris édition, 340 p., (1988).
- [24] : S. HACHAICHI, "*Substitution de Sable roulé par les déchets de carrières et de hauts fourneaux dans le béton*", *Thèse de Magister*, 92 p., (2008).
- [25] : G. ARQUIE & C. TOURENQ, "*Granulats*", Presses de l'école nationale des Ponts et Chaussées, 717 p., (1990).
- [26]:A. M. NEVILLE, "*Propriétés des bétons*", traduit par le CRIB, *Edition Eyrolles*, 806p. (2000).
- [27] : Le LERM, "*Déchets de chantiers de bâtiment*", enquête CEBTP/DEMAIN pour FFB et ADEME, (1999).
- [28] : ADEME, "*Guide des déchets de chantiers de bâtiment*", Paris, (1998).
- [29] : M. QUEBAUD, "*Caractérisation des granulats recyclés : Étude de la composition et du comportement de bétons incluant ces granulats*", *Thèse de doctorat*, Université d'Artois, 247 p., (1996).

[30]: RILEM, "*Demolition and Reuse of concrete*", Report of technical committee, 37- DRC, T.C Hansen, E&FN SPON, 305 p., (1988).

[31]: F. PELLERIN, "*Caractérisation des granulats recyclés fabriqués avec du béton de ciment et des enrobés bitumineux pour utilisation dans les fondations routières*", Thèse de master es sciences, Université de Laval, 165 p., (2000).

[32] :H.HUSSAIN & D. LEVACHER, "*Recyclage de béton de démolition dans la fabrication des nouveaux bétons*", XXI^{èmes} Rencontres Universitaires de Génie Civil, (2003).

[33] : Norme Française P 18-553, "*Granulats -Préparation d'un échantillon pour essai*", AFNOR, (1990).

[34] : Norme Française EN 932-1, "*Essais pour déterminer les propriétés générales des granulats – Partie 1: Méthodes d'échantillonnage*", AFNOR, (1996).

[35] :J. BARON & J. P. OLIVIER, "*Les bétons, bases et données pour leur formulation*", Association technique de l'industrie des liants hydrauliques, R. BERTRANDY et C. PIKETTY, "*Les granulats pour bétons*", 2^{ème} tirage, Edition Eyrolles, 522 p., (1997).

[36] : Norme Française XP P 18-540, "*Granulats - Définitions, conformité, spéciations, indice de classement: P 15-540*", (1997).

[37] : Norme Française EN 12-620, "*Granulats pour béton hydraulique*", (2004).

[38] : F. GABRYSIAK, "*Matériaux - Les Granulats - Chapitre 2*", Académie de Nancy-Metz, http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/Batiment_Pro/

[39]:T. YAMATO & M. SOEDA, "*Physical properties of recycled aggregate and the utilization as concrete aggregate*", International seminar on Recycled Concrete, (2000).

[40] : Norme Française EN 1097-3, "*Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats - Partie3: Détermination de la Masse volumique apparente*", AFNOR, (1996).

[41]:Norme Française P 18-558, "*Granulats: Détermination de la masse volumique absolue des fines*", AFNOR, (1990).

[42] :R. DUPAIN, R. LANCHAN & J.-C. SAINT-ARROMAN, "*Granulats, Sols, Ciments et Bétons*", Editions Castilla, 2^{ème} édition conforme aux normes européennes, 236 p., (2000).

- [43] : Norme Française P 18 554, "*Granulats - Mesures des masses volumiques, de la porosité, du coefficient d'absorption et de la teneur en eau des gravillons et cailloux*", (1990)
- [44] :S. HACHAICHI, "*Substitution de Sable roulé par les déchets de carrières et de hauts fourneaux dans le béton*", *Thèse de Magister*, 92 p., (2008).
- [45] : Norme Française P 18-555, "*Granulats - Mesures des masses volumiques, coefficient d'absorption et de la teneur en eau des sables*", AFNOR, (1990).
- [46] : Norme Française P 18 554, "*Granulats - Mesures des masses volumiques, de la porosité, du coefficient d'absorption et de la teneur en eau des gravillons et cailloux*", (1990)
- [47] : Norme Européenne EN 206-1, "*Béton Partie1: Spécification, performances, production et conformité*", (2002)
- [48] :L. MIREN ETXEBERRIA, "*Experimental Study on Microstructure and Structural Behaviour of Recycled Aggregate Concrete*", *Thèse de doctorat*, Université polytechnique de Catalogne - Espagne, 242 p., (2004).
- [49] : Norme Française EN 12-620, "*Granulats pour béton hydraulique*", (2004).
- [50]: R.S. RAVINDRARAJAH, M. STEWARD & D. GRECO, "*Variability of Recycled Concrete Aggregate and its Effects on Concrete Properties*", 2nd International Conference on Engineering Materials, San Jose, USA, (2001).
- [51] : Norme Européenne EN 1367-1, "*Résistance à l'alternance gel-dégel*",
- [52] : Norme Française XP P 18-573, "*Granulats - Essai Los-Angeles*", AFNOR, (1990).
- [53]:V.W.Y. TAM, "*Aggregate testing using 2nd-, 7th- and 10th-order interpolation polynomials*", *Resources, Conservation and Recycling*, 52(1), pp:39-57, (2007).
- [54] : Norme Française XP P 18-574, "*Granulats - Essai de fragmentation dynamique*", AFNOR, (1990).
- [55] : Norme Française P 18-577, "*Granulats - Essai Micro-Deval*", AFNOR, (1990).
- [56] : Norme Française XP P 18-574, "*Granulats - Essai de fragmentation dynamique*", AFNOR, (1990).

[57]: FT OLORUNSOGO & N. PADAYACHEE, "*Performance of recycled aggregate concrete monitored by durability indexes*", *Cement & Concrete Research*, 32(2), pp.: 179-185, (2002).

[58] : Norme Française P 18-577, "*Granulats - Essai Micro-Deval*", AFNOR, (1990).

[59] : *Rapport géologique (Route Constantine-wilaya de Tébessa), mars (2014)*.

[60] : *Researchgate.net*.

[61] : *Carte topographique 1 /500000 morsott*.

[62] : *Carte géologique 1/500000 morsott*.

[63] : *Exploitation des carrières (KOVAINKID)*.

[64] : *Elaboration du projet (V.STE PANOV)*.

[65] : *Gouaidia layachi.2014.Article*