



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers

Université d'Oran 2

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE

Mémoire pour l'obtention de Diplôme de Master 02 en Géologie

Option : Ressources Minérales, Géo-matériaux, et environnement (RMGE).

Intitulé :

Les caractéristiques physico-chimiques des granulats de la carrière Sidi Abdelli, Tlemcen

Présenté par :

- BENKETTI HOUSSEM EDDINE
- SEFFIH AIDA

Soutenu le 27 Juin 2024 devant le Jury composé de :

Présidente :	Mme. LAGRAA KARIMA	MCA	Univ.Oran.02
Encadreur :	Mr. BAAOUAGUE ABDELBAKI.	MAA	Univ.Oran.02
Examineur :	Mr. SADJI REDOUANE	MCB	Univ.Oran.02

Année Universitaire : 2023/2024

Remerciement

*Nous adressons nos remerciements à tout le personnel des professeurs distingués de la Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers, Université Mohammed ben Ahmed, Oran 2, pour leurs efforts visant à assurer la poursuite de ce master. Nous remercions particulièrement l'encadreur de notre mémoire Mr **BAAOUAGUE ABDEL BAKI** ; ainsi que tout le personnel de La carrière d'agrégats de L'entreprise ENG de SIDI **ABDALLI**, et particulièrement l'ingénieur de laboratoire Mme **MESHERNAN GHOUTHIA**, pour avoir déployé ses efforts pour nous aider.*

*Un grand merci au Pr **TABLIOUNA Mohamed** le responsable du Master RMGE ; ainsi que Tous les enseignants de l'équipe de formation du Master ; parmi Mr **BENRAMDANE H** ; **ALLAMI FZ** ; Et nous remercions tous ceux qui ont contribué à l'achèvement de ce travail.*



Dédicace

Je dédie ce travail

Je dédie ce travail à ma famille spéciale qui m'a soutenu tout au long de mon parcours

étudie :

Ma **mère**, mon **père**

Et mes frères **Khaled**, **Rashid**, **Hocine**,

Et à ma sœur **Dalila**, une amie de mon chemin, et ma deuxième mère qui a toujours

été à mes côtés,

Je dédie également ce travail à mon frère **ABDELNOUR**, que Dieu.

Ayez pitié de lui, et sans oublier mon collègue dans ce travail, **Benketti Houssef Eddine**, et je dédie ce travail à tous mes amis dans cette spécialité.

Seffih Aouda

Dédicace

Le grand merci à mon cher père **BENKETTI Abdelkrim** et ma chère mère **BOUKRERIS Nawal** pour leur encouragement constant et leur sacrifié pour atteindre ce succès.

Merci pour votre amour, votre affection, que dieu vous garde.

Je dédie ce travail a :

Mes parents

Mes oncles et tantes

Mes amis

Ma promo RMGE

A toutes la familles **BENKETTI** et **BOUKRERIS**

A tous les ingénieurs de l'ENG (**M. MECHERNENE, Ms. YOUSSEF, Ms. KARIM**), et sans oublier ma collègue dans ce travail, **M. SEFFIH AIDA**.

A toutes les personnes qui m'ont aimée, je leurs dit merci de m'avoir donnée l'occasion de partager des moments inoubliables.

**BENKETTI HOUSSEM
EDDINE**



ملخص

تقدم هذه المذكرة تحليلاً متعمقاً للخصائص الفيزيائية والكيميائية للركام المستخرج من محاجر الركام بمنطقة سيدي عبدلي الواقعة في ولاية تلمسان بالجزائر.

الهدف من هذه الدراسة هو تحليل اختبارات الجودة (لوس أنجلوس، مايكرو دوفال، أزرق الميثيلين، محتوى الكربونات في مختبر محجر ENG بسيدي العبدلي).

إن جودة الركام هي أولاً مستوى من المواصفات لاستخدام معين، ثم هي الحفاظ على هذا المستوى من المواصفات مع مرور الوقت.

بالنسبة للمنتج، كل هذا يتطلب معرفة إيداعه، ومراقبة سلسلة إنتاجه، وتوصيف منتجاته المصنعة، ووضع ملخص فني وورقة التزام لكل منها، وتنفيذ وتطبيق خطة ضمان الجودة.

ولتحديد الجودة، هناك معايير دولية ومحلية تسمح للمنتجين بتأهيل موادهم بشروط واضحة لعملائهم. وبالتالي يمكن لهذه أن تحدد المجاميع الأكثر ملاءمة وفقاً لما يلي:

- نوع وشروط استخدام العمل المراد تنفيذه،
- تقنيات التنفيذ والاستغلال المتوخاة.

وأخيراً، فإن النتائج التي تم الحصول عليها تشير إلى انخفاض قيم الزرق الميثيلين، وميكرو دوفال، ولوس أنجلوس والتي تدل على تحسن جودة الركام المستخرج من رواسب الجير والدولوميت، يكون هذا بسبب التحسينات في عمليات الإنتاج، واختيار الموارد الجيدة ومتابعة معايير الجودة، وتنفيذ اختبارات مراقبة النتائج لتقليل محتوى الطين والتآكل.

ومن خلال الاستمرار في مراقبة هذه الجوانب وتحسينها، يستطيع المحجر الحفاظ على جودة الركام وتحسينها، مما يضمن ملاءمتها لمختلف تطبيقات البناء.

إذا يمكن تصنيف جودة حصى محجر سيدي العبدلي أنه حصى جيد وذو جودة عالية إلى متوسطة، وذو نقاوة ويمكن استخدامه في البناء وإنشاء الطرقات، وصنع الخرسانة.

الكلمات المفتاحية: سيدي العبدلي، الركام، الصفات، الخصائص الركامية، تحليلات الاختبار

Abstract

This graduation note presents an in-depth analysis of the physical-chemical characteristics of the aggregates extracted from aggregate quarries in Sidi Abdelli located in Tlemcen Province, Algeria.

The aim of this study is to analyze the quality tests (LA, micro-Duval, methylene blue, carbonate content) in the ENG quarry laboratory in Sidi Abdelli.

Aggregate quality is firstly a level of specification for a particular use, and then it is the maintenance of that level of specification over time.

For a producer, this requires knowing its deposit, monitoring its production chain, characterizing its manufactured products, developing a technical summary and compliance sheet for each, and implementing and enforcing a quality assurance plan.

To define quality, there are international and local standards that allow producers to qualify their materials in clear terms for their customers. These can therefore determine the most appropriate aggregates according to the following:

- The type and conditions of use of the work to be performed.
- The implementation and exploitation techniques envisaged.

Finally, the results obtained indicate a decrease in the values of methylene blue, micro-Duval, and LA, which indicate an improvement in the quality of the aggregates extracted from lime and dolomite deposits, due to improvements in production processes, selection of good resources, monitoring of quality standards, and implementation of result control tests to minimize clay content and corrosion.

By continuing to monitor and optimize these aspects, the quarry is able to maintain and improve the quality of the aggregates, ensuring their suitability for various construction applications. The quality of Sidi Al Abdali Quarry's gravel can be categorized as good, high to medium quality, fine gravel that can be used in construction, road construction, and concrete making.

Key words: Sidi Abdali, Aggregates, Characteristics, Aggregate properties, Test Analytics.

Résumé

Cette mémoire présente une analyse approfondie sur les caractéristiques physico-chimiques des granulats extraits de la carrière des granulats de la région de Sidi Abdelli, située dans la wilaya de Tlemcen, Algérie.

L'objectif de cette étude est d'analyser les tests et les essais physiques et chimiques pour déterminer la qualité de notre granulats, (Los Angeles, Micro-Dévale, Bleu de méthylène, Teneur en carbonate) dans le laboratoire de l'unité, carrière de Sidi Abdelli (Entreprise National des Granulats).

La qualité des granulats est d'abord un niveau de spécification pour un usage particulier, puis le maintien de ce niveau de spécification dans le temps.

Pour un producteur, cela implique de connaître son gisement, de surveiller sa chaîne de production, de caractériser ses produits manufacturés, d'élaborer un résumé technique et une fiche de conformité pour chacun d'entre eux, et de mettre en œuvre et d'appliquer un plan d'assurance qualité

Pour définir la qualité, il existe des normes internationales et locales qui permettent aux producteurs de qualifier leurs matériaux en termes clairs pour leurs clients. Ceux-ci peuvent ainsi déterminer les totaux les plus appropriés en fonction des éléments suivants :

- Le type et les conditions d'utilisation de l'ouvrage à réaliser.
- Les techniques de mise en œuvre et d'exploitation envisagées.

Enfin, les résultats obtenus indiquent une diminution des valeurs de bleu de méthylène, de micro-Duval et de Los Angeles, ce qui témoigne d'une amélioration de la qualité des granulats extraits des gisements de chaux et de dolomie, grâce à l'amélioration des processus de production, à la sélection de bonnes ressources, au suivi des normes de qualité et à la mise en œuvre d'essais de contrôle visant à minimiser la teneur en argile et la corrosion.

En continuant à surveiller et à optimiser ces aspects, la carrière est en mesure de maintenir et d'améliorer la qualité des agrégats, garantissant ainsi leur adéquation à diverses applications de construction.

La qualité des agrégats de la carrière de Sidi Abdelli peut être classée comme un gravier fin de bonne qualité, de qualité élevée à moyenne, qui peut être utilisé dans la construction, la construction des routes et la confection de béton.

Mots-clés : Sidi Al Abdelli, Granulats, Caractéristiques, Propriétés des granulats, Analyses des tests.

Table des Matières

Remerciement

Dédicace

Résumé

Table des Matières

Liste des figures

Liste des tableaux

List des photos

Introduction générale 1

CHAPITRE 01 :

GENERALITES

1. Situation géographique de secteur étude 3

2. Infrastructures 4

4. Climat 5

5. hydrographie 5

5.1. Barrage Al Izdihar à Sidi-Abdelli 5

CHAPITRE 02 :

GEOLOGIE LOCAL ET REGIONAL

I. Géologie régional 8

A. Région de Tlemcen 8

1. Contexte géographique 8

1.1. Situation générale des Monts de Tlemcen et de la région d'étude 8

1.1.1. Les Monts de Tlemcen 8

2. Contexte géologique 8

2.1. Les grands traits géologiques des Monts de Tlemcen 8

2.1.1. Sur le plan structural 8

2.1.2. Sur le plan stratigraphique 10

II. Géologie local 13

1. Situation géographique de gisement 13

1.1. Gisement de Djebel l'Abiod 13

1.2. Géologie de gisement 13

1.3. Litho-stratigraphie du gisement 14

2. Description 15

2.1. Formation de Dolomies de Tlemcen 15

2.2. Formation de Calcaires de STAH	16
2.2.1. TECTONIQUE	17
2.2.2. HYDRO GEOLOGIE DE GISEMENT	17
2.2.3. LES KARSTS	17
2.2.4. Etudes géologiques antérieures	18
2.2.5. ESTIMATION DES RESERVES	18
CHAPITRE 03 :	
GRANULATS NOTIONS ET TYPES	
1. Introduction	20
2. Types des Granulats	20
2.1. En fonction de leurs origines	20
2.1.1. Granulats Naturels	20
2.1.2. Granulats Artificiels	22
2.1.3. Les granulats recyclés	23
2.2. En fonction de leurs masses volumiques réelles	23
2.2.1. Granulats légers	23
2.2.2. Granulats courants	23
2.2.3. Granulats lourds	23
2.3. En fonction de la forme de leurs grains	23
2.3.1. Les granulats concassés	23
2.3.2. Les granulats roulés	24
3. Classification des Granulats	24
4. Caractéristiques des granulats	26
4.1. Les caractéristiques géométriques	26
4.1.1. Échantillonnage	26
4.1.2. Module de finesse : EN-12620	27
4.1.3. Coefficient d'aplatissement : NF P 18-561	28
4.1.4. Forme des granulats	29
4.2. Les caractéristiques physico-chimiques	29
4.2.1. Propreté des granulats	29
4.2.2. La masse volumique absolue	32
4.2.3. La masse volumique réelle	32
4.2.4. La masse volumique apparente	33
4.2.5. Essais de pourcentage de carbonates : CaCO₃(NF P 94-048)	33
4.3. Caractéristiques mécaniques	36
4.3.1. Micro Dévale	37

4.3.2. Résistance au choc (Essai Los Angeles) norme (NF P 18-573)	38
5. Conclusion.....	40

CHAPITRE 04 :

ESSAIS: RESULTATS ET ANANLYSE

1. Introduction	42
2. Les résultats obtenus	42
3. Analyses et interprétions des résultats	43
3.1. Essais de Los Angeles	43
3.2. Essais de Micro-Dévale en présence d'eau	43
3.3. Essais de Bleu-Méthylène	43
3.4. Liens avec la Géologie	44
4. Recommandations	45
4.1. Contrôle des processus de Production	45
4.2. Analyse des caractéristiques Géologiques	45
4.3. Changement dans la méthode d'extraction	46
5. Conclusion.....	46
 CONCLUSION GENERALE.....	 47
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	50
LES ANNEXES	53

Liste des figures

Fig.01 : Situation géographique de SIDI ABDELLI (carte administrative de SIDI ABDELLI.MICHELIN 2006).....	3
Fig.02 : Vue panoramique du site de l'ENG (Carrière de SIDI ABDELLI).	4
Fig.03 : Situation de la carrière L'ENG de SIDI ABDELLI (ENG 2015).....	5
Fig.04 : Barrage de SIDI ABDELLI (Badr Eddine Bouzid, photographe).....	6
Fig.05 : Situation géographique du barrage de SIDI ABDELLI (Google Maps.2024).....	6
Fig.06 : Situation générale des Monts de Tlemcen et du secteur d'étude (BENEST, 1985).	8
Fig.07 : Schéma structural des Monts de Tlemcen (BENEST, 1985).....	9
Fig.08 : Colonne litho stratigraphique des Monts de Tlemcen au Jurassique supérieur-Crétacé basal (BENEST, 1985).	12
Fig.09 : Une image Google Earth de la Carrière ENG Sidi-Abdelli.	13
Fig.10 : Extrait de la carte géologique de Lamoricière au 1/50.000 (Publiée par MA REY 1948).	14
Fig.11 : Localisation de la coupe de Djebel l'Abiod (Extrait de la carte géographique d'Ouled Mimoun au 1/50.000).	15
Fig.12 : Colonne litho-stratigraphique de la coupe de Djebel L'Abiod, (MEDJDOUBI, 2014).	16
Fig.13 : les types de Granulats Naturels, (infociments.fr).....	20
Fig.14 : Alluvions de gravier sur la rivière Danuber. (Lamrani et Elmoueden, 2016).....	21
Fig.15 : Carrière de roche massive. (Gsm-granulats.fr).	22
Fig.16 : Granulats Concassés, (Hammamid • Aouir 2022).	24
Fig.17 : Granulats roulés. (A. Chikhoun, 2015).	24
Fig.18 : Opération de quartage (R. Dupain, 2000).	27
Fig.19 : Forme d'un granulats (Rachi et Dendani, 2016).	29
Fig.20 : Essai au bleu de méthylène - Vue du papier filtre et des tâches auréolées (KABBAB, HAMZA. 2022).	30
Fig.21 : Volume absolu (sans pores). (Scribd.com)	32
Fig.22 : Volume réelle (apparent). (Scribd.com).....	33
Fig.23 : Volume du récipient. (Scribd.com).....	33
Fig.24 : Calcimètre pour la détermination de la teneur en carbonates (Univ-Tiaret).....	34
Fig.25 : Schéma d'un calcimètre (© AFNOR 1996).	35
Fig.26 : Mode opératoire (Dspace. Univ-Tiaret).	36
Fig.27 : L'appareil micro dévale. (Proviteq.com)	37

Liste des tableaux

<i>Tab.01 : Tableau des pourcentages de Karsts selon les travaux des sondages réalisés</i>	18
<i>Tab.02 : Différents types de granulats issus de roches massives, (Ait Chikhoune, 2015).</i>	22
<i>Tab.03 : Classes granulaires principale des granulats (infociments.fr).</i>	25
<i>Tab.04 : classe granulaire exprimée par le couple d/D ou 0/D (infociments.fr).</i>	26
<i>Tab.05 : La valeur du module de finesse du sable varie de 2,6 à 3,2(Raymond Dupain.2000)</i>	28
<i>Tab.06 : les modules de finesses (Raymond Dupain.2000).</i>	28
<i>Tab.07 : Masse d'une prise d'essai en fonction de la teneur présumée en carbonate (© AFNOR 1996).</i>	36
<i>Tab.08 : Catégories des granulats selon la résistance aux chocs et à l'usure (Meziani thiziri.2020)</i>	40
<i>Tab.09 : Les résultats des essais des granulats de la carrière ENG Sidi Abdelli de l'année 2023-2024.</i>	42
<i>Tab.10 : Tableau de référence des valeurs de Los Angeles</i>	42
<i>Tab.11 : Appréciation des résultats de l'essai Micro-Dévale</i>	43

Liste des photos

<i>Photo.01 : Granulats artificiels (ENG Sidi abdelli, 2024).</i>	22
<i>Photo.02 : Échantillonneur pour gravier (Labo. ENG. Sidi abdelli.2024).</i>	27
<i>Photo.03 : tamis à fentes (Labo.ENG.sidi abdelli2024)</i>	29
<i>Photo.04 : Essai de bleu méthylène.</i>	31
<i>Photo.05 : l'agitateur.</i>	32
<i>Photo.01 : bleu méthylène (Labo, ENG SIDI ABDELLI, 2024)</i>	30
<i>Photo.07 : billes en acier</i>	37
<i>Photo.08 : L'appareil Los Angeles (Labo. ENG. 2024).</i>	38
<i>Photo.09 : Gradin niveau 635 de la colline EST (Dolomies de Tlemcen).</i>	44
<i>Photo.10 : Gradin niveau 635 de la colline Ouest (Calcaires de Stah).</i>	45

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Les granulats sont les constituants de base de la majorité des projets des travaux Publics et des infrastructures de Génie Civil. Il est donc important de maîtriser l'ensemble de leurs propriétés et caractéristiques ; tant du point de vue de leurs élaborations, que de leurs utilisations (mise en œuvre) ; et ce, afin de maîtriser le coût et les délais ; tout en respectant les critères de qualité.

La nature et les gisements conditionnent les propriétés intrinsèques du matériau géologique (résistance, porosité, dureté etc..) des granulats. Par contre, les caractéristiques géométriques (granularité, forme, etc. ...) et de propreté sont fonction du processus d'élaboration. Pour fabriquer des produits de qualités requises, les producteurs de granulats utilisent souvent des installations de plus en plus complexes, faisant appel à des technologies bien maîtrisées (fragmentation, séparation gravitaire, lavage, etc.) (**univ.tiaret.dz, Cour Types des granulats, 2021**).

On appelle granulats ; des matériaux pierreux de petites dimensions, produits par l'érosion ou le broyage mécanique (concassage) des roches. Ce sont des matériaux inertes entrant dans la composition des bétons et mortiers. Ils constituent le squelette du béton et ils représentent, environ 80% du poids total de la formulation. Ils sont constitués de Sables (Gros et moyen et fin) et de gravier. Cependant, les granulats doivent satisfaire à certaines exigences de qualité pour qu'ils soient utilisés dans le béton.

Il existe plusieurs essais sur granulats qui assurent on les respectant des matériaux de bonne qualité ; qui sont insérées dans le tableau ci-dessous :

Dénomination	Description
Norme NA 2607-190	Analyse Granulométrique par Tamisage
Norme NA 458 – 1990	Essai Los Angeles
Norme NA 255 - 1990	Mesure des Masses Volumiques Porosité, coefficient d'Absorption et Teneur en eau
Norme NA 457 -1990	Essai Micro Derval
Norme NA 463 – 1990	Analyse de la Propreté Superficielle
Norme NA 256 – 1990	Mesure du Coefficient d'Aplatissement
Norme NA 2608 – 1992	Mesure du coefficient de Friabilité
Norme NA 456 – 1990	Equivalent de Sable à 10% de Fines
Norme NA 455 – 1990	Equivalent de Sable

CHAPITRE 01 :
GENERALITÉS

1. Situation géographique de secteur étude :

La carrière de l'entreprise National des Granulats ENG « site de notre étude » se situe à SIDI ABDELLI (anciennement Les ABDELLYS pendant la colonisation française), c'est une commune de la wilaya de Tlemcen au Nord-Ouest de l'Algérie. Géographiquement le territoire de la commune de SIDI ABDELLI est situé au Nord-Est de la wilaya de Tlemcen (**Fig.01**). Son chef-lieu est situé à environ 1 km à vol d'oiseau au Nord-Est de la ville de Tlemcen.



Fig.01 : Situation géographique de SIDI ABDELLI (carte administrative de SIDI ABDELLI.MICHELIN, 2006).

- **Coordonnées géographiques** : SIDI ABDELLI se trouve à environ 1 km au nord-est de Tlemcen. les coordonnées sont :
- Latitude 35°04'00" nord
- Longitude 1°08'00" ouest

La carrière de l'ENG (Entreprise Nationale de Granulats) est localisée à 5 Km au Sud de la commune de SIDI ABDELLI (Wilaya de Tlemcen). Morphologiquement, elle montre deux parties distinctes, une colline Est (Site RABELLO) correspondant au secteur d'étude ; et une colline Ouest (**Fig.02**).



Fig.02 : Vue panoramique du site de l'ENG (Carrière de SIDI ABDELLI).

- **Localisation administrative :**

Lieu-dit : DJEBEL ABIOD.

Commune : SIDI ABDELLI.

Daïra : BEN SEKRANE.

Wilaya : TLEMCEN.

2. Infrastructures :

La carrière de l'ENG SIDI ABDELLI est située à 28Km de Tlemcen sur le chemin de wilaya CW53 reliant Tlemcen à AIN TEMOUCHENT. L'autoroute Est-Oust passe à 3km au sud du Site du Carrière.

Cette position géographique stratégique permet à cette unité une production et une commercialisation de ces produits à travers toutes les wilayas limitrophes (Sidi Bel Abbes, AIN TMOUCHENT, Oran). (Achab, 2015, ENG Sidi Abdelli).

3. Relief :

La région étudiée présente des plaines vallonnées et des massifs montagneux. Les cotes altimétriques de la surface de Djebel-Abiod varient de 550m à 700m (Merzougui, 1994).



Fig.03 : Situation de la carrière L'ENG de SIDI ABDELLI (Achab, Rapport géologique actualisée, 2015)

4. Climat :

La région est soumise à un climat de type méditerranéen, caractérisé par un été chaud et sec (+40 en août) et un hiver rude relativement humide (parfois -3 décembre-janvier). La pluviométrie annuelle est en moyenne de 500mm. (Achab, 2015)

5. hydrographie :

Le réseau hydrographique de la région de Tlemcen est représenté essentiellement par l'Oued ISSER qui coule au nord du chef-lieu de commune et qui donne son apport en eau au barrage de SIDI ABDELLI (Fig.04). Les autres cours d'eau sont à caractère temporaire et on peut citer l'Oued BEZZAZ, Oued AMIEUR etc. (Achab, 2015)

5.1. Barrage Al Izdihar à Sidi-Abdelli :

Le barrage de Sidi-Abdelli se trouve sur l'Oued ISSER, à 2,5 km au nord du chef-lieu (Commune de Sidi-Abdelli), à 08 km de l'Est/Nord de la daïra de Ben-Sekrane et à 34 km de l'Ouest/Nord de la ville de wilaya de Tlemcen (Fig.05).



Fig.04 : Barrage de SIDI ABDELLI (B. Bouzid, photographe, 2015).



Fig.05 : Situation géographique du barrage de SIDI ABDELLI (Google. Maps, 2024).

CHAPITRE 02 :
GEOLOGIE LOCAL ET
REGIONAL

I. Géologie régional :

A. Région de Tlemcen

1. Contexte géographique

1.1. Situation générale des Monts de Tlemcen et de la région d'étude

1.1.1. Les Monts de Tlemcen

Les Monts de Tlemcen sont entourés au Nord par le Sillon Miocène formé d'Ouest en Est par la Plaine de Maghnia, la Plaine de Hennaya, et la Plaine de Sidi Bel Abbès, et au Sud par les Hautes Plaines Oraïses, à l'Est par les Monts de Daïa et enfin à l'Ouest par les Monts Rhar-Roubane (Fig.06).

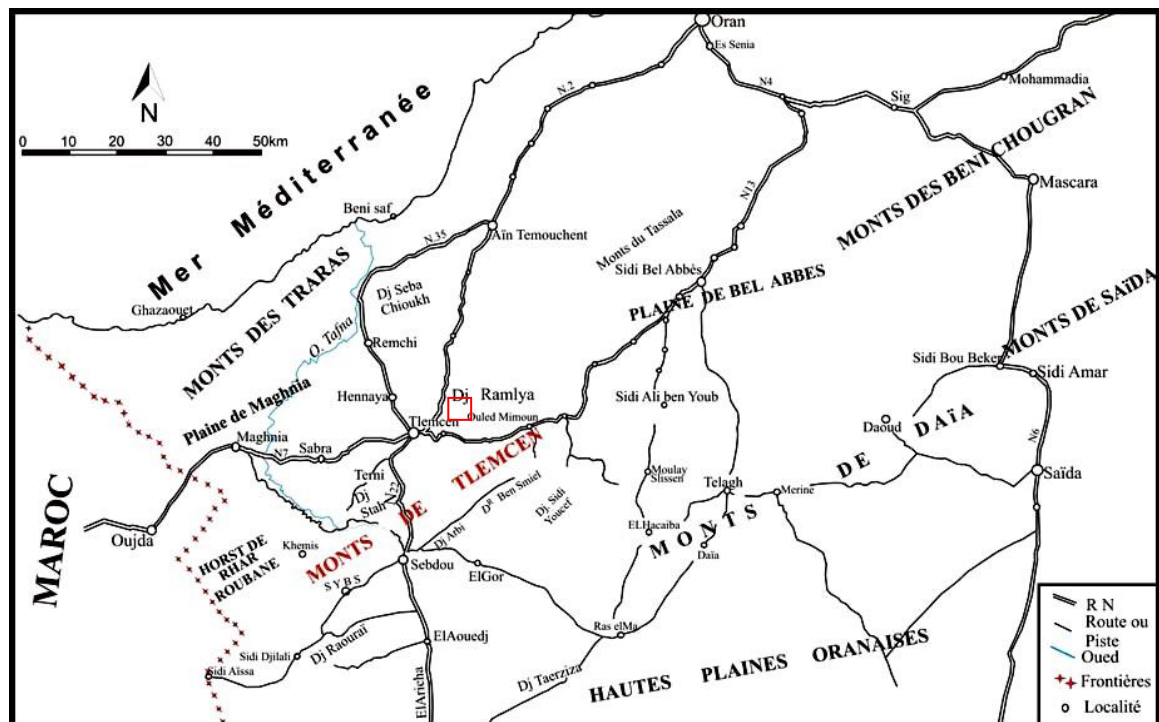


Fig.06 : Situation générale des Monts de Tlemcen et du secteur d'étude (Benest, 1985).

2. Contexte géologique

2.1. Les grands traits géologiques des Monts de Tlemcen

2.1.1. Sur le plan structural

Les monts de Tlemcen, et les reliefs qui les prolongent vers l'Est constituent une longue barrière orographique principalement orientée SW-NE. Selon Benest, M. (1982), cette structure présente une tectonique diversifiée avec des plis, des failles et des décrochements.

Selon le diagramme structural ci-dessous (Fig.07), les Monts de Tlemcen se forment entre les régions transversales de Tafna-Magoura, et d'Aïn Tellout, et se divisent en trois segments principaux qui sont articulés au niveau des zones de torsion maximale. Elles sont généralement

organisées en direction sub-méridionale, en opposition aux grandes directions orographiques N50-N60. Selon Benest, M. (1985), les trois segments individualisés se situent d'Ouest en Est :

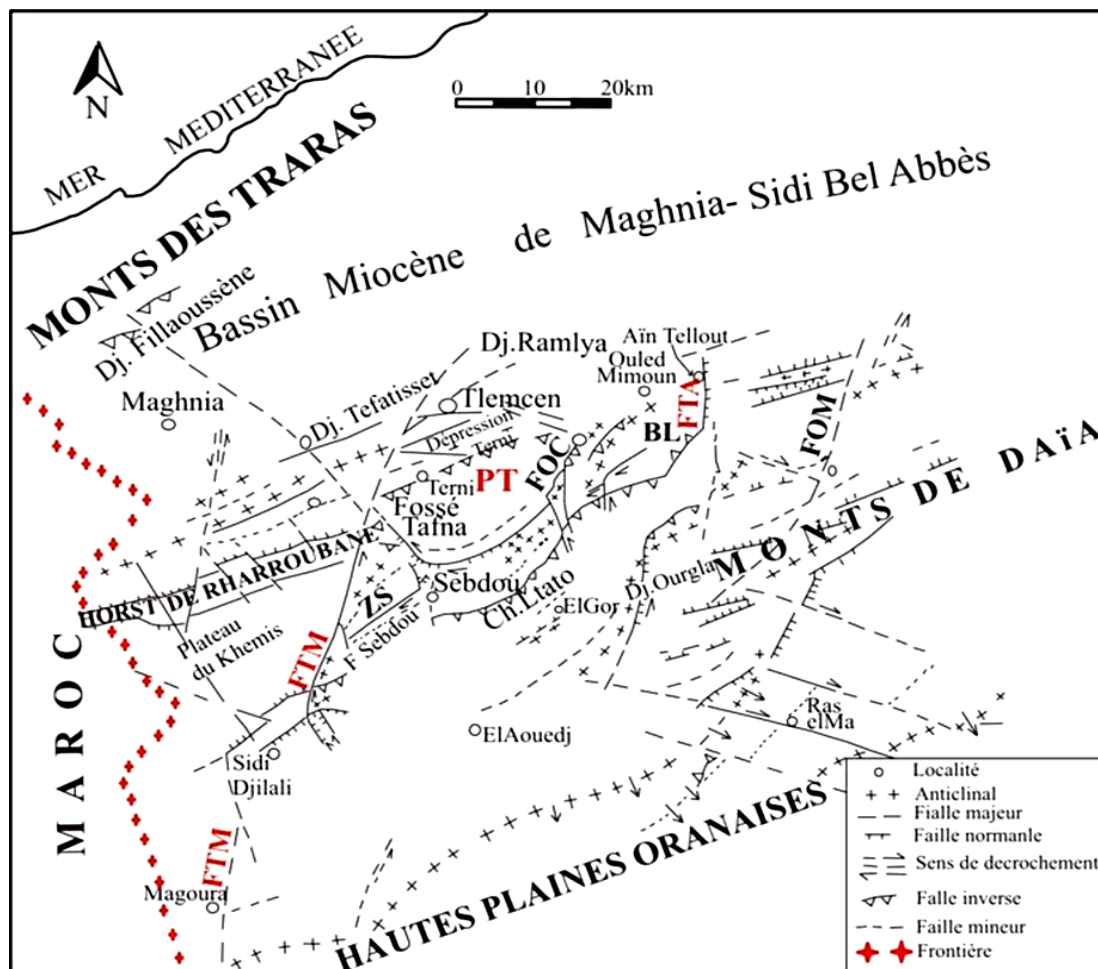


Fig.07 : Schéma structural des Monts de Tlemcen (Benest, 1985).

a- La zone sigmoïde de Sidi Yahia-Sebdou

Elle s'étend au SE du Horst de Rhar Roubane jusqu'au plateau de Terni (PT). Cette région se distingue par des structures qui présentent un débordement évident vers le Nord-Est. Les structures ainsi identifiées, généralement sub-méridiennes, semblent être interceptées par des éléments plus anciens de l'architecture NE-SO.

b- Le panneau central arqué de Terni

Ce panneau PT est nettement décroché vers le N-O le long de la faille bordière orientale du fossé de la Tafna.

c- Le bloc sigmoïde de Lamoricière

Ce bloc (BL) est coincé entre la transversale N 20 à rejeu sénestre d'Oued Chouly (FOC) et de la faille d'Aïn Tellout (FTA). Dans ce bloc, la terminaison septentrionale du décrochement d'Oued Chouly au NO de l'anticlinal de Lamoricière correspond à un pli-faille déversé vers le NO et dans lequel se trouvent impliquées trois « klippes ».

En résumé, le schéma structural proposé par M. Benest (1985) a permis de dresser une liste chronologique de quatre événements tectoniques majeurs. Sont :

- Une phase distensive éocène ;
- Une phase atlasique (liée à des mouvements compressifs et distensifs) ;
- Une phase de compression N-S à NW-SE avec un paroxysme miocène probable ;
- Une phase à dominante distensive (marquée essentiellement par la régression pliocène dans la zone de Terni) ;

2.1.2. Sur le plan stratigraphique

La succession litho-stratigraphique type de la région d'étude (Monts de Tlemcen) a été donnée par S. Elmi et M. Benest (1978), M. Benest (1985) et M. Benest et al. (1999). Cette série d'âge Jurassique supérieur-Crétacé inférieur, montre d'importantes variations de faciès et d'épaisseur (**Fig.08**).

➤ **Le Jurassique supérieur selon (Benest, 1985)** en distingue :

a- Les Argiles de Saïda

D'une épaisseur moyenne de 200m, cette formation hétérochrone est constituée d'une alternance d'argiles et de grès très riches en structures et figures sédimentaires. Les caractères sédimentologiques de cette formation lui confèrent un caractère flyschöide (S. Elmi et M. Benest, 1978).

b- Grès de Bou Médine

Les sédiments de cette unité sont principalement des sédiments terrigènes avec des affinités molassiques (S. Elmi et M. Benest, 1978). Le Kimméridgien moyen est sa limite supérieure, tandis que la limite inférieure est hétérochrone, située dans les monts de Tlemcen dans l'Oxfordien supérieur.

c- Les calcaires de Zarifet

Ce sont des calcaires avec des laminites stromatolitiques intercalées d'une épaisseur d'environ 100 mètres au col de Zarifet. Cette morphologie contient des algues *Clypeina jurassica*.

d- Les Dolomies de Tlemcen

Elles sont caractérisées par des dolomies cristallines très massive, dans lesquelles les fossiles et notamment les structures stromatolitiques sont souvent oblitérées. Leur puissance atteint 200m au niveau des Cascades.

e- Les calcaires de Stah

Des bancs épais de micrites contenant des algues fossiles des Dasycladacées sont présents.

Ils ont une épaisseur de 25 mètres au Djebel Stah.

f- Les Marno-calcaires de Raouräi

Ce faciès correspond au « membre marno-calcaire intermédiaire » (D. Auclair et J. Biehler, 1967). Il s'agit de marnes à intercalations de calcaires en bancs épais, où se trouvent des plaquettes riches en petites huîtres, ils montrent environ 400m d'épaisseur.

g- Les Calcaires de Lato

Selon M. Benest, 1985 Cette formation est formée de calcaires massifs représentés en bancs métriques qui se terminent par des laminites sombres calcaréo-argileuses à plaquettes de dessiccation. Leur épaisseur est d'environ 50m au Djebel Lato.

h- Les Dolomies de Terni

Selon (M. Benest, 1985) ces dolomies cristallines massives présentent des passées riches en laminations planes ou ondulées et en stratifications obliques. Elles sont capables d'atteindre une puissance de 50m sur les plateaux dominant le village de Terni.

i- Les Marno-calcaires de Hariga

Elle est constituée d'une alternance de marnes, de calcaires micritiques parfois bioturbés et de laminites, d'environ 165m d'épaisseur au Djebel El Hariga.

j- Marno-calcaires d'Ouled Mimoun

Cette unité est constituée d'une alternance à dominance calcaire. Sa partie inférieure est argilo-gréseuse (Grès de Merchich) puis dolomitique. Le sommet est matérialisé par des calcaires oolitiques et biodétritiques à stratifications obliques. Sa puissance atteint environ 550m.

➤ **Le Crétacé inférieur**

a- Les Argiles de Lamoricière (Berriasien moyen à Valanginien)

Il s'agit d'un ensemble principalement argilo-gréseux d'une épaisseur moyenne de 225 mètres, avec une tendance nettement calcaire vers le sommet. Il convient de souligner que la partie inférieure, principalement argileuse, présente de nombreuses intercalations de grès et de calcaires parfois lumachelliques ou oncolithiques. D'un côté, les argiles de Lamoricière se transforment en des dépôts moins marins et beaucoup plus détritiques appelés « Grès de Hassi Zerga » et qui dépassent 500m d'épaisseur.

b- Les Grès de Berthelot (Hauterivien)

Cette formation d'une épaisseur moyenne de 150 mètres est constituée d'une alternance de grès et d'argiles, suivie de bancs principalement carbonatés. Il est important de souligner que dans la région de Sebdu, la série exposée se termine par des dépôts de calcaires d'âge Barrémien

supérieur à Aptien. Cette formation est appelée « calcaires de Zygine ».

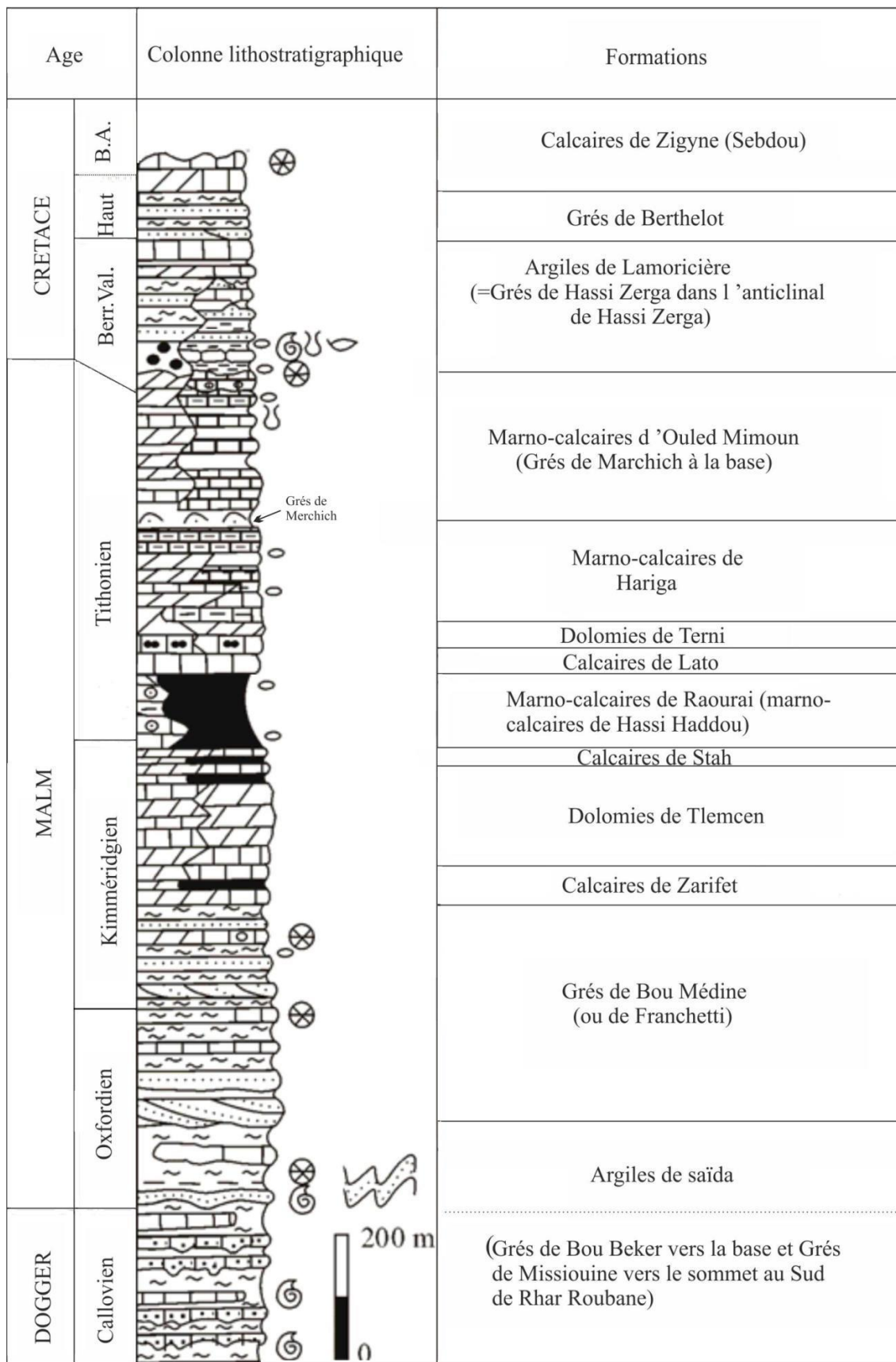


Fig.08 : Colonne litho stratigraphique des Monts de Tlemcen au Jurassique supérieur-Crétacé basal (M. Benest, 1985).

II. Géologie local :

1. Situation géographique de gisement

1.1. Gisement de Djebel l'Abiod

Le gisement de roches carbonatées de Djebel l'Abiod (Fig.09) est situé à 28km Nord-Est de la wilaya de Tlemcen sur la route national RN°53 et à 4 km au sud de la commune de Sidi-Abdelli.



Fig.09 : Une image Google Earth de la Carrière ENG Sidi-Abdelli.

Les coordonnées Lambert du centre du gisement est :

X = 149,450 ;

Y = 199,500 ;

1.2. GEOLOGIE DE GISEMENT (SITE D'ETUDE) :

Selon, D. Auclair et J. Biehler (1967), M. Benest (1985), ce site de la carrière est constitué par trois formations essentiellement carbonatées (Fig.10), en distingue :

- Calcaires et dolomies « Dolomie de Tlemcen et Calcaire de Stah » d'âge kimméridgien ;
- Marnes et calcaires « Marno-calcaire de Raourai » d'âge Tithonien ;
- Dolomies et calcaires « Dolomie de Terni et calcaire du Lato » d'âge Tithonien.

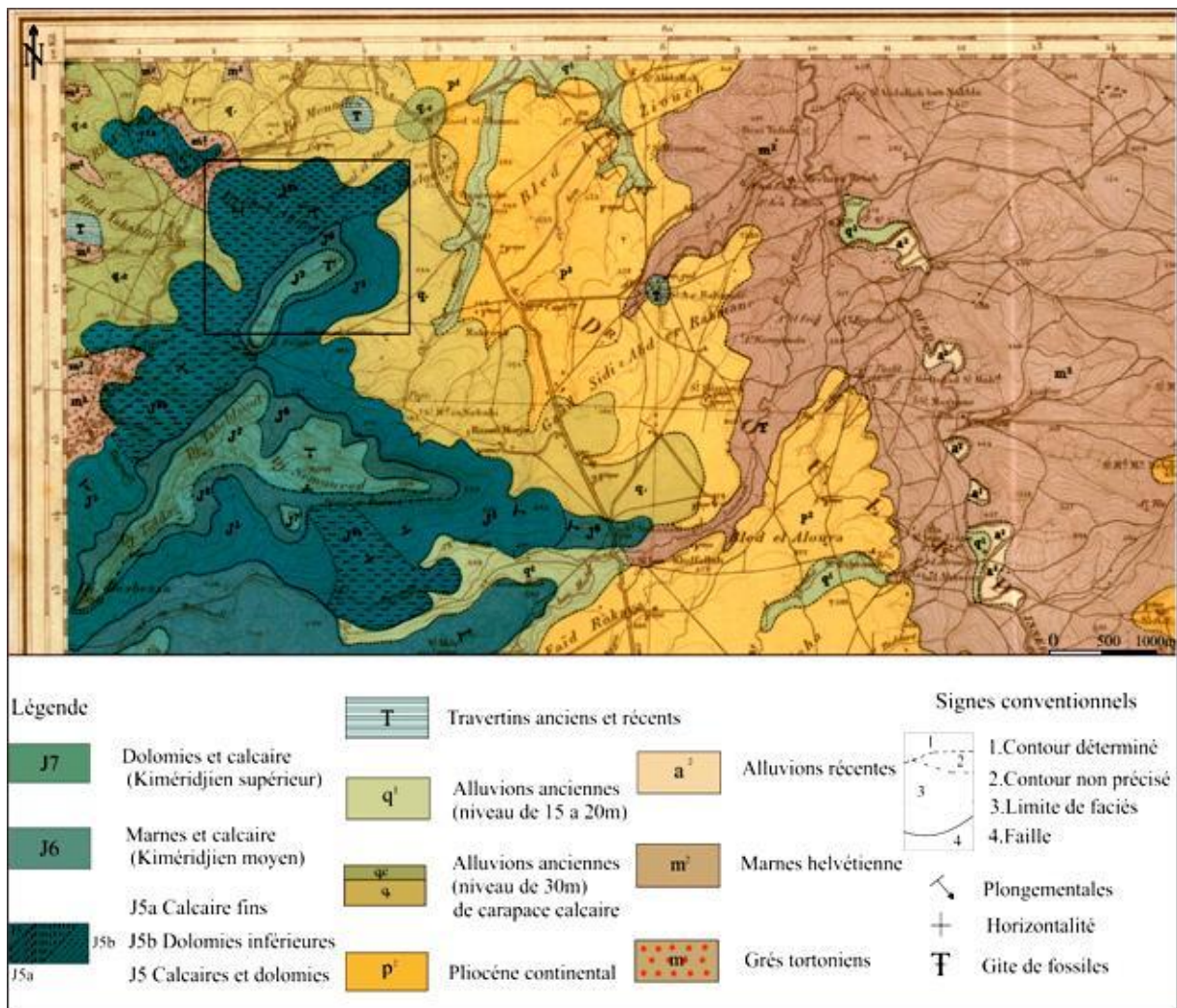


Fig.10 : Extrait de la carte géologique de Lamoricière au 1/50.000 (Publiée par MA REY, 1948).

1.3. Litho-stratigraphie du site d'étude :

La description lithologique du site est basée sur l'analyse des travaux de prospections réalisées. Selon les anciennes études, il est constaté que le territoire est composé de calcaires et de calcaires dolomitiques homogènes, Les calcaires sont gris clair, micritique, avec une fine trace de calcite, massifs, compacts et durs. Ces roches sont les plus développées du gisement (Merzougui, 1994).

Une coupe a été levée par deux étudiants, G et MEDJDOUBI en 2014 dans le secteur d'étude, au niveau des fronts de taille de la carrière de l'ENG de Sidi Abdelli, selon une orientation NE-SO (Fig.11).

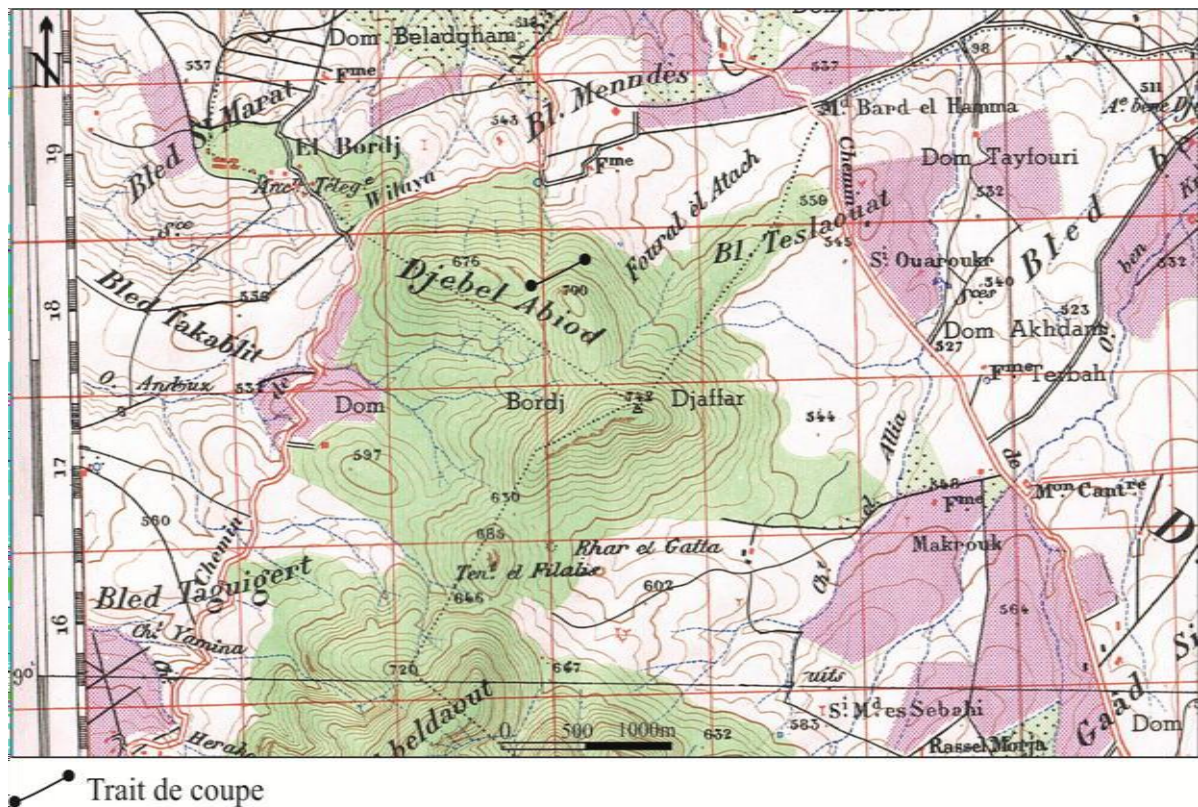


Fig.11 : Localisation de la coupe de Djebel l'Abiod (Extrait de la carte géographique d'Ouled Mimoun au 1/50.000).

2. Description :

La coupe de Djebel Abiod est constituée essentiellement d'une série sédimentaire carbonatée d'âge Kimméridgien inférieur (Jurassique supérieur) d'après BENEST (1985). Elle est représentée par deux formations, la formation de Dolomies de Tlemcen à la base, et la formation des calcaires de STAHL vers le sommet (**Fig.12**).

2.1. Formation de Dolomies de Tlemcen :

Affleurant avec une épaisseur d'environ 18 m, cette formation correspond à une alternance marno-calcaire dolomitiques régulière vers la base. Elle débute par des bancs de calcaires dolomitiques bioclastiques massifs de couleur grisâtre, comportant des lamellibranches des rostrés de bélemnites. Les joints marneux de couleur verdâtre ne dépassant guère les 7cm.

Dans la partie moyenne de cette formation les bancs deviennent plus épais (de 0,90m à 3m), renfermant des empreintes d'ammonites indéterminables.

La partie sommitale de cet ensemble est représenté par un épais banc de marnes Verdâtres.

2.2. Formation de Calcaires de STAH :

Cette formation montre partiellement 15 m à l’affleurement. Elle est caractérisée par une succession Strat-croissante de bancs de calcaires bleus (micritique)(Gasmi et Medjdoubi, 2014), Il s’agit d’un calcaire massif qui n’a pas délivrés de fossiles, et qui est caractérisé par la présence de fines passées de calcite. Ces bancs de calcaires pendent vers l’Ouest (N270°) sous un angle variant de 5 à 17.w

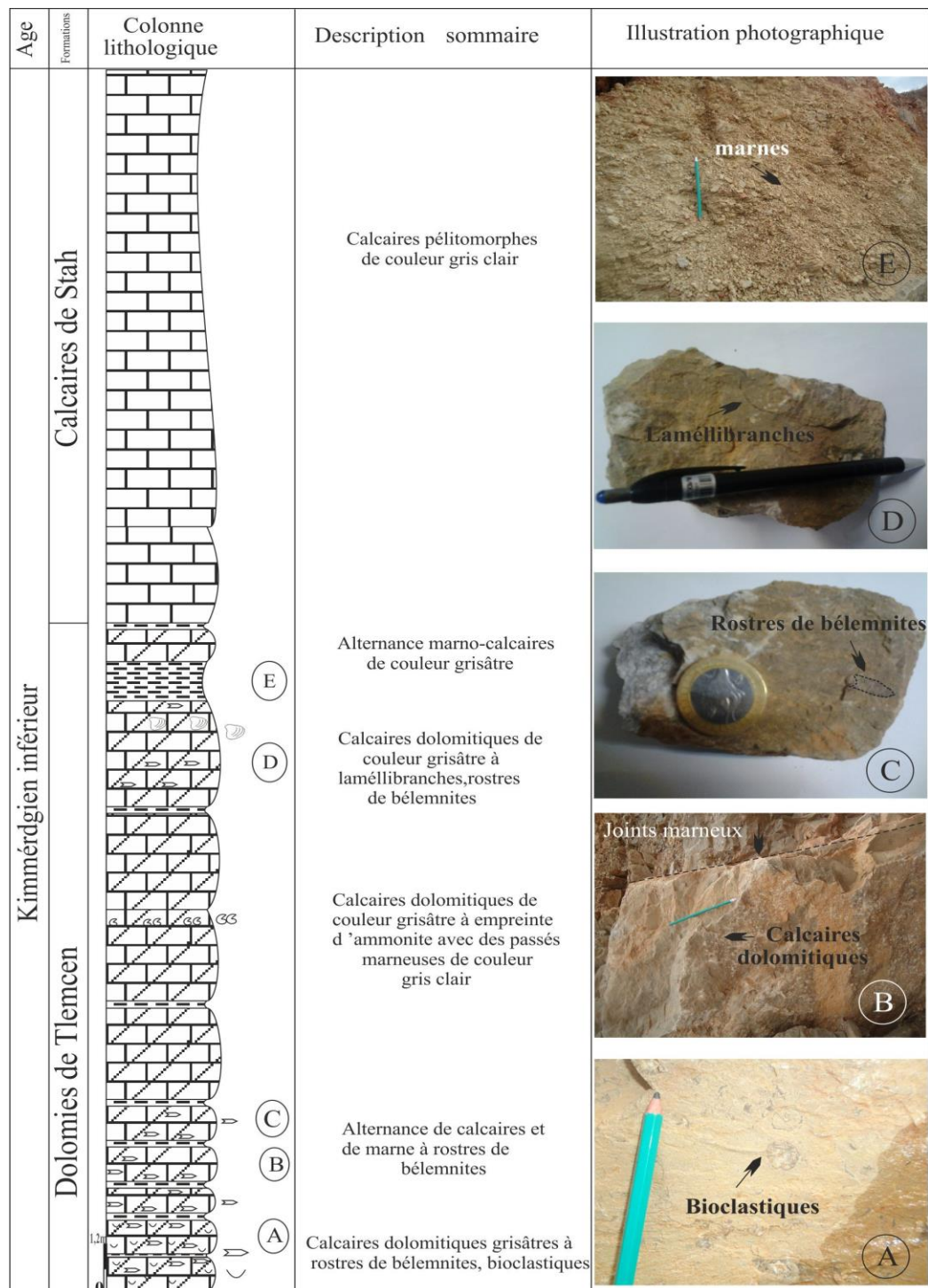


Fig.12 : Colonne litho-stratigraphique de la coupe de Djebel L’Abiod, (GASMI et MEDJDOUBI, 2014).

2.2.1. TECTONIQUE :

La région est plutôt calme du point de vue tectonique, avec une feuille formée par une série de plis anticlinaux et synclinaux qui s'étalent d'Ouest en Est et forment les parties extrêmes (A. DJAMEL, Rapport géologique, ENG, 2020).

Au milieu de la région se situent les monts de Tlemcen qui résultent de 'horst' de Tlemcen, affecté de dislocations plicatives. Les structures les plus importantes sont :

Plis synclinaux : Rhoraba, Terni, A. Isser ;

Plis anticlinaux : Lamoricie, El-Rharaf.

La région présente plusieurs accidents disjonctifs orientés essentiellement dans la direction W.S.W-E.N. E (direction tellienne).

De nombreuses failles, moins importantes, ont une direction S.E-N.W et s'accompagnent parfois d'un déplacement latéral. Les failles sont Sub-verticales dans leur ensemble. Elles résultent des déformations du socle et limitent des zones de « horst » et de « graben ».

Le gisement de calcaire dolomites de Djebel L'Abiod est limité par des failles orientées NE-SW. La plus importante possède une zone tectonique large de 200m qui passe et sépare les deux collines de la montagne l'Abiod. La zone de la faille Ouest est large de 15m à 25m et porte un caractère local. Au centre, le gisement est coupé par une faille qui le divise en deux blocs : Un bloc occidental et un bloc oriental (**MERZOUGUI, 1994**).

2.2.2. HYDRO GEOLOGIE DE GISEMENT :

Selon les sondages effectués en 1987, les conditions hydrogéologiques du gisement sont favorables à son exploitation, car il se trouve au-dessus de la cote 550m et repose à sec. Il convient de souligner qu'un cours d'eau coule au Sud-Ouest du gisement, avec une cote minimale de 532m. Au pied Sud-Ouest de la montagne l'Abiod, et à 580m du sondage N°3, se trouve également un puits d'eau. Sa hauteur d'eau, dont les fluctuations sont minimales est attribuée à la cote 543m, (**MERZOUGUI, 1994**).

2.2.3. LES KARSTS :

Le gisement présente des manifestations de karsts (cavités d'argiles). La répartition de la karstification des roches calcaires, constituant la montagne l'Abiod, est irrégulière. Selon (**M.MOHAMED, 1994**), les roches les plus karstifiées se concentrent près des zones de failles, (**Tab.01**).

Sondage n°	Taux karsts en %
1	0.7%
2	17.3%
3	2.1%
4	5.6%
5	21.4%
6	4.4%

Tab.01 : Tableau des pourcentages de Karsts selon les travaux des sondages réalisés

2.2.4. Etudes géologiques antérieures :

Deux études ont été menées sur le gisement de Djebel l'Abiod de Sidi abdelli afin d'évaluer le potentiel géologique pour la production des granulats.

Dans le cadre de cette étude géologique complète, l'UREG (Unités recherches et études Géologiques) et ENDMC (Entreprise National de développement et de recherches industriels des matériaux de construction), à effectuer des sondages carottant, des analyses et des essais technologiques.

En 2016, le bureau d'études, **Minéral services** à mener une deuxième étude, incluant des sondages et des analyses variées, ce qui a permis d'étudier la partie Sud de gisement, ainsi que l'extension du périmètre de la concession.

2.2.5. ESTIMATION DES RESERVES :

Selon (ACHAB, 2020) Les réserves géologiques globales du gisement de l'ENG/Sidi abdelli sont estimées à 168 174 317 tonnes de calcaires. Ces réservés sont répartis comme suit :

136 308 785 tonnes de calcaires destinée pour les granulats, ce qui est largement suffisant pour l'alimentation de l'unité granulats pendant une durée de vie de plus de 50 années.

Quant à l'activité pierre, la zone qui lui réservée comporte des réserves géologiques de 31 865 532 tonnes. Ces réserves sont suffisantes pour assurer une durée de vie de plus de 100 ans.

CHAPITRE 03 :
GRANULATS, NOTIONS ET
TYPES

1. Introduction :

Les granulats, tels que le sable, les gravillons, pierre concassée etc... ; sont des matériaux inertes qui constituent le squelette du béton et des corps de la chaussée. Dans la composition des bétons et des corps des chaussées ; il faut autant que possible, pour des raisons économiques et techniques, utiliser les matériaux sélectionnés selon des normes bien définies.

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. D'autre part les granulats ne sont pas réellement inertes et leurs propriétés physiques, thermiques et dans certains cas, chimiques influencent les performances des bétons et les routes. Le bon choix des granulats confère à la formulation que ce soit du béton hydraulique ou bitumineux ; une plus grande stabilité sur le plan volumique et meilleure durabilité. (Kebbab, 2022)

2. Types des Granulats :

2.1. En fonction de leurs origines

Les granulats utilisés pour composer un béton sont soit d'origine naturelle, artificielle, concassé, alluvionnaire.

2.1.1. Granulats Naturels :

Les granulats naturels d'origine minérale sont issus de roches meubles (alluvions) ou de roches massives (Fig.13), n'ayant subi aucune transformation autre que mécanique (tels que concassage, broyage, criblage, lavage). Ceux issus des gisements alluvionnaires, dits roulés, dont la forme a été acquise par érosion. Ce sont surtout des dépôts alluvionnaires trouvés dans un lit de rivière en mer éventuellement, (www.eng.dz).



Fig.13 : les types de Granulats Naturels, (www.eng.dz).

a) Les Granulats de roches meubles (Alluvionnaires)

Les détritiques non consolidés sont des matériaux détritiques déposés pendant l'ère quaternaire par les glaciers, les cours d'eau ou les fonds marins peu profonds. Les granulats alluvionnaires (Fig.14) et les sables de dunes roulés sont les matériaux les plus recherchés et les plus utilisés, car ils ont été formés par l'érosion. Ces éléments qui contiennent les lits (ou anciens lits) des sables et graviers siliceux et silico-calcaires sont composés de sables et graviers. Dans les basses vallées des rivières ou dans les terrasses. Les alluvions sont des matériaux meubles et leur extraction peut être effectuée à un coût modéré. En plus de leurs caractéristiques mécaniques, ces dépôts présentent souvent l'avantage d'être propres (par exemple, fines argileuses), (ACHAAB, 2015).



Fig.14 : Alluvions de gravier sur la rivière Danuber. (Lamrani et Elmoueden, 2016)

b) Les Granulats de Carrières (concassés) :

Les formes angulaires sont obtenues par concassage de roches massives exploitées en carrières (Fig.15). Plusieurs étapes de concassage et de criblage permettent d'obtenir des granulats propres et des types de granulats désirés (Tab.02). Les roches massives peuvent être trouvées dans différentes situations géologiques (couches plus ou moins épaisses, filons, épanchements volcaniques, massifs de granite...). Elle est exploitée à flanc de coteau (surélévation) ou en puits, selon la localisation du niveau géologique approprié. Les granulats concassés ont des propriétés qui sont influencées par de nombreux facteurs tels que l'origine de la roche, la régularité du banc, le degré de concassage...Les formes angulaires sont obtenues par concassage de roches massives exploitées en carrières. Plusieurs étapes de concassage et de criblage conduisent à la production de granulats. (Hammamid • Aouir 2022).



Fig.15 : Carrière de roche massive. (Gsm-granulats.fr).

Types de Roche massive	Exemple de famille de granulats
Roche magmatique Roche éruptive.	Granite, rhyolite, porphyre, diorite, basalte, etc...
Roche sédimentaire	Grès, grès quartziques, silex, calcaires, etc.
Roche métamorphique	Gneiss, micaschistes, quartzites, etc.

Tab.02 : Différents types de granulats issus de roches massives, (Chikhoune, 2015).

2.1.2. Granulats Artificiels :

Les granulats artificiels sont soit des sous-produits de l'industrie sidérurgique, soit fabriqués en vue d'obtenir un produit particulier. Ils proviennent de la transformation à la fois thermique et mécanique des roches ou des minerais. Les plus employés sont le laitier cristallisé concassé, obtenu par refroidissement lent à l'air ; le laitier granulé de haut fourneau, obtenu par refroidissement rapide dans l'eau et les granulats allégés par expansion ou frittage (l'argile ou le schiste expansés). Les granulats artificiels peuvent être employés pour réaliser des bétons à usage spécifique. (Lozac, 2005)



Photo.02 : Granulats artificiels (ENG Sidi abdelli, 2024).

a. Sous-produits industriels, concassés ou non

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

b. Granulats à hautes caractéristiques

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

2.1.3. Les granulats recyclés :

Le granulats recyclés est obtenu en transformant des matériaux inorganiques qui ont été utilisés auparavant dans le domaine de la construction. (Djama, 2015).

2.2. En fonction de leurs masses volumiques réelles**2.2.1. Granulats légers :**

Il s'agit des granulats dont le volume réel est inférieur à 2 t/m³, tels que les argiles, les schistes, les laitiers expansés ou encore les pouzzolanes. Ils sont conçus pour la fabrication de bétons légers.

2.2.2. Granulats courants :

Ce sont les granulats dont la masse volumique réelle est entre 2 et 3 t/m³

2.2.3. Granulats lourds :

Comme les matériaux naturels, alluvionnaires (silex, calcaire dur silico-calcaire) de densité entre 2.5 et 2.7, éruptifs ou sédimentaires (grés, porphyres, diorite, basaltes, ...etc.) de densité entre 2.6 et 3. Ce sont les granulats dont la masse volumique réelle est supérieure à 3 t/m³. Ils sont essentiellement employés pour la confection des bétons lourds utilisés pour construire des ouvrages nécessitant une protection biologique contre le rayonnement. On utilise en particulier les barytines, les magnétites qui ont une densité entre 3.4 et 5.1, aussi les riblons et les grenailles de fonte qui ont une densité entre 7.6 et 7.8. (Hammamid et Aouir, 2022)

2.3. En fonction de la forme de leurs grains :**2.3.1. Les granulats concassés :**

Ce sont des roches dures (siliceuses, calcaires ou granitiques) qui sont obtenues par concassage. Les grains présentent une forme anguleuse (Fig.16), il est nécessaire de les nettoyer avec soin pour éliminer les poussières qui les recouvrent lors du concassage (pierres concassées).



Fig.16 : Granulats Concassés, (ENG Sidi Abdelli, 2024).

2.3.2. Les granulats roulés

Ils découlent de la fragmentation des roches causée par l'eau ou le gel. Ils se sont donc constitués de dépôts sédimentaires de tailles variées, allant du sable fin aux gros blocs, de diverses natures minéralogiques. Il existe trois types de granulats roulés dans la nature :

Les granulats de rivière (d'oued).

Les granulats de mer.

Les granulats de dunes.

Les granulats roulés se caractérisent par leur aspect de grains arrondis et polis (Fig.17). (H. Aouir, 2022)



Fig.17 : Granulats roulés. (Chikhounne, 2015).

3. Classification des Granulats :

On trie les granulats par dimension au moyen de tamis (mailles carrées) et de passoire (trous circulaires) et on désigne une classe de granulats par un ou deux chiffres. Si un seul chiffre est

donné, c'est celui du diamètre maximum D exprimé en mm ; si l'on donne deux chiffres, le premier désigne le diamètre minimum d, des grains et le deuxième le diamètre maximum D. Un granulats est caractérisé du point de vue granulaire par sa classe d/D. Lorsque d est inférieur à 2 mm, le granulats est désigné 0/D. (**infociments.fr**)

Il existe cinq classes granulaires principales caractérisées par les dimensions extrêmes d et D des granulats rencontrées (Norme NFP18-101) (Tab.03) :

APPLIATION		Dimension de la maille des tamis en (mm)
Pierres cassées et cailloux	Gros	50 à 80
	Moyens	31,5 à 50
	Petits	20 à 31,5
Gravillons	Gros	12,5 à 20
	Moyens	8 à 12,5
	Petits	5 à 8
Sable	Gros	1,25 à 5
	Moyens	0,31 à 1,25
	Petits	0,08 à 0,31
Fines, farines et fillers		Inférieur à 0,08

Tab.03 : Classes granulaires principale des granulats (www.eng.dz).

- Les fines 0/D avec $D \leq 0,08$ mm
- Les sables 0/D avec $D \leq 6,3$ mm
- Les gravillons d/D avec $d \geq 2$ mm et $D \leq 31,5$ mm
- Les cailloux d/D avec $d \geq 20$ mm et $D \leq 80$ mm
- Les graves d/D avec $d \geq 6,3$ mm et $D \leq 80$ mm

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

d : dimension inférieure du granulats.

D : dimension supérieure du granula

Familles	Dimension	Caractéristique
Fillers	0/D	D < 2 mm avec au moins 85 % de passant à 1,25mm et 70 % de passant à

		0,063 mm
Sablon	0/D	D ≤ 1 mm avec moins de 10 % de passant à 0,063 mm
Sable	0/D	0 mm < D ≤ 4 mm
Gravier	0/D	D < 6.3 mm
Gravillon	d/D	d ≥ 2 mm et D ≤ 63 mm
Ballast	d/D	d ≥ 31,5 mm et D = 50 ou 63 mm

Tab.04 : classe granulaire exprimée par le couple d/D ou 0/D (infociments.fr).

4. Caractéristiques des granulats :

Les granulats utilisés dans les travaux de bâtiment et de génie civil et des travaux publics doivent répondre à des impératifs de qualité et à des caractéristiques propres à chaque usage. Les propriétés des granulats sont liées aux caractéristiques intrinsèques des roches originales et aux caractéristiques de fabrication. 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". (R. Dupain, 2000).

4.1. Les caractéristiques géométriques :

4.1.1. Échantillonnage :

4.1.1.1. But et principe de l'échantillonnage

Les essais effectués en laboratoire portent nécessairement sur des quantités réduites de matériaux, celles-ci devant permettre de mesures des paramètres caractéristique de l'ensemble de matériau dans lequel on a fait le prélèvement. Il faut que l'échantillon utilisé au laboratoire soit représentatif de l'ensemble. Ce problème est complexe à résoudre mais il conditionne en grande partie la fiabilité des résultats obtenus au cours des essais de laboratoire.

4.1.1.2. Prélèvement sur le tas (sables et graviers) :

- À la main, à l'aide d'une planche ou d'une plaque métallique.
- À la main, sur tas d'éléments grossiers (gravier concassé) par ratissage dans un récipient.
- Au moyen d'une sonde, ouverture 4 ~ 6 cm, longueur 60 ~ 100 cm, extrémité taillée en sifflet.

4.1.1.3. Prélèvement en laboratoire (échantillonnage en laboratoire)

Le passage de l'échantillon total prélevé sur le tas à l'échantillon réduit, nécessaire à l'essai, peut se faire par quartage (Fig.18) ou à l'aide d'un échantillonneur. L'échantillon doit être séché à l'étuve à 105°C s'il est exempt de minéraux argileux, ce qui est rare, ou à 60°C dans le cas contraire. Quartage.

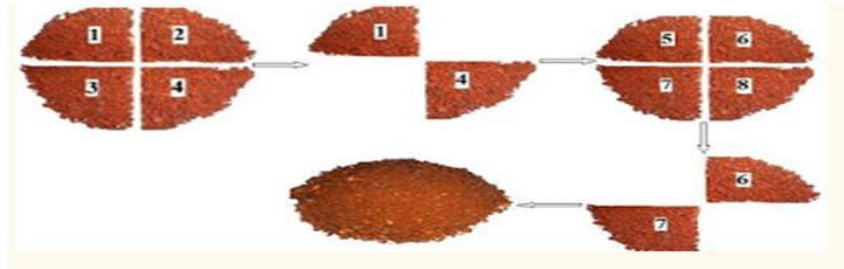


Fig.18 : Opération de quartage (R. Dupain, 2000).

4.1.1.4. Échantillonneur :

Cet appareil de laboratoire, permet de diviser facilement en deux parties représentatives la totalité d'un échantillon initial, chaque moitié étant recueillie dans un bac de manière séparée. La répétition en cascade de cette opération, en retenant à chaque opération le contenu de l'un des bacs, permet d'obtenir l'échantillon nécessaire, après trois ou quatre opérations identiques(Photo.02). (R. Dupain, 2000)



Photo.03 : Échantillonneur pour gravier (Labo. ENG. Sidi abdelli, 2024).

4.1.2. Module de finesse : EN-12620

Les sables doivent présenter une granulométrie telle que les éléments fins ne soient ni en excès, ni en trop faible proportion. S'il y a trop de grains fins, il sera nécessaire d'augmenter le dosage en eau du béton tandis que si le sable est trop gros, la plasticité du mélange sera insuffisante et rendra la mise en place difficile. Le caractère plus ou moins fin d'un sable peut être quantifié par le calcul du module de finesse (MF). Celui-ci correspond à la somme de pourcentages des refus cumulés, ramenés à l'unité, pour les tamis de modules 23, 26, 29, 32, 35, 38. Ce paramètre est en particulier utilisé pour caractériser la finesse des sables à bétons (Tab.05). (R. Dupain.2000)

Dans le cas de la courbe granulométrique du sable normal, son module de finesse est égal à :

$$MF = (98 + 90 + 75 + 53 + 28 + 10) / 100 = 3,54$$

Types de sable	Valeur du module de finesse (F. M)
Sable Fin	2.6 – 2.6
Sable Moyen	2.6 -2.9
Sable Grossier	2.9 -3.2

Tab.05 : La valeur du module de finesse du sable varie de 2,6 à 3,2(R. Dupain, 2000).

Les modules de finesse par rapport aux différentes zones de sable selon norme IS 383-1970 sont donnés dans le tableau ci-dessous (**Tab.06**).

Taille du tamis	Zone1	Zone2	Zone3	Zone4
10 mm	100	100	100	100
4.75	90-100	90-100	90-100	95-100
2.36 mm	60-95	75-100	85-100	95-100
1.18 mm	30-70	55-90	75-100	90-100
0.6 mm	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3 mm	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15 mm	0-10	0-10	0-10	0-15
Module De Finesse	4.0-2.71	3.37-2.1	2.78-1.71	2.25- 1.35

Tab.06 : les modules de finesse (R. Dupain, 2000).

4.1.3. Coefficient d'aplatissement : NF P 18-561

Le coefficient d'aplatissement définit la structure du granulat en fonction de sa dimension et de son épaisseur. On peut le déterminer en effectuant un double tamisage, d'abord en utilisant une série de tamis à mailles carrées pour étudier la granulométrie. Ensuite, grâce à un second tamisage des refus.

Une série de grilles à fentes parallèles sont utilisées pour retenir les différents tamis (Photo.03).

Le coefficient d'aplatissement A d'un ensemble de granulats est le pourcentage $G/E > 1.58$.

La norme NF P 18-561 définit les modalités de sa mesure. (Rachi et Dendani, 2016)

a. Matériel nécessaire :

Photo.04 : tamis à fentes (Labo. ENG, Sidi abdelli, 2024)

4.1.4. Forme des granulats :

Le granulat est caractérisé par trois dimensions géométriques (**Fig.19**) :

- La longueur L est la distance maximale entre deux plans parallèles qui sont tangents aux extrémités du granulat.
- La distance minimale entre deux plans parallèles tangents au granulat, appelée épaisseur E .
- La grosseur G correspond à la taille minimale de la maille carrée du tamis qui permet le passage du granulat.

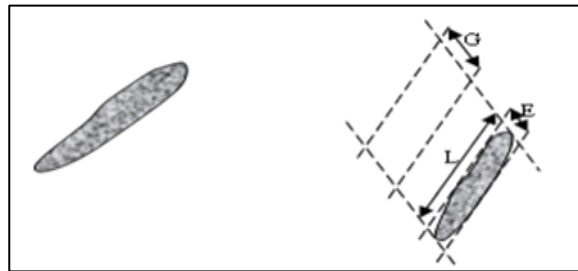


Fig.19 : Forme d'un granulat (Rachi et Dendani, 2016).

4.2. Les caractéristiques physico-chimiques :**4.2.1. Propreté des granulats :**

Il est nécessaire de retirer toute matière polluante du granulat (poussière, fines et débris). Les impuretés provoquent des problèmes d'adhérence entre les granulats et la pâte.

La propreté signifie qu'il n'y a pas de particules fines indésirables dans les granulats. Elle fait référence à en particulier, la quantité de fines argileuses.

En ce qui concerne les gravillons, elle est calculée en fonction du pourcentage de passage au tamis de 5 mm (tamisage réalisé à l'eau).

En ce qui concerne les sables, la qualité est obtenue grâce à l'essai connu sous le nom « équivalent de sable », qui permet de mesurer la concentration d'argile du matériau, qui ne peut être utilisée que sur la fraction 0/2mm. La valeur d'équivalent de sable augmente à mesure que le sable devient plus propre.

L'essai au « bleu de méthylène » permet d'évaluer la propreté des granulats en mesurant la quantité de bleu de méthylène adsorbée par 100 g de fines. Plus la quantité de bleu de méthylène est faible, plus la qualité des sables est bonne. Les argiles, les matières organiques et les hydroxydes de fer adsorbent principalement le bleu de méthylène. (Hammamid et Aouir, 2022)

a) Essai au bleu de méthylène : norme EN933-9

L'essai au bleu de méthylène, ou « essai au bleu », est utilisé pour déterminer l'argilosité d'un sable (Fig.20), d'un granulat et plus généralement d'un sol. L'essai consiste à déterminer la quantité de particules argileuses présentes dans l'échantillon. Pour cela on utilise du bleu de méthylène, substance adsorbée de préférence par les argiles.

L'essai consiste à mesurer la quantité de bleu de méthylène fixée par 100 g de la fraction granulaire de sol analysé.

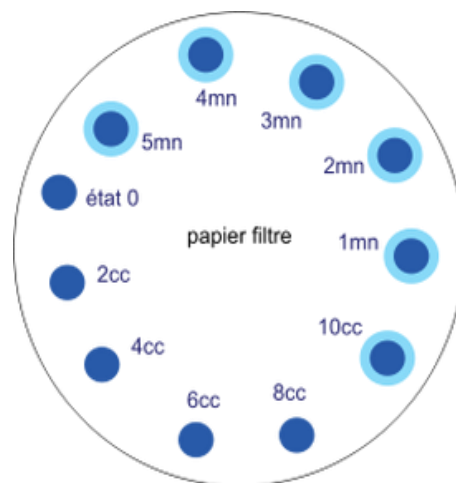


Fig.20 : Essai au bleu de méthylène - Vue du papier filtre et des tâches auréolées (KEBBAB, 2022).

-Propreté :

Lorsque l'on frotte des granulats non lavés dans la main (du sable ou des gravillons), on peut constater des traces de poussière sur les doigts. Il s'agit de particules argileuses de petites dimensions. Celles-ci sont susceptibles d'être nuisibles à la qualité du mélange ou de la pâte que l'on veut obtenir à partir du granulat, comme du béton ou un mélange bitumineux.

- Dans les sols, les particules argileuses vont avoir une incidence sur le comportement du sol en présence d'eau.

- Dans le domaine du béton, ces particules perturbent l'hydratation du ciment et entraînent des défauts d'adhérence entre les granulats et la pâte.

- Dans les mélanges bitumineux, comme les enrobés bitumineux ou les enduits superficiels, un défaut de propreté peut conduire également à une perte d'adhérence du granulat avec le liant et donc à un dés enrobage.

- ✓ Tamiser l'échantillon à étudier au tamis 5 mm
- ✓ Prélever une masse de 120 gr.
- ✓ Calculer la teneur en eau W de la prise d'essai.
- ✓ Déduire la masse humide de l'échantillon par $[Masse\ Humide] = [Masse\ sèche] \times (1 + [Teneur\ en\ eau])$
- ✓ Verser un échantillon de 30 gr de sol sec dans le Bécher et ajouter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. Agiter sans arrêt le mélange à l'aide de l'agitateur à ailettes (Photo.05).
- ✓ Ajouter 5 cm³ de bleu de méthylène dans le Bécher.
- ✓ Prélever une goutte de mélange et la placer sur papier filtre.
- ✓ Si la tache centrale est entourée d'une auréole bleu turquoise, le test est positif. Dans ce cas l'essai est terminé, les particules argileuses sont alors saturées en Bleu de Méthylène. On recommence l'essai à l'identique, cinq fois à intervalle d'une minute pour le confirmer.
- ✓ Si la tâche est entourée d'une auréole humide incolore, le test est négatif. Dans ce cas, on ajoute du bleu de méthylène par prises de 5cm³ jusqu'à ce que le teste soit positif. On répète l'essai à l'identique, cinq fois à intervalle d'une minute pour le confirmer. (KABBAB, 2022.)



Photo.05 : Essai de bleu méthylène (Labo ENG Sidi Abdelli, 2024).

Matériel utilisé

- Baguette de verre Ø8mm.
- Solution à 10 % de bleu de méthylène (Photo.06).
- Papier-filtre



Photo.06 : l'agitateur.



Photo.07 : bleu méthylène (Labo, ENG Sidi Abdelli, 2024)

4.2.2. La masse volumique absolue :

La masse volumique absolue d'un matériau est la masse d'un mètre cube de ce matériau, déduction faite de tous les vides (Fig.21), aussi bien des vides entre les grains que des vides à l'intérieur des grains.

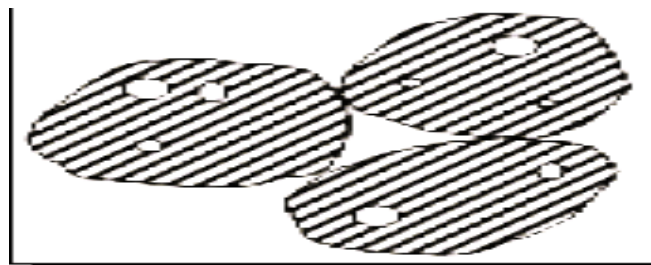


Fig.21 : Volume absolu (sans pores). (Scribd.com)

La densité absolue est le rapport de la masse absolue d'une unité de volume du matériau à température donnée à la masse du même volume d'eau distillée à la même température.

4.2.3. La masse volumique réelle :

La masse volumique réelle d'un matériau est la masse d'un mètre cube de ce matériau déduction faite des vides entre particules (Fig.22). La déduction ne concerne pas les vides compris dans le matériau mais seulement ceux entre les particules.

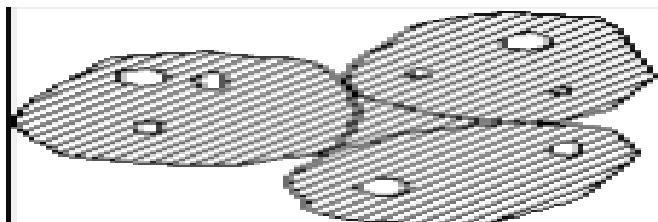


Fig.22 : Volume réelle (apparent). (Scribd.com).

La densité réelle est le rapport de la masse réelle d'une unité de volume du matériau sec dans l'air à température donnée à la masse d'un égal volume d'eau distillée à la même température.

4.2.4. La masse volumique apparente :

La masse volumique apparente d'un matériau est la masse volumique d'un mètre cube du matériau pris en tas, comprenant à la fois des vides perméables et imperméables de la particule ainsi que les vides entre particules (Fig.23). La masse volumique apparente d'un matériau pourra avoir une valeur différente suivant qu'elle sera déterminée à partir d'un matériau compacté ou non compacté. Il faut donc préciser : masse volumique apparente à l'état compacté ou masse volumique apparente à l'état non compacté.

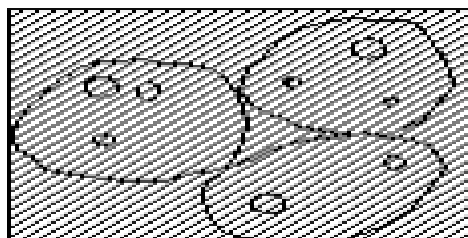


Fig.23 : Volume du récipient. (Scribd.com).

La densité apparente à l'état compacté ou non compacté sera obtenue en établissant le rapport de la masse apparente d'une unité de volume du matériau à température donnée à la masse d'une même quantité d'eau distillée à même température. (Scribd.com)

4.2.5. Essais de pourcentage de carbonates : CaCO_3 (NF P 94-048)

L'essai consiste à déterminer le volume de dioxyde de carbone (CO_2) dégagé sous l'action d'acide chlorhydrique en excès (dans des conditions de température et de pression atmosphériques connues) par un échantillon préparé pour l'essai, l'appareil utilisé est appelé le calcimètre (**Fig.24**). (Dspace, Univ-Tiaret, cours, 2021).

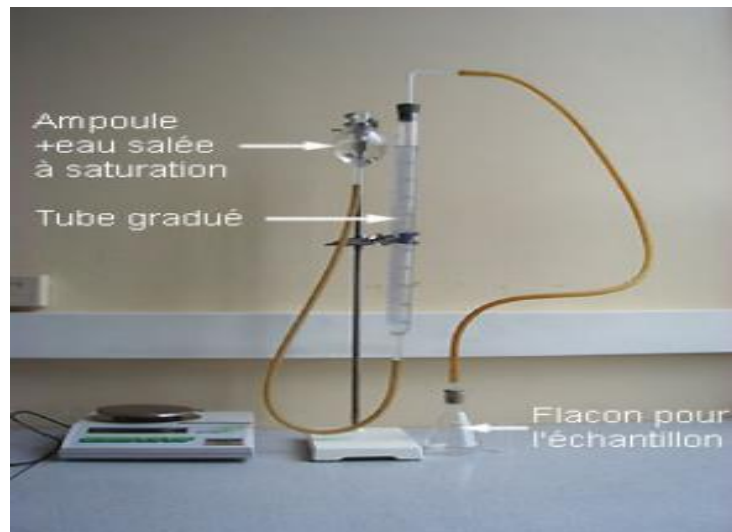


Fig.24 : Calcimètre pour la détermination de la teneur en carbonates (Univ-Tiaret, 2021).

a) Principe :

L'essai consiste à déterminer le volume de dioxyde de carbone (CO_2) dégagé sous l'action d'acide chlorhydrique en excès (dans des conditions de température et de pression atmosphérique connues) par un échantillon préparé pour l'essai.

b) Appareillage :

Calcimètre :

- 1) Flacon avec ampoule de niveau
- 2) Burette graduée
- 3) Robinet
- 4) Bac d'eau de refroidissement
- 5) Flacon à réaction
- 6) Tube à essai
- 7) Matériau soumis à essai
- 8) Système réfrigérant
- 9) Tubulure souple reliant 1 à 2
- 10) Liquide (avec colorant éventuel)
- 11) Gaz dégagé par la réaction (Fig.25).

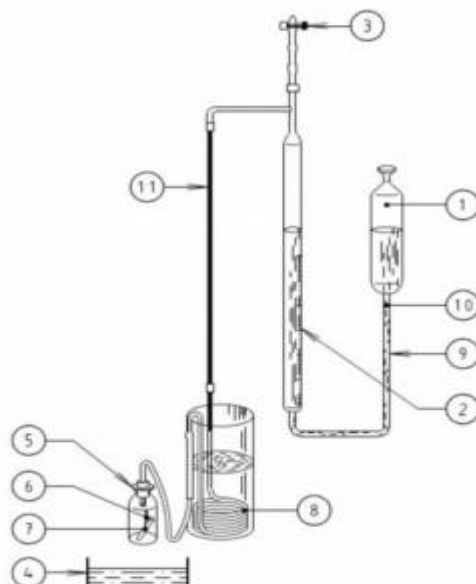


Fig.25 : Schéma d'un calcimètre (© AFNOR 1996).

c) Matériel et produits

- Un mortier de 15 cm de diamètre environ avec son pilon pour séparer les particules solides ;
- Un baromètre (si nécessaire) dont l'incertitude de mesure est de 1/1 000 de la valeur mesurée. La plage d'utilisation est celle qui correspond à la variation de la pression atmosphérique du lieu d'essai.
- Une balance dont les portées minimale et maximale sont compatibles avec les masses à peser et telle que les pesées sont effectuées avec une incertitude de 1/1 000 de la valeur mesurée ;
- Un thermomètre avec lequel le mesurage est effectué avec une exactitude de 1 C°. La plage d'utilisation du thermomètre est de 10 C° à 35 C°.
- Un tamis à maille carrée d'ouverture de maille inférieure ou égale à 400 µm.
- Une pipette pour l'acide chlorhydrique.
- Matériel courant de laboratoire.
- Une enceinte thermique ou une étuve de dessiccation à température réglable à 105 C° de classe d'exactitude C, comme défini à l'annexe A de la norme NF X 15-016, pour ce qui concerne la température uniquement.
- Eau distillée ou déminéralisée, à la température du local d'essai.
- Acide chlorhydrique concentré de densité 1,19 (qualité analytique reconnue).
- Poudre de carbonate de calcium pur pour analyse (si nécessaire). (© AFNOR 1996)

d) Mode opératoire :

L'essai est effectué sur deux prises d'essai.

- **Préparation de l'échantillon**

Après un séchage préalable, le matériau est broyé dans le mortier afin d'obtenir une poudre passant en totalité à un tamis d'ouverture de maille inférieure ou égale à 400 μm . Le séchage du matériau est pour suivi, à une température de 105C°, jusqu'à ce que sa masse ne varie pas de plus de 2/1 000 entre deux pesées successives, espacées de 1 h.

Après homogénéisation, prélever deux prises d'essai de masse identique conformes au tableau.

En l'absence d'information sur la teneur en carbonate présumée, choisir des prises d'essai d'une masse d'environ 1 g

Teneur en carbonate présumée en pourcent (%)	< 4	4 à 9	10 à 19	20 à 39	40 à 79	≥ 80
Masse de la prise d'essai de matériau sec en grammes (g)	10	5	2,5	1	0,5	0,25

Tab.07 : Masse d'une prise d'essai en fonction de la teneur présumée en carbonate (© AFNOR 1996).



Fig.26 : Mode opératoire (Dspace, Univ-Tiaret, cours, 2021).

4.3. Caractéristiques mécaniques :

Les caractéristiques mécaniques des granulats ne sont pas déterminées par des essais habituels de traction ou de compression. Par contre, il existe des essais tentant de reproduire certaines sollicitations propres à des usages spécifiques des granulats, par exemple le degré d'usure pour les granulats utilisés pour les bétons routiers.

4.3.1. Micro Dévale :

C'est un essai dont le principe est de reproduire, dans un cylindre en rotation, des phénomènes d'usure. Les modalités de cet essai font l'objet de la norme (NF P18-572, 1990)

- Principe Essai Micro Duval :

L'essai micro Dévale (MDE) est destiné à appréhender la résistance à l'usure par attrition d'un granulat **de norme (NF P18-572, 1990)**.

Quatre échantillons identiques, de fraction 10/14 mm, sont soumis à un cycle d'usure, en présence d'eau, par contact avec des billes d'acier à l'intérieure d'un cylindre en rotation.

Le degré d'usure est apprécié par détermination de proportion d'élément fins. Inférieure à 1,6mm générée.

$$\text{MDE} = (500 - M) / 5$$

Le coefficient MDE est la moyenne de deux déterminations (1 détermination = essais sur 2 échantillons 10/14 mm de même nature).

$$\text{MDE} = (M - m'/M) \times 100 - m/M \times 100$$

a. Méthode d'essai :

1. Prise d'essai de 500g lavée et séchée.
2. Mise en place dans un tambour avec 5kg des billes métalliques calibrées et 2,5L d'eau.
3. Appliquer une rotation de 12000 tours au tambour à la vitesse de 100tours/minute.
4. Retirer alors la prise d'essai, pour lavage au-dessus d'un tamis de 1,6mm.
5. Peser le refus à ce tamis après séchage (M, exprimé en g).



Fig.27 : L'appareil micro dévale. (Proviteq.com).



Photo.08 : billes en acier.

Mode opératoire :

- Mise en place de l'échantillon dans la machine ainsi que la charge de boulets relatifs à la classe granulaire choisie.
- Pour l'essai humide (en présence d'eau), ajouter 2.5 l d'eau.
- Replacer le couvercle et serrer les boulons de fixation. S'assurer que les cylindres sont étanches pendant leur rotation.

- Enlever le granulats après l'essai. Recueillir le granulats dans un bac placé sous l'appareil, en ayant soin d'amener l'ouverture juste au-dessus de ce bac, afin d'éviter les pertes de granulats.
- Tamiser le matériau contenu dans le bac sur le tamis de 1,6mm ; le matériau étant pris en plusieurs fois afin de faciliter l'opération.
- Laver le refus à 1,6 mm dans un bac, bien remuer à l'aide d'une truelle. Puis verser dans le bac perforé, égoutter et sécher à l'étuve jusqu'à poids constant.
- Peser ce refus une fois séché, soit m le résultat de la pesée. (Centre-Univ-Mila)

4.3.2. Résistance au choc (Essai Los Angeles) norme (NF P 18-573)

- **Principe de l'essai :**

L'essai consiste à mesurer la masse m d'éléments inférieurs à 1,6 mm, produits par la fragmentation du matériau testé (diamètres compris entre 4 et 50 mm) et que l'on soumet aux chocs de boulets normalisés, dans le cylindre de la machine Los Angeles en 500 rotations.

- **Formulation :**

Si M est la masse du matériau soumis à l'essai et m la masse des éléments inférieurs à 1,6 mm produits au cours de l'essai, la résistance à la fragmentation aux chocs est exprimée par le coefficient Los Angeles LA :

$$LA = (M - m / 5000) \times 100$$

Cet essai est également utilisé pour vérifier la sensibilité au gel des gravillons conformément à la norme (NF P 18-573). Soit LA le coefficient Los Angeles du gravillon. On mesure un deuxième coefficient Los Angeles sur un échantillon de ce même gravillon ayant subi 25 cycles de gel-dégel. Soit LA coefficient obtenu.



Photo.09 : L'appareil Los Angeles (Labo. ENG. 2024).

- Mode opératoire

- L'essai consiste à mettre un échantillon de 5kg et 11 boulets dans un tambour.
- Le temps est fixé et à l'achèvement de l'essai on mesure le pourcentage d'éléments inférieurs à 1,6mm produit, on détermine en suite le coefficient Los Angeles qui doit être inférieur à certaines valeurs en fonction de la destination des granulats, dans cet essai on va manipuler sur le gravier de fraction 3/8, 7/15 et 16/25.
- La machine fait 500 rotations (30 à 33 tours/min).
- Mesurer la masse « m » d'élément < 1,6 mm
- Recueillir les matériaux dans un bac placé sous l'appareil.
- Tamiser les matériaux sur le tamis de 1.6mm.
- Laver le matériau (le refus) pour éliminer les fines. (Centre.univ-Mila.com, Cour, Matériaux de constructions).

Catégories	LA (%)	MDE (%)	LA+MDE (%)	Domaine d'utilisation
A	≤20	≤15	≤25	Matériau utilisable pour toutes couches de Chaussées, tout trafic, sauf couche de roulement à trafic important.
B	≤25	≤20	≤35	Matériau utilisable pour toutes couches de Chaussées, tout trafic, y compris les couches de roulement à trafic important.
C	≤30	≤25	≤45	Matériau utilisé pour couche de fondations, et couches de base tout trafic.
D	≤35	≤30	≤55	Matériau utilisable pour couches de fondation toutes chaussées, et couches de base pour chaussées à moyen trafic.
E	≤45	≤45	≤80	Matériau utilisable pour couches de

				chaussées, avec ou sans traitement, à définir selon le trafic.
F	>45	>45	>80	Matériau utilisable en couche de chaussées avec un traitement éventuel en fonction de l'intensité du trafic.

Tab.08 : Catégories des granulats selon la résistance aux chocs et à l'usure (Meziani, 2020)

5. Conclusion :

Ce chapitre comporte une présentation des différents dispositifs et techniques expérimentales utilisés pour la réalisation des essais de la qualité des granulats. Nous avons également présenté les caractéristiques de granulat étudiée ainsi que les différentes étapes de fabrication et la mise en place de l'échantillon.

CHAPITRE 04 :
ESSAIS : RESULTATS ET
ANANLYSE

1. Introduction :

Cette partie expérimentale Présente les éléments essentiels à l'étude de caractérisation des Granulats de la carrière de SIDI ABDELLI et leurs propriétés physiques et chimiques et géométriques.

Le but est d'évaluer les résultats des tests effectués dans la carrière en question et de déterminer leur qualité selon les normes en vigueur, afin de les utiliser dans les domaines où ils seront autorisés, ainsi que les recommandations pour améliorer la qualité du produit.

2. Les résultats obtenus :

Ce tableau montre les résultats des essais Los Angeles et Micro-dévale de la roche issue de la carrière de l'ENG de Sidi Abdelli entre l'année 2023 et 2024, (Tab.09) :

Les essais	Date d'essai	Normes	Résultats
Los Angeles	25/10/2023	NF EN 1097-2	32%
Micro dévale		NF EN 1097-1	15%
Bleu méthylène		NA 933-9	0,49g/kg
Los Angeles	26/11/2023	NF EN 1097-2	33%
Micro dévale	29/02/2024	NF EN 1097-1	17%
Bleu méthylène		NA 933-9	0,50g/kg
Los Angeles		NF EN 1097-2	27%
Micro dévale	04/03/2024	NF EN 1097-1	15%
Bleu méthylène		NA 933-9	0,48g/kg
Bleu méthylène		NA 933-9	0,94 g/kg

Tab.09 : Les résultats des essais des granulats de la carrière ENG Sidi Abdelli de l'année 2023-2024.

Les résultats obtenus sont interprétés en se référant aux valeurs présentées dans les tableaux suivants (Tab.10 et Tab.11) :

Coefficient LA	Qualité de granulat
< 15	Très bon à Bon
15 à 25	Bon à moyen
25 à 40	Moyen à faible
>40	Médiocre

Tab.10 : Tableau de référence des valeurs de Los Angeles.

Coefficient MDE	Qualité de granulat
< 10	Très bon à bon
10 à 20	Bon à moyen
20 à 35	Moyen à faible
>35	Médiocre

Tab.11 : Appréciation des résultats de l'essai Micro-Dévale

3. Analyses et interprétions des résultats :

3.1. Essais de Los Angeles :

- Les résultats des essais de Los Angeles (**Tableau.09**), montrent une amélioration de la qualité des granulats entre 2023 et 2024. Les valeurs de coefficient LA de 2023 sont comprises entre 32% et 33%, ce qui signifie que nous sommes en présence d'un matériau moyen à faible selon le tableau de références des valeurs de Los Angeles, parce que des valeurs élevé de Los Angeles indique une faible résistance à la fragmentation. Tandis que celles de 2024 sont entre 25% et 27%. Cela indique une tendance vers une qualité plus élevée, donc cette diminution de coefficient de LA réfère une augmentation de la qualité et une bonne résistance à la fragmentation et frottement.

3.2. Essais de Micro-Dévale en présence d'eau :

- Les résultats des essais de MDE (**Tableau.09**), montrent une légère amélioration de la qualité des granulats entre 2023 et 2024. Les valeurs de 2023 sont comprises entre 15% et 17%, tandis que celles de 2024 sont de 15%. Cela indique une stabilité de la qualité et meilleure résistance à l'usure. Le matériau peut être classé comme un matériau moyen à bon et qui résiste entre bon à moyen en présence d'eau.

3.3. Essais de Bleu-Méthylène :

- Les résultats des essais de Bleu-Méthylène, montrent une diminution des valeurs de BM, entre 2023 et 2024, de 0,50g/ kg > 0,48 g/ kg > 0,47g/ kg (**Tab.09**). Ces valeurs basses indiquent que la teneur en argiles a été diminuée, ce qui signifie que notre sable à une propreté élevé (teneur en fin faible), cela pourrait être positif car une faible teneur en argiles améliore la qualité des granulats, réduisent leur potentiel d'absorption d'eau et leur réactivité. Ce résultat montre que notre produit répond aux normes de qualité (le VBM ne dépasse pas 1.5g/kg pour le béton) requises dans l'industrie de la confection de béton hydraulique, et les couches de fondation.

3.4. Liens avec la Géologie :

- La qualité des granulats dépend de la géologie de la carrière. Les caractéristiques géologiques, telles que la composition des roches et la structure du terrain, peuvent affecter la qualité des granulats.

Selon le plan d'exploitation, en 2023 l'entreprise ENG à exploiter le gradin niveau 635 de la colline EST dans le côté Ouest de gisement (**Photo.09**), qui est constituée par des formations de Calcaires-dolomies (dolomies de Tlemcen), avec des marnes et des argiles. La zone est affectée par une faille principale orienté vers le SO-NE qui passe sur le gradin niveau 635 et continue jusqu'à le gradin niveau 665, avec des micro-fractures. Ces failles sont la cause de diminution de la qualité des granulats, car ils vont résulter des zones de broyage et la roche devient meuble, ainsi que l'infiltration des eaux de surface en causant des zones altérées et peut introduire des hétérogénéités et zones fragilisées dans le massif rocheux, ainsi que le taux d'argilisation est élevé et le pourcentage des impuretés augmente.



Photo.09 : Gradin niveau 635 de la colline EST (Dolomies de Tlemcen).

Au contraire en 2024, l'entreprise à commencer d'exploiter les gradins de la colline Ouest de gisement (**Photo.10**), qui est constituée par des calcaires bleus à gris claire (micritique), (Calcaire de STAH), il s'agit d'un calcaire massif dur et caractériser par la présence des passées de veines de calcite. Tant que la roche est très dure, les essais sont satisfaisants, parce que notre produit est de moyen à bon qualité selon des normes adoptés à cause de la dureté de la roche et la propreté (**moins**

d'argiles), et ces granulats seront utilisés dans différents domaines tels que la confection de béton hydraulique, les couches de fondation, les couches de roulements et plus que les résultats sont meilleurs, le produit sera utilisé selon les exigences des maîtres des ouvrages et son importance (les Aéroports - les digues des barrages – les ports et les Autoroutes.....etc.).



Photo.10 : Gradin niveau 635 de la colline Ouest (Calcaires de Stah).

4. Recommandations :

Pour améliorer la qualité des granulats de la carrière ENG Sidi Abdelli, et après notre stage sur terrain et analyse des résultats des essais caractérisant principalement la qualité de la roche, nous recommandons ce qui suit :

4.1. Contrôle des processus de Production :

- ✓ Assurer un contrôle strict des processus de production pour minimiser les variations dans la qualité des granulats, ainsi que l'évaluation et l'optimisation des procédés de concassage et de criblage pour produire des granulats de forme plus régulières.
- ✓ Installer un système de dépoussiérage pour diminuer le taux des fines dans nos granulats.

4.2. Analyse des caractéristiques Géologiques :

- ✓ Effectuer des analyses détaillées des caractéristiques géologiques et faire des études des accidents tectoniques affectant le site, pour mieux comprendre les influences sur la qualité des granulats.
- ✓ Choisirai les gradins qui sont constituée par des roches plus durs.

4.3. Changement dans la méthode d'extraction :

Une méthode d'extraction plus soignée peut réduire la présence de fissures et des défauts dans les granulats.

5. Conclusion :

A la lumière des résultats obtenus dans ce chapitre, nous pouvons conclure que les trois échantillons étudiés présentent des résultats très intéressants au Micro-dévale et Los Angeles et Bleu Méthylène. Tandis que, l'échantillon présente des caractéristiques intéressantes et satisfaisantes aux exigences des normes en vigueur sous les différents essais de qualité réalisés. Son utilisation est fortement envisageable en couches inférieures de chaussées (couche de fondations et couche de base) de faible à moyen trafic.

CONCLUSION GENERALE

Au Terme de cette étude portée sur les caractéristiques physico-chimiques des granulats de la carrière ENG SIDI ABDLLI (wilaya Tlemcen) ; on peut résumer notre étude comme suit :

La carrière ENG/SIDI ABDELLI est rattachée administrativement à la wilaya de Tlemcen. Elle est située à 28 Km au Nord Est de Tlemcen et 4 Km au Sud de la ville de SIDI ABDELLI. La carrière est d'une superficie de 168ha.

Selon le plan d'exploitation actualisée proposé par l'entreprise National des granulats de la carrière de Sidi Abdelli, Cette superficie globale peut être divisée en trois zones importantes :

- Zone réservée à la production de granulats : 120 ha
- Zone réservée à la production de pierre décorative : 31 ha
- Zone réservée aux installations de production et des bâtiments sociaux : 17 ha

Le gisement de calcaires de DJEBEL LABIOD situé à environ 25 Km au Nord Est du chef-lieu de Wilaya et à trois kilomètres au sud de la localité de SIDI ABDELLI est composé de deux formations calcaires et calcaires dolomitiques aptes à la production de granulats pour la confection des bétons hydrauliques et des corps de chaussées.

Les types de granulats selon leurs origines (naturels, artificiels, concassées, et/ou alluviaux), leurs masses volumiques réelles (légers, courants, lourds) ou de la forme de leurs grains.

Les caractéristiques physiques et chimiques et mécaniques et géométriques des granulats et afficher les différents dispositifs et techniques expérimentales utilisés pour la réalisation des essais de la qualité des granulats. Ces essais sont effectués selon des normes qui précisent les quantités utilisées pour obtenir des résultats démontrant la qualité de produit.

Pour ce faire, une série d'essais d'identification et une série d'essais mécaniques sont réalisées afin de caractériser ces matériaux et de déterminer leurs performances mécaniques pour une éventuelle utilisation dans la construction routière et béton.

En se basant sur l'ensemble des résultats obtenus dans laboratoire de l'unité, nous pouvons conclure que les échantillons prélevés ont présenté des caractéristiques physiques, chimiques très intéressantes.

L'essai de Los Angeles a montré des résultats compris entre modéré et faible, à 27 %. On peut donc dire que l'échantillon doit subir un traitement pour répondre aux exigences des normes de test. L'essai MDE (Micro-dévale en présence d'eau) a montré des résultats satisfaisants, à 15% car l'échantillon présentait des caractéristiques intéressantes et était capable de répondre aux normes de l'essai réaliser.

L'analyse des tests de Los Angeles et de Micro-Dévale sur les granulats utilisé dans notre étude a montré que l'échantillon prélevé est classé dans cette famille de matériaux de catégorie C, utilisé pour couche de fondations, et couches de base tout trafic.

Les résultats du test au bleu de méthylène sur les 03 échantillons ont montré que la teneur en argile était faible, selon la norme NF-933-9, et les résultats ont été bons et satisfaisants.

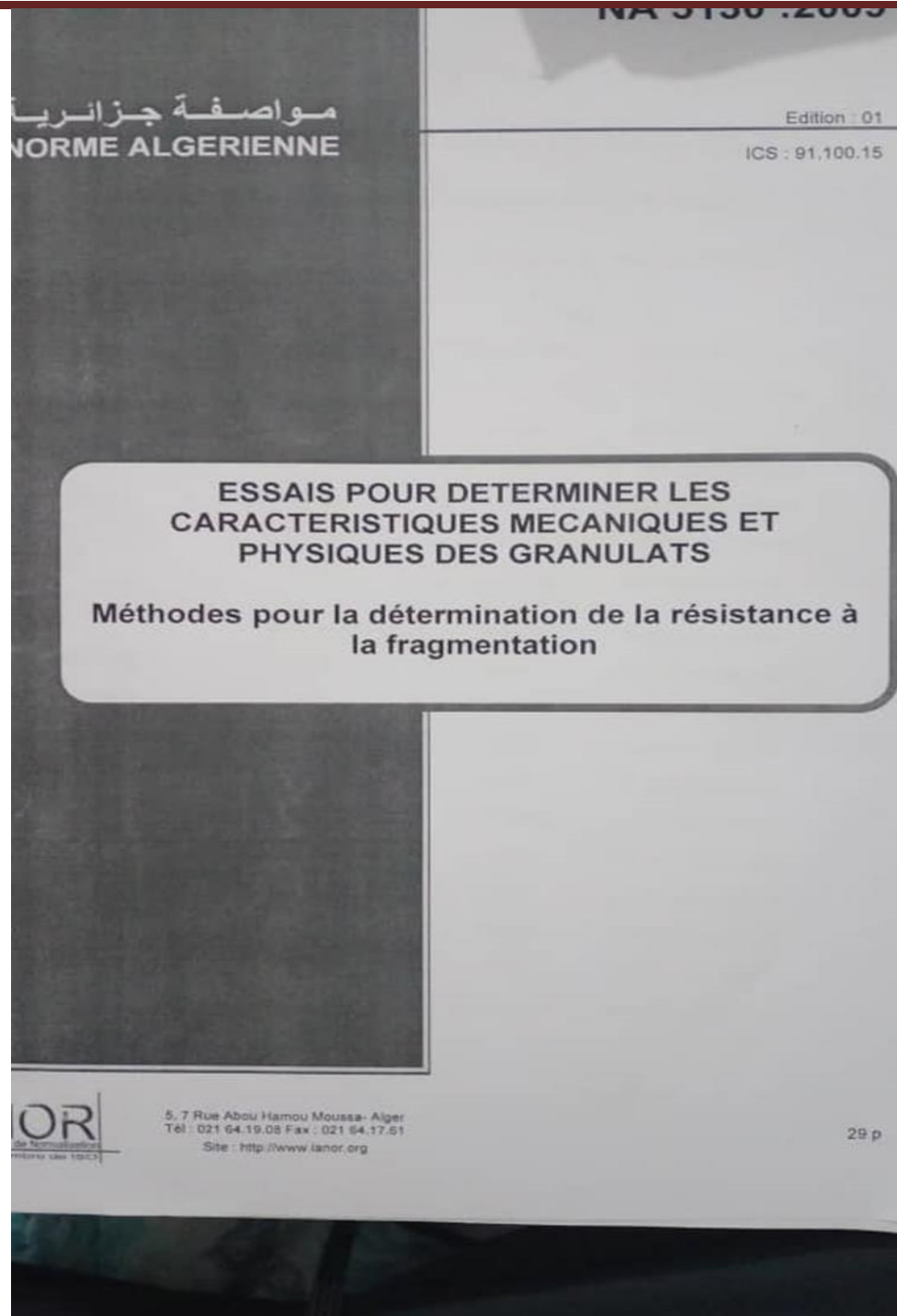
En fin, les résultats obtenus ont permis de connaître la qualité du granulat et les normes adoptées pour obtenir de bons résultats et lui faire jouir des propriétés nécessaires à son utilisation dans le domaine de la construction routière et la confection de béton.

BIBLIOGRAPHIE

- **ACHAAB, D, ENG. SIDI ABDELLI, 2020** : Dossier renouvellement permis minier 303 PXC gisement de calcaires de DJEBEL LABIOD étude géologique actualisée « granulats et pierre décorative » .15, pp
- **AFNOR 1996**, « Détermination de la teneur en carbonate, Méthode du calcimètre »
- **CHIKHOUNE, A. C, 2015** - Caractéristiques géotechniques des granulats : cas des granulats de l'oued SEBAOU et de la carrière EL MAHAROUNE.
- **AUCLAIR, D. et BIEHLER, J. (1967)** - Etude géologique des Hautes plaines oranaises entre Tlemcen et Saïda. Publ. Serv. géol. Algérie, Alger, N. S., n°34, pp. 3-45, 4 fig., 1 carte géologique h t. à 1/200 000.
- **BENEST, M. (1982)** - Importance des décrochements sénestres (N-S) et dextres (E-W) dans les Monts de Tlemcen et Daïa (Algérie Occidentale). Rev. Géol. Dayn. Géogr.phy.vol. 23, pp. 345-362.
- **BENEST, M. (1985)** - Evolution de la plate-forme de l'Ouest Algérien et du Nord-Est marocain au cours du jurassique supérieur et au début du Crétacé : stratigraphie, milieux de dépôt et dynamique sédimentaire. Docum. Lab. Géol. Lyon, n°95, 581 p., 145 fig., 23pl.
- **BENEST, M., BENSALAH, M., BOUABDELLAH, H & OUARDAS, T. (1999)** – La couverture mésozoïque et cénozoïque du domaine Tlemcénien (Avant-Pays Tellien d'Algérie Occidentale) : stratigraphie, paléoenvironnements, dynamique sédimentaire et tectogenèse alpine. Bull. Serv. Géol. Algérie, vol 10, n°2, pp. 127-157, 7 fig.
- **DJAMA, .Z, 2015** - Comportement mécanique et rhéologique des bétons à base des granulats recyclés.111, pp.
- **ELMI, S. et BENEST, M. (1978)** – Thèse. Les “ Argiles de Saïda ” faciès flyshoïde du Callovo-Oxfordien du sillon tlemcénien (Ouest algérien). Stratonomie, environnement, interprétation et évolution paléogéographique. Livre Jubilaire J. Flandrin, Lyon. Pp. 203-242.
- **GASMI, MEDJDOUBI. 2014 - Mémoire fin d'étude** : Intitulé Géologie et suivi du processus de fabrication de granulats des sites de l'ENG-Sidi Abdelli (Monts de Tlemcen) et du PK 70 d'El Bayadh.
- **MERZOUGUI, M. (1994)** – **Projet de Fin D'études** – Exploitation du gisement de Djebel Abiad pour la production de granulats (Sidi -Abdelli W.TLEMCEN).
- **HAMMAMID et AOUIR, 2022.** - **Mémoire fin d'étude** : Identification des caractéristiques physiques, mécaniques et minéralogiques des matériaux carbonatés destiné aux travaux de BTPH, cas des carrières d'agrégats de la région d'ibn badais, wilaya de Constantine.pp,67.
- **KEBBAB, H. , 2022** : Rapport De Stage : Les Essais De Laboratoire Sur les Matériaux de Construction, pp, 34.

- **LAMRANI Y, ELMOUDEN M. 2016.** Revue sur les essais normalisés applicables aux granulats pour des applications du génie civil et positionnement de la modélisation granulaire sur ces essais. Pp ,40.
- **LOZAC, .D - 2005 :** Les constituants des bétons et des mortiers. Écoles françaises du béton.
- **T. MEZIANI, 2020. - Mémoire fin d'étude -** Caractérisation géotechnique des granulats des carrières : EL MAHAROUN et IBOUDRARENE en vue de leur exploitation dans le domaine routier.
- **MICHELIN, 2006 -** Carte administrative de SIDI ABDELLI.
- **RACHI, .L et DENDANI, .M 2016 - Mémoire fin d'étude :** Influence des différentes granulométries des agrégats sur le comportement mécanique du béton ordinaire. pp,63
- **RAPPORT. ENG SIDI ABDELLI, 2015 :** Document n°1 etude géologique 57, pp.
- **Dupain-R. LANCHON-J-C. Saint-Arroman, 2000.** Granulats, Sols, Ciments et Béton « caractérisation des matériaux de génie civil par les essais de laboratoire » pp,236.
- **MA. REY, (1948) –** Carte géologique de Lamoricière au 1-50.000.
- **<http://dspace.univ-tiaret.dz/2006>,** Interprétation des essais géotechniques.
- **Centre-univ-mila.dz.2023 -** Cours Matériaux de construction pp,32.
- **www.gsm-granulats.fr. Produits-services-GSM/granulats-roches-massives.** Carrière roche massive.
- **www.infociments.fr.** Février 2018 betons caracteristiques-et-types-de-granulats.

LES ANNEXES

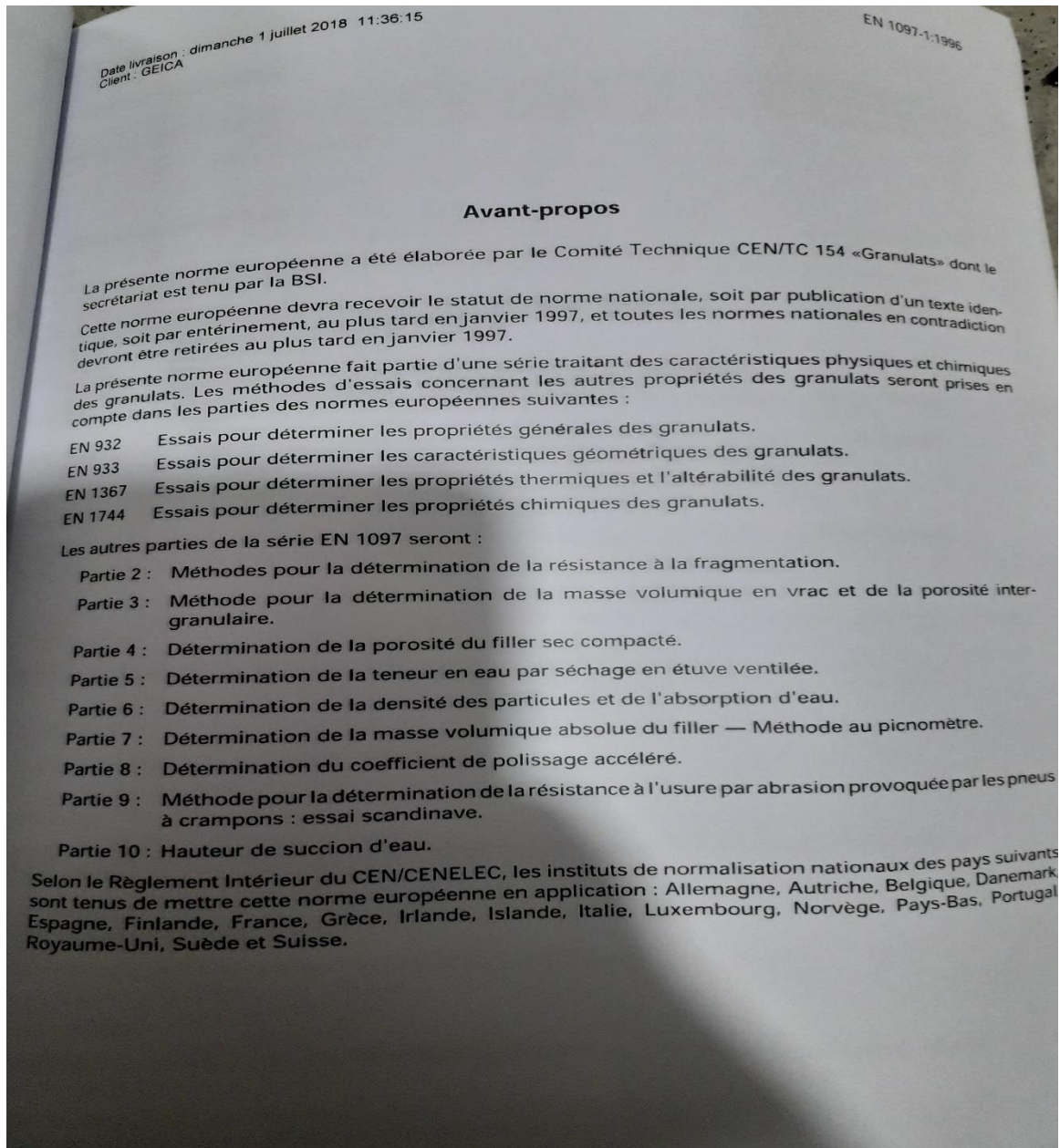


Annexe.01 : Essais pour déterminer les caractéristiques physique et mécanique des granulats proposés par IANOR.

ENTREPRISE NATIONALE DES GRANULATS
Laboratoire central
SIDI-ABDELLI

UNITE :
Date de prélèvement : 25/10/2023

PRODUIT	DESIGNATIONS	NORMES	RESULTATS
0/4mm	EQUIVALENT DE SABLE SE	NA 455-2018	72%
	ESSAI AU BLEU DE METHYLENE MB	NA 1948-2019	0.49g/kg
	COEFFICIENT D'écoulement des sables Ecs	EN 933-6	40s
	Teneur en fines F %	EN 933-1	12.7%
	LA MASSE VOLUMIQUE REELLE Prd	NF EN 1097-6	2.6Mg/m ³
	Coefficient d'absorption d'eau W₂₄		0.96%
	LA MASSE VOLUMIQUE EN VRAC P_b	NF EN 1097-3 1998	1.72Mg/m ³
4/8 mm	LA MASSE VOLUMIQUE EN VRAC P_b	NF EN 1097-3 1998	1.29Mg/m ³
8/16 mm	LOS-ANGELAS LA	NF EN 1097-2	32%
	MICRO DEVAL M₁₀	NF EN 1097-1	15%
	LA MASSE VOLUMIQUE REELLE Prd	NF EN 1097-6	2.61Mg/m ³
	Coefficient d'absorption d'eau W₂₄		0.53%
16/22.4 mm	LA MASSE VOLUMIQUE EN VRAC P_b	NF EN 1097-3 1998	1.25Mg/m ³
0/25mm	EQUIVALENT DE SABLE SE	NA 455-2018	67%
	ESSAI AU BLEU DE METHYLENE MB	NA 1948-2019	0.69 g/kg
	LA MASSE VOLUMIQUE EN VRAC P_b	NF EN 1097-3 1998	1.67Mg/m ³
25/50 mm	LA MASSE VOLUMIQUE EN VRAC P_b	NF EN 1097-3 1998	1.25Mg/m ³
0/2.5 mm			
PRODUIT	DESIGNATIONS	NORMES	RESULTATS



ENTREPRISE NATIONALE DES GRANULATS

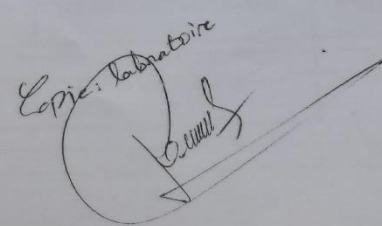
Laboratoire central

UNITE : SIDI-ABDELLI
 Date de prélèvement : 26/11/2023
 Niveau : 635 m

PRODUIT	DESIGNATIONS	NORMES	RESULTATS
0/4 mm	EQUIVALENT DE SABLE	NA 455-2018	67%
	SE		
	ESSAI AU BLEU DE METHYLENE M13	NA 1948-2019	0.47g/kg
	COEFFICIENT D'écoulement des sables Ecs	EN 933-6	37s
	Teneur en fines f %	EN 933-1	

PRODUIT	DESIGNATIONS	NORMES	RESULTATS
8/16 mm	LOS-ANGELAS LA	NF EN 1097-2	33%
	MICRO DEVAL M _{DE}	NF EN 1097-1	17%

PRODUIT	DESIGNATIONS	NORMES	RESULTATS
0/2.5 mm	EQUIVALENT DE SABLE	NA 455-2018	74%
	SE		
	ESSAI AU BLEU DE METHYLENE MB	NA 1948-2019	0.33g/kg
	COEFFICIENT D'écoulement des sables Ecs	EN 933-6	38s
	Teneur en fines f %	EN 933-1	12%

Copie: Laboratoire


0/2.5mm

EQUIVALENT DE SABLE SE	NA 455-2018	69%
ESSAI AU BLEU DE METHYLENE MB	NA 1948-2019	0.50g kg
Teneur en fines f %	EN 933-1	14.5%
LA MASSE VOLUMIQUE EN VRAC P _b	NF EN 1097-3 1998	1.71Mg/m ³

FA043689

ISSN 0335-3931

norme française

NF P 94-068
Octobre 1998

Indice de classement : P 94-068

ICS : 93.020

Sols : Reconnaissance et essais

**Mesure de la capacité
d'adsorption de bleu de méthylène
d'un sol ou d'un matériau rocheux****Détermination de la valeur de bleu de méthylène d'un sol
ou d'un matériau rocheux par l'essai à la tache**

E : Soils : Investigation and testing — Measuring of the methylene blue adsorption capacity of a rocky soil — Determination of the methylene blue of a soil by means of the stain test

D : Baugrund : Erkundung und Prüfungen — Messung der Methylenblauadsorptionsfähigkeit eines felsigen Bodens — Bestimmung des Methylenblauwerts eines Bodens durch Fleckprüfung

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général de l'AFNOR le 5 septembre 1998 pour prendre effet le 5 octobre 1998.

Remplace la norme homologuée NF P 94-068, de novembre 1993.

Correspondance

À la date de publication du présent document, il existe des travaux européens traitant du même sujet.

Analyse

Le présent document définit le principe et le domaine d'application de l'essai au bleu de méthylène «à la tache».

Descripteurs**Thésaurus International Technique** : sol, identification, matériau, roche, détermination, tache, bleu de méthylène, préparation, adsorption.**Modifications**

Par rapport au document remplacé, le présent document apporte des améliorations de rédaction, et des précisions et modifications sur le principe de l'essai, l'appareillage et le matériel d'essai, la préparation de l'échantillon, le mode opératoire de l'essai et le mode de préparation de la solution de bleu de méthylène (annexe A).

CorrectionsEditée et diffusée par l'Association Française de Normalisation (AFNOR), Tour Europe 92049 Paris La Défense Cedex
Tél. : 01 42 91 55 55 — Tél. international : + 33 1 42 91 55 55

© AFNOR 1998

AFNOR 1998

1^{er} tirage 98-10-F**Chaussées Terrassements —
Exécution des terrassements**

BNSR CTT

Membres de la commission de normalisation

Président : M BOLLE

Secrétariat : M JOUBERT — BNSR

M	ABDO	CIMBETON
M	BERRAUD	BOUYGUES
M	BUFALO	VALERIAN
M	GANDILLE	QUINTOLI
M	LAVEAU	SNCF
M	MANOJLOVIC	CEMAGREF
MME	MARJOU	SETRA — BNSR
M	POILPRE	RAZEL
M	PREL	EDF-TEGG
M	PIATTI	LHOIST
M	RAYNAUD	AEROPORTS DE PARIS

*Annexe.02 : Norme française de mesure de la capacité d'absorption de bleu
méthylène d'un sol ou d'un matériau rocheux.*

normalisation française

ISSN 0335-3931

P 18-573
 Décembre 1990

Granulats Essai Los Angeles

 E : Aggregates — Los Angeles test
 D : Granulate — Los Angeles Prüfung

Norme expérimentale publiée par l'afnor en décembre 1990.
 Les observations relatives à la présente norme expérimentale doivent être adressées à l'afnor, avant le 31 décembre 1992.
 Remplace la norme enregistrée de même indice, d'octobre 1978.

correspondance À la date de publication de la présente norme expérimentale, il existe des travaux internationaux traitant du même sujet.

analyse Dans la série des normes P 18-... qui concerne les granulats, la présente norme définit un essai de résistance aux chocs de gravillons.

descripteurs **Thésaurus International Technique** : granulats, gravillon, résistance aux chocs.

modifications Par rapport à la précédente édition, modifications d'ordre rédactionnel et de présentation. Changement de statut.

corrections

éditée et diffusée par l'association française de normalisation (afnor), tour europe cedex 7 92049 paris la défense — tél. : (1) 42 91 55 55
 afnor 1990 © afnor 1990 1^{er} tirage 90-12

Granulats

BNSR GRA

Membres de la commission de normalisation chargée de l'élaboration de la présente norme

Président : M PARRIAUD

Secrétaire : M TOURENQ — BNSR

M	ALEXANDRE	CTPL
M	BRESSON	CERIB
M	DELILLE	ETS BERGEAUD
M	DENIS	LCPC
M	DUPONT	SETRA
MME	FERNANDEZ	AFNOR
M	GROSS	UNPG
..

Annex.03 : Norme d'essai los Angeles.